

# РОССИЙСКИЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ФИЗИКИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА  
Е. И. ЗАБАБАХИНА



# **РОССИЙСКИЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР**

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е. И. ЗАБАБАХИНА**

Снежинск  
2015



УДК 621.030(09)

ББК 72.4(2)+31.4

P76

Редакция:

Е. Н. Аврорин, С. Г. Андреев, Б. К. Володлага, Н. П. Волошин, М. Е. Железнов, Д. В. Петров,

Г. Н. Рыкованов, В. А. Симоненко

В подготовке материалов книги непосредственно участвовали: А. Н. Аверин, Е. Н. Аврорин, В. Н. Ананийчук, С. Г. Андреев, А. Б. Байкалова, И. М. Блинов, С. А. Ващюкин, В. П. Вилков, Б. К. Володлага, Н. П. Волошин, А. Ю. Гармашев, В. П. Герасимов, А. В. Городнов, С. И. Грабовенский, Д. Б. Гутников, А. В. Дедик, Ю. Н. Диков, В. Д. Калинин, С. И. Карачинский, В. Д. Кирюшкин, В. М. Крюков, В. В. Куранов, Э. С. Куропатенко, А. В. Лукян, А. К. Музыря, М. Ю. Новиков, Б. С. Пантюхин, Д. В. Петров, А. В. Проскурин, Ю. В. Румянцев, Г. Н. Рыкованов, В. А. Симоненко, Б. Н. Сирота, А. В. Смирнов, Л. С. Талантова, В. М. Хайдуков, Е. Ф. Чуйков, А. Н. Щербина, А. Г. Юдов

**P76**     **Российский ядерный центр: Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина / под ред. М. Е. Железнова. – Снежинск: Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ, 2015. – 480 с.: ил.**

**ISBN 978-5-902278-71-9**

Издание знакомит читателя с историей РФЯЦ – ВНИИТФ и направлениями его разработок. Большое внимание в нем уделено особенностям тематики научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В книге отражен вклад ученых и специалистов различных подразделений института в создание ядерных зарядов, ядерных боеприпасов, в фундаментальные и прикладные научные исследования, в разработку конверсионной продукции.

Книга будет интересной ветеранам, зрелым и молодым сотрудникам института, а также работникам смежных и заказывающих организаций.

Издательство РФЯЦ – ВНИИТФ благодарит всех, кто принял участие в подготовке книги, поделился воспоминаниями и любезно предоставил фотографии из личных архивов.

УДК 621.030(09)

ББК 72.4(2)+31.4

ISBN 978-5-902278-71-9

© ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ

им. академ. Е. И. Забабахина», 2015

Самая большая  
опасность, перед которой стоит  
Россия и весь мир – нарушение  
баланса сил. Ценой огромных усилий  
и жертв Советскому Союзу удалось  
достичь равновесия. Огромная заслуга  
вашего коллектива. Вместе мы  
обязаны не только сохранить  
имеющиеся достижения, но и  
добиться новых рубежей,  
опираясь на талант и мужество  
наших ученых.  
С уважением и любовью

В. В. Путин  
(Турция)

31.03.2000

Самая большая опасность, перед которой стоит Россия и весь мир, – нарушение баланса сил. Ценой огромных усилий и жертв Советскому Союзу удалось достичь равновесия. Огромная заслуга в этом вашего коллектива. Вместе мы обязаны не только сохранить имеющиеся достижения, но и добиться новых рубежей, опираясь на талант и мужество наших ученых.

В. В. Путин

(Из записей в книге почетных гостей  
Музея ядерного оружия РФЯЦ – ВНИИТФ)

Уважаемые ветераны и сотрудники Российского Федерального Ядерного Центра –  
Всероссийского НИИ технической физики имени академика Е. И. Забабахина!

От всей души поздравляю вас с 60-летием института!

История РФЯЦ – ВНИИТФ, начавшаяся в 1955 году с приказа министра среднего машиностроения о создании НИИ-1011, неразрывно связана со становлением и развитием отечественной атомной отрасли, 70-летие которой мы отмечаем в этом году. Второй Ядерный Центр, как неофициально называют ваш институт, – системообразующее предприятие ядерного оружейного комплекса России, внесшее важнейший вклад в создание и укрепление ядерного потенциала нашей страны, обеспечение безопасности, сохранение мира в планетарном масштабе.

Вы по праву можете гордиться тем, что безупречно выполняете все задания государственного оборонного заказа. Также важно отметить и ваши достижения в диверсификационных разработках, прежде всего в радиомедицине.

Убежден, что замечательные традиции, заложенные создателями РФЯЦ – ВНИИТФ – Кириллом Ивановичем Шёлкиным, Евгением Ивановичем Забабахиным, Дмитрием Ефимовичем Васильевым и другими, станут основой для новых прорывных разработок вашего института.

Желаю вам успехов в работе, крепкого здоровья и благополучия.

С. В. Кириенко, генеральный директор Госкорпорации «Росатом»

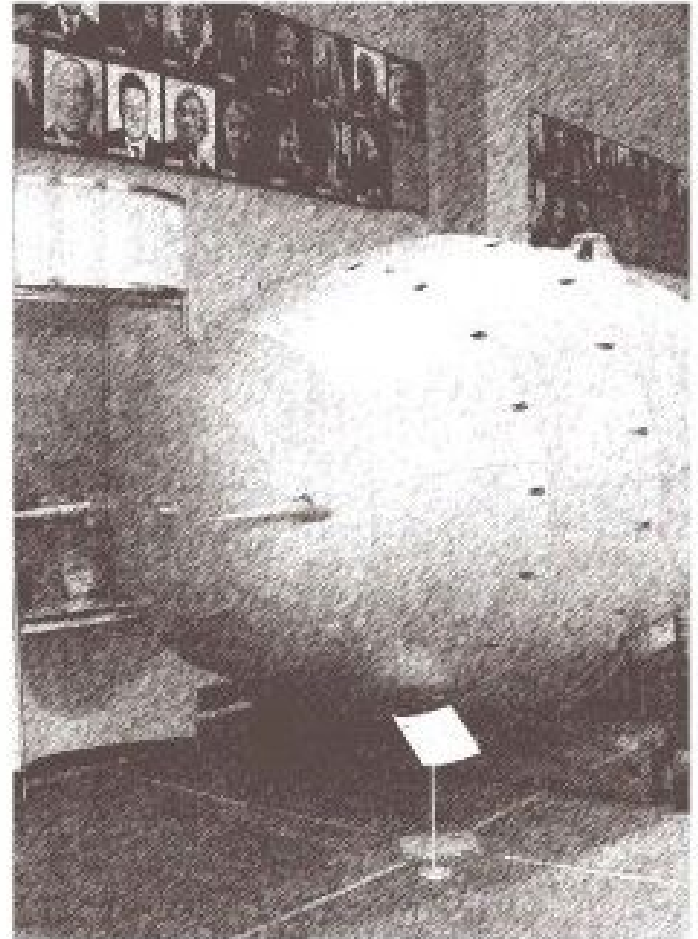




## ПРЕДИСЛОВИЕ

Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина является одним из двух действующих в России ядерных оружейных центров мирового уровня. Он представляет собой комплекс исследовательских и конструкторских организаций, опытных производств и инфраструктурных подразделений. Его главные задачи: решение научно-технических проблем разработки и испытания ядерных зарядов и ядерных боеприпасов стратегического и тактического назначения, мирного использования ядерной и термоядерной энергии; проведение фундаментальных и прикладных исследований в области газодинамики, турбулентности и физики высоких плотностей энергии. Институт отвечает за авторский и гарантийный надзор за ядерными зарядами и ядерными боеприпасами на всех этапах их жизненного цикла – от разработки конструкции до демонтажа и утилизации основных составляющих узлов. Он обеспечивает сопровождение эксплуатируемого в войсках действующего ядерного арсенала, более половины которого составляют разработки института.

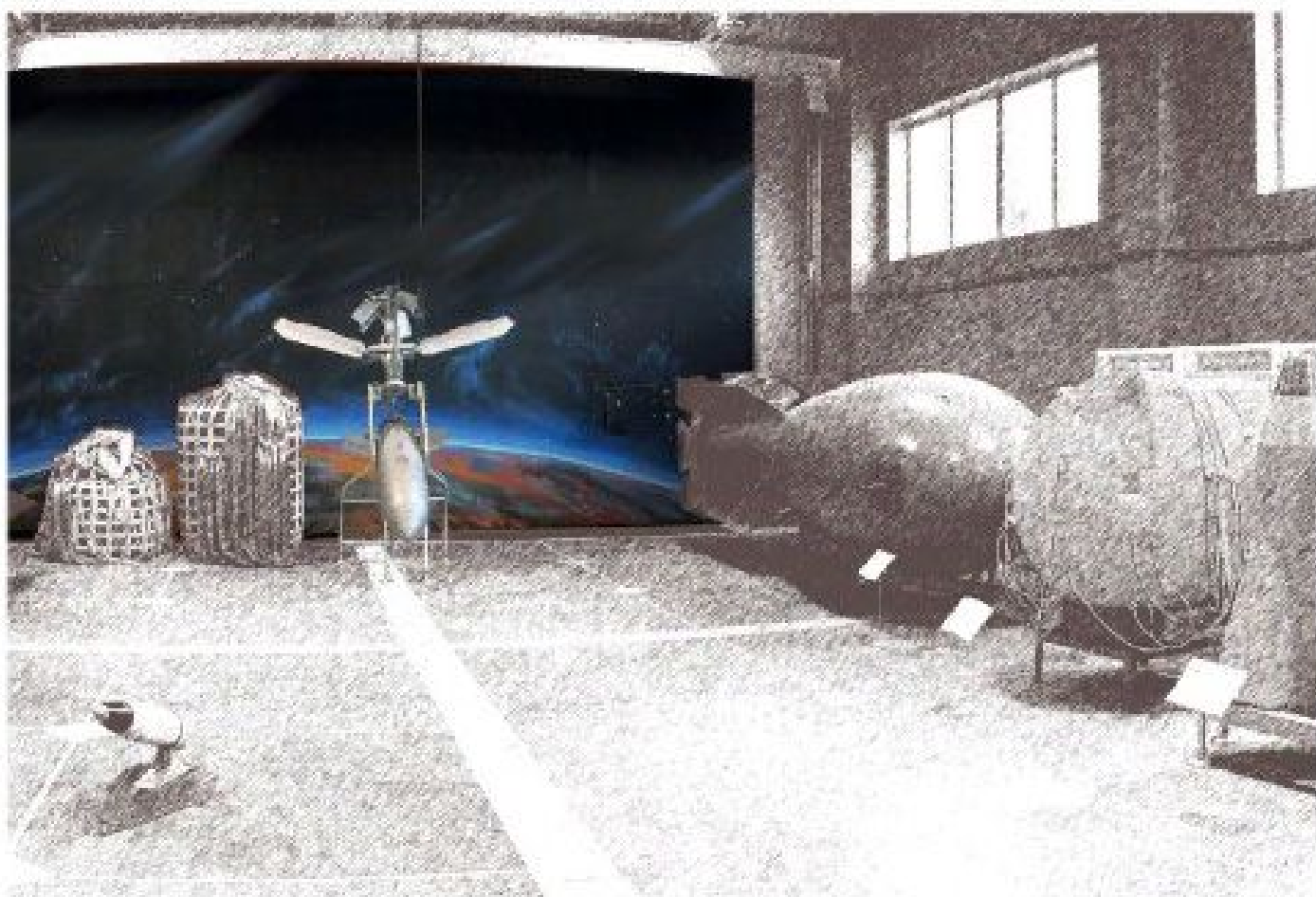
Имеется несколько причин, побудивших высшее руководство страны принять решение об организации нового института: стремление повысить устойчивость процесса разработки средств вооруженной борьбы в случае чрезвычайных ситуаций; опасение отстать в гонке ядерных вооружений от США, где уже действовали два ядерно-оружейных центра (в Лос-Аламосе и Ливерморе); наличие в КБ-11 (ВНИИЭФ) ученых, добившихся крупных результатов и стремившихся к самостоятельной работе. Кроме того, предполагалось, что в но-



вом НИИ будет создан внутренний полигон для отработки изделий с более мощными, чем в КБ-11, блоками ВВ. Свою роль сыграло понимание того, что определенная конкуренция между двумя центрами повысит эффективность разработки ядерного оружия.

Ядерный центр, созданный на Урале в 1955 г., уже через два года сдал на вооружение первый термоядерный заряд советского ядерного арсенала и провел ядерно-взрывной физический опыт по исследованию непрозрачности ряда материалов в состоянии высокотемпературной плазмы.

За первые пять лет своей деятельности ВНИИТФ разработал и передал на вооружение четыре термоядерных заряда в составе двух авиабомб, крылатой ракеты и баллистической



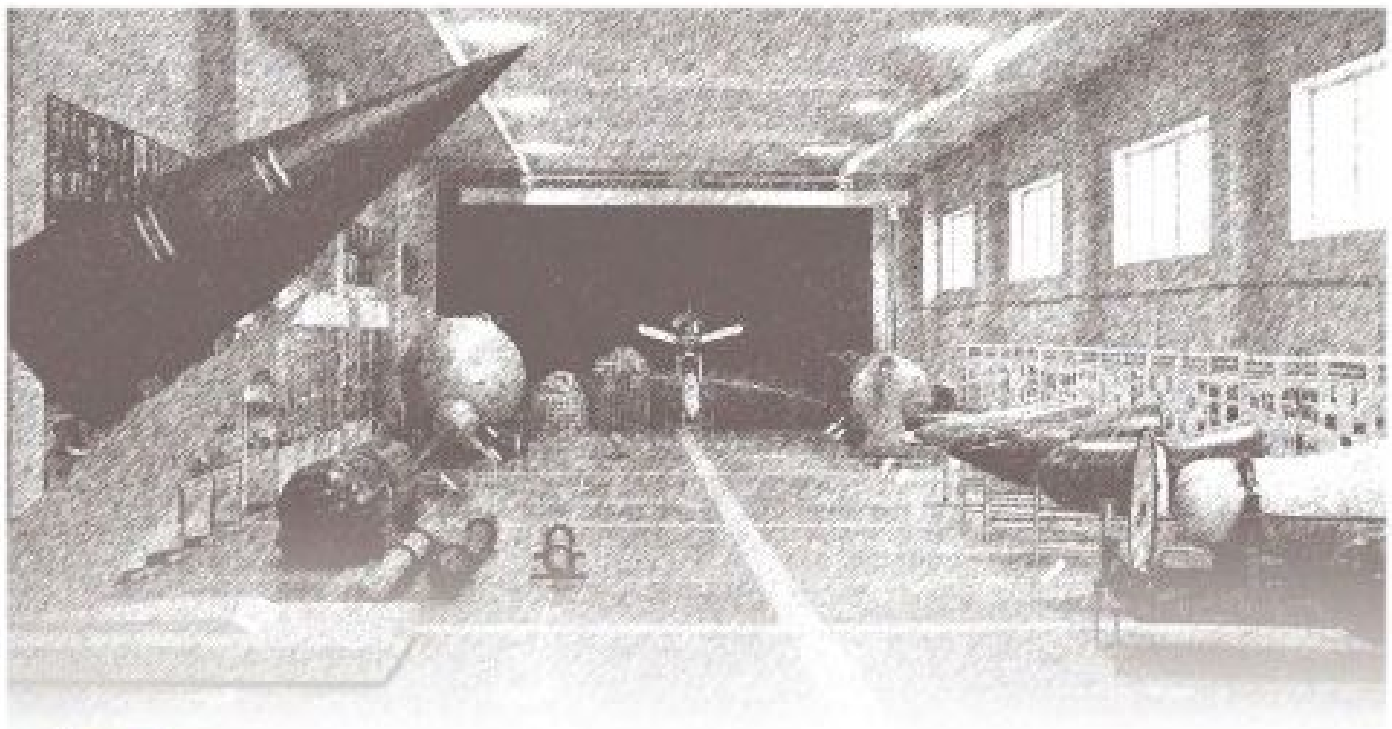
ракеты морского базирования со стартом с подводной лодки.

Понимание необходимости выполнения важнейших задач обеспечения безопасности государства и концентрация высокоинтеллектуальных кадров и уникальных научно-технологических ресурсов смогли привести к таким выдающимся результатам. В процессе разработки ядерного и термоядерного оружия рождалась новая наука – физика высоких плотностей энергии, изучающая поведение вещества при сверхбыстрых процессах, длящихся десятые и сотые доли микросекунды, при давлениях до миллиардов атмосфер и температурах в сотни миллионов градусов. Эта наука существенно расширяет представления о природе и позволяет разрабатывать способы управления ее процессами.

Совместное эффективное использование знаний и идей ученых, конструкторов, инженеров и напряженного труда производственников позволяет решать практические задачи огромной государственной важности и обеспечивать стратегическую стабильность в современном мире.

Перефразировав название вышеупомянутого раздела физики, можно сказать, что основой решения этих задач является высокая плотность энергии людей, работавших и работающих ныне в Российском Федеральном Ядерном Центре – Всероссийском научно-исследовательском институте технической физики имени академика Е. И. Забабахина.

Об этом свидетельствуют страницы книги.



## **ВСТУПЛЕНИЕ. РФЯЦ – ВНИИТФ: ОТ СОЗДАНИЯ ДО НЫНЕШНИХ ДНЕЙ**

Научно-исследовательский институт 1011 (ныне Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина (РФЯЦ – ВНИИТФ) был создан, как записано в Постановлении СМ СССР от 24 марта 1955 г. № 586–362, в «... целях усиления работ по разработке новых типов атомного и водородного оружия и создания условий для дальнейшего роста научно-исследовательских и конструкторских кадров в этой области».

Этим же постановлением были определены основные задачи института, планы его работы на ближайшую перспективу и утвержден руководящий состав этой новой организации Министерства среднего машиностроения.

Задача создания нового НИИ впервые была сформулирована в Постановлении Совета Министров СССР от 26 марта 1954 г. № 525–230.

Постановлением СМ СССР от 31 июля 1954 г. № 1561–701 были приняты предложения МСМ о создании НИИ-1011 в Каслинском районе Челябинской области. Датой основания института считается 5 апреля 1955 г., когда был подписан приказ МСМ от 5 апреля 1955 г. № 252, в котором указывались его закрытое и откры-

тое наименования: «Научно-исследовательский институт № 1011 Министерства среднего машиностроения (НИИ-1011 МСМ)» и «Предприятие п. а. № 0215».

В дальнейшем институт претерпел несколько переименований (см. приложение № 1) и с 2002 г. имеет следующее название: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина» (ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»).

В своем развитии институт прошел ряд этапов. Это было связано с изменением условий и приоритетов деятельности отрасли и института, расширением его возможностей по мере наращивания научного задела, укрепления кадрового потенциала и развития материально-технической базы.

**Начальный этап, который охватывает 1955–1960 гг.** – это время становления нового ядерно-оружейного центра.

Новый центр решили разместить на Урале, между Свердловском и Челябинском, используя для его развертывания материально-тех-



ническую базу Лаборатории «Б» МВД СССР. Так легче было организовать масштабное строительство. В расчет также принимался мощный производственный и научно-технический потенциал Свердловска и Челябинска, который можно было использовать для решения отдельных задач. Немаловажную роль в выборе местоположения сыграла близость нового центра к предприятиям по производству делящихся материалов: комбинату № 813 (Свердловск-44, Уральский электрохимический комбинат) и комбинату № 817 (Челябинск-40, ПО «Маяк»), имевшему развитую строительную базу. Также совсем недалеко, в районе г. Сим Челябинской области, с 1952 г. велось строительство завода № 933 (Златоуст-36, Приборостроительный завод) для серийного производства ядерных боеприпасов и ядерных зарядов. Это создавало реальные предпосылки для формирования на Урале мощного комплекса предприятий, встроенных в единый научно-производственный цикл – от разработки до серийного производства ядерного оружия.

Во исполнение решений правительства 5 апреля 1955 г. был издан приказ № 252 министра среднего машиностроения А. П. Завенягина. В приказе цитировалось Постановление Совета Министров СССР от 24 марта 1955 г. № 586–362 и определялись мероприятия, обеспечивающие исполнение данного приказа: устанавливались сроки, ассигнования на капитальное строительство и научно-исследовательские работы, определялась структура института и т. д. Его директором был назначен Д. Е. Васильев, а научным руководителем и главным конструктором – К. И. Шёлкин.

Вновь организованный институт сразу же столкнулся с непростыми проблемами. Прежде всего, требовалось сформировать дееспособный коллектив разработчиков. Его ядро составили сотрудники КБ-11, изъявившие желание перейти на работу в новый центр. Таковых оказалось 350 человек. Это были опытные, знаю-

щие люди. Ряд из них стояли у истоков создания еще первой атомной бомбы. Однако их, естественно, не хватало для формирования полноценного коллектива. Нужно было привлекать научные, инженерные и рабочие кадры со стороны. В основном они подбирались на предприятиях и в организациях Министерства среднего машиностроения (около 100 человек), в том числе расположенных на Урале комбинатах № 813, 816, 817 (Свердловск-44, Свердловск-45, Челябинск-40). Из других ведомств было привлечено почти 150 человек. Часть сотрудников пришли из академических учреждений (около 80 человек): Института прикладной математики, Физического института, Ленинградского физико-технического института и др. Большое пополнение составляли выпускники ряда вузов страны, в первую очередь физфака МГУ, средних специальных и профессионально-технических учреждений. Если к концу 1955 г. численность института составляла 870 человек, то в 1957 г. коллектив института насчитывал уже более трех тысяч человек, а в 1960 г. его численность превысила шесть с половиной тысяч сотрудников.

Одновременно шло строительство города для нового института. Пока возводились его производственные и жилые объекты, большая часть коллектива (более 1000 человек) располагалась на территории КБ-11, а также на ряде других предприятий и организаций. Но уже в 1958 г. основные подразделения института переехали на собственную базу. А к концу 1960 г. для него были построены производственные здания общей площадью 85 тыс. кв. м, включая два специализированных завода, обеспечивавших экспериментальные работы и выпуск опытных образцов оружия. Производственные объекты возводились в комплексе с жильем и социально-бытовой инфраструктурой. Так при институте возник новый город с населением 20 тыс. человек. Общие капитальные затраты к этому времени составили 850 млн руб.





(в масштабе цен, действовавших до 1 января 1961 г.).

Конечно, организационные трудности, естественные для этапа становления, отсутствие собственной производственной базы существенно осложняли работу нового ядерно-оружейного центра. Тем не менее его коллективу удалось практически сразу развернуть масштабные научно-исследовательские и конструкторские работы. Уже к осени 1956 г. институт был готов к проведению натурного испытания самой мощной (на то время) авиабомбы с проектным значением энерговыделения в 30 Мт. И только из-за неизученности вопроса о воздействии ядерного взрыва такой мощности на прилегающие к полигону (архипелаг Новая Земля) территории, это испытание сначала перенесли на более поздний срок, а затем и отменили.

Опыт создания сверхмощного заряда, хотя и не завершился натурным испытанием, оказался очень полезным и востребованным при последующих разработках. Развиваемые в институте идеи доказали свою продуктивность в ходе испытательной сессии 1957–1958 гг. Тогда было проведено 14 воздушных ядерных взрывов изделий разработки НИИ-1011. Одиннадцать из них были подготовлены в КБ-11, а три последних – уже на собственной производственной базе. По результатам успешных испытаний один из термоядерных (двухстадийных) зарядов в 1957 г. был принят на вооружение. Он стал первым термоядерным зарядом советского ядерного арсенала. Всего же за 1955–1960 гг. в институте были созданы четыре термоядерных заряда, три из которых поступили на вооружение в составе разработанных в этот период конструкторскими подразделениями института двух авиабомб для применения с самолетов дальней и стратегической авиации и ядерного боеприпаса (головной части) баллистической ракеты корабельного ракетного комплекса Д-2. Еще один, четвертый ЯЗ был

применен в ядерном боеприпасе, разработанном ВНИИА для авиационной крылатой ракеты.

Создание институтом совместно с СКБ-885 (ныне Государственный ракетный центр «КБ имени академика В. П. Макеева») ядерного боеприпаса мегатонного класса мощности для корабельного ракетного комплекса Д-2 стало значительным вкладом в обеспечение ядерного сдерживания на последующем временном отрезке, характеризующемся резким обострением военно-политической обстановки в связи с Карибским кризисом, когда другие средства сдерживания (ракетные комплексы межконтинентальной дальности стрельбы) еще не были развернуты.

За работы по оснащению авиабомб и ракетных комплексов термоядерными зарядами с усовершенствованной по предложению Л. П. Феокистова физической схемой группа ведущих сотрудников института – К. И. Шёлкин, Е. И. Забабахин, Ю. А. Романов, Л. П. Феокистов, М. П. Шумаев, В. Ф. Гречишников – была удостоена Ленинской премии.

Сотрудники института отличились и в решении фундаментальных научных проблем. Были открыты и исследованы новые типы кумуляции энергии, получены интересные результаты в области физики плазмы, разработаны теоретические основы одного из методов измерения мощности подземного ядерного взрыва. В 1957 г. институт провел на Новой Земле физический опыт по исследованию непрозрачности ряда материалов в состоянии высокотемпературной плазмы. Он стал первым успешным ядерным экспериментом и первым натурным опытом по исследованию свойств веществ в экстремальных условиях. Его главными участниками были В. Ю. Гаврилов, Ю. А. Романов, Е. Н. Аврорин, А. Д. Захаренков, В. К. Орлов. Данные, полученные в этом эксперименте, непосредственно использовались при последующих расчетах ядерных зарядов, а постановка измерений явилась основой редакции



серии физических опытов с аналогичными задачами.

В первый период своей деятельности постепенно начал накапливаться научный материал, обобщение которого могло быть сделано в диссертациях на соискание ученых степеней. В эти годы в институте были защищены одна докторская и 10 кандидатских диссертаций.

Энергичный старт в деятельности института во многом объяснялся продуманной организацией работы. С самого начала его коллективу удалось добиться единства действий в процессе создания «изделий», включая выбор физической схемы систем, теоретическое и экспериментальное обоснование их работоспособности и эксплуатационных характеристик, экспериментальное производство макетов и образцов, лабораторные и натурные испытания ядерных зарядов, боевых частей и их компонентов, исследования воздействия и поражающих факторов ядерного взрыва. Большое внимание уделялось развитию фундаментальных исследований. Они рассматривались в качестве надежной основы решения возложенных на институт задач. И даже более того, его руководство считало возможным и необходимым значительно расширить вклад института в решения фундаментальных проблем физической науки.

В мае 1960 г. ведущие сотрудники чл.-корр. АН СССР К. И. Щёлкин, чл.-корр. АН СССР Е. И. Забабахин, д. ф.-м. н. Н. Н. Яненко и др. обратились с соответствующим письмом к первому секретарю ЦК КПСС, председателю Совета Министров СССР Н. С. Хрущёву. Они настаивали на организации на базе НИИ-1011 «комплекса физических и учебных институтов». Этот комплекс, по их мнению, должен был стать ведущим исследовательским центром страны в области ядерной физики. В качестве первоочередного шага в НИИ-1011 предлагалось создать крупное подразделение, занимающееся проблемой управляемого термоядерного синтеза, укомплектовав его приглашенными

из Москвы специалистами. (см. приложение № 2)

Однако эти планы не нашли поддержки у высшего руководства. Прохладно отнеслись к ним и в Министерстве среднего машиностроения. У его руководства была своя логика. Развитие фундаментальных исследований, напрямую не связанных с разработкой оружия, грозило «размыть» тематику НИИ-1011. В конечном счете это могло негативно сказаться на решении конкретных задач, возложенных на министерство. И инициатива института не получила продолжения. Но неудача с реализацией перспективных замыслов не отменяла главного. Очевидные успехи молодого коллектива свидетельствовали о том, что на Урале появился не просто дублер КБ-11, а мощный научно-исследовательский и конструкторский центр, по творческому потенциалу и производственно-экспериментальной базе сопоставимый с созданным на 9 лет ранее центром (ВНИИЭФ).

Показательны следующие примеры наращивания потенциала института. В марте 1957 г. была пущена первая вычислительная машина «Стрела» с производительностью 2000 операций в секунду; в сентябре 1959 г. – новая ЭВМ М-20 с производительностью в 10 раз выше, чем у «Стрелы». В 1958 г. начали сдаваться в эксплуатацию казематы внутреннего полигона для газодинамических исследований; в марте того же года в экспериментально-физическом отделении были проведены критмассовые измерения со сборкой из U-235; конструкторские сектора приступили к созданию испытательной установки для лабораторно-конструкторской отработки изделий.

Структура НИИ-1011 на первом этапе его становления была схожей со структурой КБ-11. Научные, конструкторские и исследовательские вопросы курировались научным руководителем – главным конструктором и решались в десяти секторах (теоретической физики, теоретической газодинамики, математическом,



А. П. Завенягин



К. М. Шелкин



Е. И. Забаихин



В. Ф. Гречинников





Л. П. Феоктистов



М. П. Шумаев



Ю. А. Романов



В. К. Орлов





экспериментальной физики, экспериментальной газодинамики (2 сектора), конструкторских (3 сектора) и испытательном; производственные, материально-технические и финансовые вопросы курировались директором и решались соответствующими подразделениями (заводы № 1 и № 2, службы главного инженера, управление института).

Приказом министра среднего машиностроения от 06.04.1955 г. № 254 были утверждены руководители института и его основных подразделений: Д. Е. Васильев – директор; К. И. Шёлкин – научный руководитель и главный конструктор; Е. И. Забабахин, Г. А. Цырков, В. Ю. Гаврилов – заместители научного руководителя; В. Ф. Гречишников – заместитель главного конструктора; Г. П. Ломинский – заместитель директора по общим вопросам; К. А. Каргин – заместитель директора по строительству; Б. Д. Рыгин – заместитель директора по кадрам; Ю. А. Романов – начальник теоретического (физического) сектора; Е. И. Забабахин – начальник теоретического (газодинамического) сектора; Е. С. Кузнецов – начальник математического сектора (к работе в НИИ-1011 не приступал), а с сентября 1955 г. начальником этого сектора был Н. Н. Яненко; А. Д. Захаренков и К. К. Крупников – начальники экспериментальных газодинамических секторов (фактически был образован один сектор под началом В. Д. Захаренкова, К. К. Крупников был у него заместителем); В. Ю. Гаврилов – начальник экспериментального физического сектора; П. А. Есин, И. В. Богословский, В. К. Лилье – начальники конструкторских секторов; Л. Ф. Клопов – начальник испытательного сектора; П. Ф. Чистяков и Н. А. Смирнов – директора заводов № 1 и № 2.

1 октября 1957 г. был создан сектор во главе с крупнейшим специалистом в области электрофизических установок д. ф.-м. н. Б. К. Шембелем. Этот сектор перебазировался на Урал в июле 1959 г. Он мог бы стать основой нового направления фундаментальных исследований

института, расширяющих область его деятельности. Однако, как это отмечено выше, идея расширения сферы деятельности института не нашла поддержки руководства Минсредмаша и через 10 лет сектор № 10 был расформирован.

Завершающие годы начального этапа становления института (1958–1960 гг.) были насыщены драматическими политическими событиями международного значения. Из-за явного отставания в формировании ядерного арсенала СССР по сравнению с уже имевшимся в США советское руководство не поддержало предложение Д. Эйзенхауэра (апрель 1953 г.) о свертывании ядерно-оружейных программ. Но в последующем, когда успешные испытания 1956–1958 гг. позволили считать, что, по крайней мере, на научном уровне позиции сторон сближаются, Советский Союз объявил односторонний мораторий на проведение ядерных испытаний с 31 марта 1958 г.

США не сразу присоединились к мораторию, и только 22 августа 1958 г. президент Д. Эйзенхауэр объявил о том, что они приостановят свои испытания 31 октября.

Учитывая отставание от уровня ядерных разработок США (к 31 марта 1958 г. СССР провел 61 испытание, а США – 190), СССР более чем на месяц (с 30 сентября по 03 ноября 1958 г.) прервал мораторий и провел 21 воздушный ядерный взрыв (из них 6 взрывов ВНИИТФ).

В это время (с 31 октября) в Женеве уже велись трехсторонние (СССР, США, Великобритания) переговоры о запрещении ядерных испытаний, и проведение советских испытаний после начала этих переговоров встретило резкое осуждение международной общественности. Тем не менее переговоры продолжились, а моратории соблюдались до 1 сентября 1961 г.

Полет американского самолета-разведчика U-2 над территорией СССР 1 мая 1960 г., который был сбит советской ракетой, вызвал новую волну напряженности между СССР и США.



Н. С. Хрущёв потребовал официального извинения США за разведывательные полеты над территорией СССР. После отказа Д. Эйзенхауэра принести такие извинения Н. С. Хрущёв отказался участвовать в Парижской встрече в верхах; готовящийся визит Д. Эйзенхауэра в СССР был отменен; Женевские переговоры прерваны. В конце мая 1960 г. в советские ядерные центры поступило указание готовиться к продолжению ядерных испытаний.

На втором этапе своего развития 1961–1970 гг. РФЯЦ – ВНИИТФ заметно расширил сферу деятельности в области создания и оснащения новыми ядерными боеприпасами комплексов вооружений военно-воздушных сил, военно-морского флота и сухопутных ракетных войск, разработки ядерно-взрывных устройств для мирных применений.

К 1961 г. решениями министерства и правительства институт был определен как разработчик боевых частей и ядерных зарядов мощностью 10, 20 и 50 Мт.

Первые два года нового периода деятельности НИИ-1011 были связаны не только с проведением воздушных ядерных взрывов (накануне их запрета в 1963 г.), но и с началом подземных испытаний и отработкой их технологий: первые испытания в новых условиях в 1961 и 1962 г. были проведены с использованием ядерных зарядов института.

В конце первого этапа становления института (ноябрь 1960 г.) министром среднего машиностроения Е. П. Славским была утверждена новая структура НИИ-1011. После выхода в сентябре 1960 г. на пенсию К. И. Шёлкина занимаемая им должность была разделена на три: научный руководитель, главный конструктор по разработке ядерных зарядов (КБ-1), главный конструктор по разработке ядерных боеприпасов (КБ-2). Научным руководителем был назначен Е. И. Забабахин, главными конструкторами Б. Н. Леденёв (КБ-1) и А. Д. Захаренков (КБ-2). Инженерно-технические службы и производственные

подразделения возглавил первый заместитель директора – главный инженер, которым в 1961 г. был назначен Г. П. Ломинский. С апреля 1961 г., после скоростной кончины Д. Е. Васильева, исполняющим обязанности директора института был В. В. Дубицкий, а с 9 августа 1961 г. директором был назначен Б. Н. Леденёв. В должности главного конструктора его заменил Б. В. Литвинов (сентябрь 1961 г.). В 1964 г. Б. Н. Леденёва на посту директора сменил Г. П. Ломинский.

При общем руководстве институтом со стороны его директора в сферу управления научного руководителя входили теоретические и математическое подразделения (сектора 1, 2, 3), экспериментальные физические сектора (5-й и 10-й) и оба конструкторских бюро.

Главный конструктор первого тематического направления (КБ-1) руководил работой газодинамического (4-й), конструкторского (6-й), технологического (11-й) и испытательного (12-й) секторов, а главный конструктор второго тематического направления (КБ-2) – работой секторов: конструкторского (7-й), автоматики (8-й), испытаний (9-й), проектирования (13-й), расчетных работ (14-й). Первый заместитель директора – главный инженер курировал работу заводов, общетехнических служб и отвечал за обеспечение безопасности производства.

Первые два года (1961–1962) второго этапа развития института были самыми напряженными по темпам проведения воздушных ядерных испытаний перед их запрещением по договору от 1963 г.

Для выравнивания позиций на научно-техническом уровне Советскому Союзу до заключения Договора о запрещении ядерных испытаний в трех средах необходимо было провести ряд воздушных испытаний. В их задачи входило обеспечение научного паритета и создание технологического задела, который можно было бы использовать в дальнейшем для обеспечения силового паритета. На это и были направлены серия испытаний 1961–1962 гг.



Д. Е. Васильев



Г. А. Цырков



В. Ю. Гаврилов



Г. П. Ломинский



К. А. Каргин







К. К. Крупников



П. А. Есин



Л. Ф. Клопов



Б. К. Шембель



П. Ф. Чистяков



Н. А. Смирнов







В этот период ядерное давление на Советский Союз обретало всё большую силу. Четче вырисовывалась структура стратегических ударных сил, к которым помимо стратегической авиации, доставшейся в наследие после Второй мировой войны, начали присоединяться межконтинентальные баллистические ракеты (МБР) с наземными и подводными стартами, вооруженные ядерными боеголовками. Соединенные Штаты создали целую сеть авиабаз стратегической авиации вокруг Советского Союза и обеспечили непрерывное боевое дежурство бомбардировщиков с ядерными авиабомбами. Советская стратегическая авиация не только уступала американской по составу, но и была более уязвимой. Ее базы находились на большом удалении от США, на советской территории. Перелет через океан с любой стороны не мог пройти незамеченным: все подступы контролировались системой радаров.

Учитывая географическое положение Соединенных Штатов, в стратегическом ядерном противостоянии Советский Союз стал ориентироваться на развертывание межконтинентальных баллистических ракет, оснащенных ядерными боеголовками.

В 1961 г. соотношение ядерных арсеналов СССР и США было явно не в нашу пользу: ядерные силы США включали 156 МБР, 144 старта с ядерными боеголовками на атомных подводных лодках и 1300 стратегических бомбардировщиков; в СССР имелось 44 МБР и 144 тяжелых бомбардировщика с ядерным оснащением. В ответ на размещение авиабаз вблизи границ СССР советское руководство приняло решение разместить ракеты на территории Кубы. Работы по их развертыванию были начаты в мае 1962 г. После обнаружения подготовленных наземных стартов авиаразведкой США (октябрь 1962 г.) разгорелся Карибский кризис.

Вот в такой внешнеполитической и военно-стратегической обстановке с 1 сентября 1961 г.

по 25 декабря 1962 г. СССР провел 138 ядерных испытаний, из них на долю ВНИИТФ пришлось 49 (41 воздушный, 6 наземных и 2 подземных взрыва).

(Заметим, что за период с 15 сентября 1961 г. по 14 декабря 1962 г. США провели 107 испытаний, а в 1963 г., когда СССР не проводил ядерных взрывов, США испытали 51 ядерный заряд).

В течение моратория (1958–1961 гг.) институт выполнял широкий спектр работ, направленных в будущее:

- < завершал отработку ядерных боеприпасов (ЯБП), оснащенных испытанными в 1957–1958 гг. ядерными зарядами (ЯЗ);
- < готовил к испытаниям новые ядерные заряды для ЯБП новых видов носителей, включая тактические;
- < разрабатывал постановку экспериментов по проверке новых схем термоядерных (двухстадийных) зарядов;
- < готовился к исследованиям ядерной безопасности автономных зарядов;
- < начал подготовку к исследованиям поражающих факторов ядерного взрыва.

Многие из этих задач начали решаться в рамках испытаний 1961–1962 гг.

Около 25 % советских испытаний этого периода относятся к испытаниям мощных и сверхмощных ядерных зарядов (от 1,5 до 50 Мт). Однако позиция института в отношении разработки сверхмощных зарядов была весьма критической.

По мере развития термоядерных программ становилось ясно, что избыточная мощность уменьшает эффективность соответствующих боеприпасов и систем вооружений, приводит к тому, что носители становятся дорогими и уязвимыми. В том числе и по этой причине так и не был испытан подготовленный институтом к испытаниям в 1957 г. самый мощный на то время заряд. Он был разобран. Испытания своих мощных зарядов США провели в 1954–



1956 гг. и к началу 1960-х годов уже отказались от разработки новых сверхбомб.

Можно отметить, что запоздалые отечественные испытания 1961–1962 гг. сверхмощных зарядов были необходимы для заполнения пустующей ниши сверхмощных зарядов, которые имелись на вооружении США. Но к этому времени уже было ясно, что во всех стратегических сценариях такие заряды являются неэффективными. Поэтому можно было бы ограничиться испытанием 2–3 устройств. Фактически было проведено 31 испытание, 11 из них – ВНИИТФ. Это существенно понизило эффективность испытательных сессий 1961 и 1962 г.

Самым мощным было испытание заряда ВНИИЭФ 31 октября 1961 г. (50 Mt). С подачи Н. С. Хрущёва этому заряду журналисты дали имя «Кузькина мать». Заряд был испытан на половинную (от проектной – 100 Mt) мощность. В испытании использовался самолет, авиабомба и парашютная система, которые были отработаны ВНИИТФ совместно с партнерами при подготовке уже упоминавшегося испытания 30-мегатонного «наделяя» в 1957 г.

Для описания позиции института в отношении «сверхбомб» лучше обратиться к воспоминаниям Л. П. Феоктистова, который внес существенный вклад в разработку во ВНИИТФ сверхмощных зарядов следующего поколения:

*«Где-то в начале 1961 г. до нас, на Урале, стали доходить слухи о том, что у наших конкурентов в Араамасе возникла идея новой супербомбы. Вскоре стало ясно, что речь идет не о каком-то сверхоткрытии, а всего лишь об увеличении веса и габарита. Но зачем? Дело в том, что тенденция наращивания мощности таким образом представлялась нам тривиальной, с одной стороны, и ненужной – с другой. Мы в то время были поглощены в точности противоположной идеей – миниатюризацией. Нам казалось, что даже на самый крупный город хватит*

*50 кт, чтобы его полностью деморализовать. Нужно сказать, задача миниатюризации... была к тому же физически сложной, ее разработка всячески поддерживалась нашим тогдашним научным руководителем К. И. Щёлкиным...*

*Вместе с тем, и об этом надо честно рассказывать, ажиотаж, поднятый по отношению к супербомбе, не мог оставить нас равнодушными и возбуждал нашу ревность. Мы стали вникать в проблему и тут же нащупали две слабые стороны у конкурента:*

*1) их конструкция непрактична и неоправданно усложнена;*

*2) перетяжелена настолько, что не лезет ни в один существующий или перспективный носитель.*

*Сегодня определенно можно сказать, что мы были правы. Все “большие бомбы” пошли по нашему пути. А гордость ВНИИЭФ – заряд мощностью 100 Mt – был изготовлен только в одном экземпляре (испытательном).*

В 1962 г. институт провел серию испытаний зарядов повышенной мощности, в которых была использована идея, предложенная Л. П. Феоктистовым. Стали очевидными выгоды в массо-габаритных характеристиках зарядов одного класса мощности по сравнению с прежними разработками. Из серии зарядов ВНИИТФ повышенной мощности на вооружение был принят самый легкий заряд класса 10 Mt в составе боевого блока для ракетного комплекса Р-36. Проекты носителей с более мощными зарядами были отменены. Институт был переориентирован на разработку зарядов и ядерных боеприпасов малого и среднего класса мощности для тактического и стратегического ядерного оружия.

После более чем годичного перерыва в испытаниях с марта 1964 г. СССР приступил к регулярным подземным ядерным взрывам. До конца 1970 г. было проведено 110 взрывов, из них 51 – ВНИИТФ; при этом институтом было испытано



33 ядерных заряда в интересах создания и совершенствования ядерного оружия, 15 ядерно-взрывных устройств были испытаны при отработке и 6 – при проведении промышленных ядерных взрывов в мирных целях, 6 взрывов использовались для фундаментальных и методических исследований и 3 – для исследований поражающих факторов ядерного взрыва.

При проведении указанных взрывов применялся и одновременно модернизировался способ испытаний, апробированный в первых двух подземных испытаниях 1961 и 1962 г. Тогда было установлено, что технология таких испытаний будет непростой, однако вполне приемлемой технически и довольно благоприятной для проведения экспериментов, насыщенных методиками физических исследований и измерений.

До 1967 г. институт проводил испытания только в штольнях. В 1967 г. институт впервые провел испытания в скважине. Эти усовершенствования технологии испытаний позволяли экономить средства и время на их проведение.

Были разработаны и внедрены новые методы физических измерений при подземных испытаниях, и также внедрена практика проведения специализированных физических опытов.

В описываемый период специалистами института в содружестве с организациями Минсредмаша и институтами Минобороны были разработаны методики измерений тротилового эквивалента ядерных взрывов в широком диапазоне их энергии: от единиц килограммов до десятков мегатонн; методики и аппаратура регистрации гамма- и рентгеновского излучений, потоков нейтронов и регистрации параметров газодинамических процессов в окружающей среде и образцах исследуемых материалов.

Были проведены физические опыты при воздушных (1961–1962 гг.) и подземных (1964–1970 гг.) испытаниях по проверке перспективных принципов работы и физических схем модулей

взрывных ядерных устройств; по исследованию поражающих факторов ядерного взрыва и воздействия их на компоненты и образцы систем вооружений; по изучению закономерностей протекания высокоинтенсивных процессов и свойств веществ в экстремальных условиях (при сверхвысоких температурах и давлениях). Специалисты института принимали участие в экспериментах ВНИИЭФ по изучению поражающих факторов ядерных взрывов в космическом пространстве.

По результатам проведенных в период 1961–1970 гг. работ по ЯЗ и ЯБП институт разработал и сдал на вооружение:

- < авиабомбы для фронтовой и дальней авиации ВВС, противолодочной авиации ВМФ, а также для первого самолета-носителя авиации ВМФ с вертикальным взлетом. Значительным вкладом было создание авиабомб, выдерживающих температурные воздействия при наружной подвеске на высокоскоростных носителях;
- < ядерные боеприпасы для корабельных ракетных комплексов: один для комплекса Д-4 (первый отечественный комплекс с подводным стартом БРПЛ), другой для комплекса Д-5 (с подводным стартом, увеличенной дальностью стрельбы и возможностью залповой стрельбы шестнадцатью БР с одной атомной подводной лодки);
- < ядерные боеприпасы для оснащения моноблочной головной части ракетного комплекса 8К84 с МБР УР-100;
- < ядерные боеприпасы для оперативно-тактического комплекса 9К72 (известного за рубежом под названием «Скад») с ракетой Р17 (первый с зарядом разработки ВНИИЭФ, второй с зарядом разработки нашего института);
- < ядерные боевые части для оснащения двух зенитных комплексов ПВО.

Кроме того, ядерными боеприпасами разработки института в этот период были оснащены



шахтный ракетный комплекс с МБР Р-36, за рубежом известный как «Сатана» (с зарядом мощности класса 10 Мт), крылатые ракеты морского базирования П-5, П-6, П-35, «Аметист», ракетные комплексы СВ «Пионер» и «Луна-М».

Таким образом, деятельность института в области создания ЯЗ и ЯБП в период 1961–1970 гг. отличается существенное расширение направлений разработок, охватывающее практически все виды вооруженных сил (РВСН, ВМФ, ВВС и сухопутные войска) и повышение тактико-технических характеристик создаваемых ЯЗ и ЯБП, что было сделано для расширения возможностей армии, авиации и флота в целях достижения паритета по стратегическим и нестратегическим ядерным вооружениям.

Второй этап развития института характерен не только работами по созданию боевых ядерных зарядов и ядерных боеприпасов, но началом разработки и применений ядерно-взрывных устройств (ЯВУ) мирного назначения. Именно на этом этапе было проведено наибольшее число полигонных испытаний зарядов для отработки специализированных ядерно-взрывных устройств, и тем самым завершена подготовка к их использованию в промышленных проектах. В 1968 г. институт впервые в своей практике применил специализированное ЯВУ при гашении газового фонтана на месторождении Памук в Узбекистане. Кроме того, в 1968 и в 1970 г. были проведены два одиночных и один групповой взрыв с целью отработки способов создания траншей и водохранилищ.

Результаты отработки и первого использования ЯВУ, полученные в обсуждаемый период, обеспечили динамичный старт мирным применениям ядерно-взрывных технологий в последующие годы.

В 1961–1970 гг. в основном сформирована производственная, вычислительная, экспериментальная и испытательная база института. Завершилось строительство заводских цехов

и лабораторий, обеспечивающих полный замкнутый цикл изготовления и контроля изделий. Расширился парк вычислительных машин: вступили в строй действующих вторая ЭВМ типа М-20 и большая вычислительная машина БЭСМ-6. На новой производственной площадке введены в эксплуатацию исследовательские ядерные реакторы БАРС и ЭЛИР, моделирующие установки ИГУР, ЭКАП. Для наземной отработки изделий введены в строй ступель бросковых испытаний, ударная труба для исследований стойкости изделий к одному из поражающих факторов ядерного взрыва, начато строительство ракетного трека.

Однако не все начатые на первом этапе становления института работы нашли свое продолжение: в 1967 г. были свернуты работы по созданию мощного ускорителя протонов и исследования по физике плазмы, сверхсильным магнитным и электрическим полям (ликвидация сектора 10).

За этот период заметно вырос численный и качественный уровень кадров: в институте трудилось около 15 тыс. человек; было защищено 10 докторских и 59 кандидатских диссертаций.

За выдающиеся успехи в работах по основному профилю и в связи с 10-летием со дня образования в 1966 г. институт был награжден орденом Ленина. В этот же период истории института 3 сотрудника (Е. Н. Аврорин (1966 г.), А. Д. Захаренков (1961 г.) и Л. П. Феокистов (1966 г.)) были удостоены звания Героя Социалистического Труда; 6 работ по основной тематике были оценены Ленинской премией, 37 человек стали ее лауреатами (1962–1967 гг.); 23 сотрудника за творческое участие в разработках ЯЗ и ЯБП стали лауреатами Государственной премии СССР (1967–1970 гг.).

Следующий самый продолжительный период деятельности института (1971–1991 гг.) в целом можно охарактеризовать как время интенсивных работ по основной тематике



и сопутствующим фундаментальным и прикладным научным исследованиям.

Первый год этого этапа характерен заметной активизацией ядерных испытаний в интересах разработки ядерного оружия. Если в 1970 г. было проведено всего два таких испытания, то в 1971 г. – восемь. И в целом этот период отличается от предыдущего существенно большей интенсивностью подземных ядерных взрывов: в 1964–1970 гг. в среднем в год испытывалось по 9 зарядов, а в 1971–1989 гг. испытывалось и применялось в мирных целях по 16 ядерных зарядов, из 201 ядерного взрыва 71 был произведен при выполнении промышленных проектов.

Именно в середине этого этапа (1978–1984 гг.) ВНИИТФ прошел два характерных максимума в своей деятельности: имел максимальное число сотрудников (более 18 тыс. человек) и проводил взрывы максимального числа боевых зарядов и мирных ядерно-взрывных устройств (по 20–24 взрыва в год).

Принципиальное отличие обсуждаемого этапа от предыдущих заключается в том, что в конце 1980-х годов институт «вышел из тени» секретности и начал приобретать международное признание как научная организация мирового уровня.

Завершающий 1991 г. этого периода совпадает с последним годом существования СССР и переходом института в новые условия своей деятельности.

В 1971–1991 гг. из-за необходимости своевременного эффективного ответа на возникавшие вызовы и с учетом имевшегося задела прошлых лет институт вел работы по следующим направлениям:

- < повышение удельных характеристик ЯЗ и ЯБП стратегического назначения (миниатюризация), разработка боевых блоков МБР ВМФ;
- < разработка ЯЗ для тактического оружия;
- < разработка термоядерных зарядов и авиабомб для тактической авиации;

- < разработка ядерного снаряда минимального калибра;
- < разработки в области противоракетной обороны;
- < проведение физических опытов и фундаментальных научных исследований с использованием ядерных взрывов;
- < совершенствование и развитие вычислительной, экспериментальной, испытательной и производственной базы.

Успехи по одному направлению нередко служили хорошим базисом для развития другого. В частности, хорошие результаты, полученные в 1965 г. по уменьшению габаритов автономных зарядов и по работе чисто термоядерных систем дали возможность Л. П. Феоктистову предложить новую схему первичных зарядов, которая позволяла существенно уменьшить их габариты и вес. Как всегда, при разработке новой схемы приходилось не только исследовать ее теоретические возможности, но и создавать наилучшие технические условия для ее осуществления. Для внедрения новой схемы осуществлялся широкий комплекс технологических работ. На разработку и внедрение новой технологии ушло несколько лет. Помимо разработки конкретных систем, направленных на создание образцов с улучшенными параметрами, был выполнен системный анализ всех проведенных испытаний, определены критические границы для выбора основных параметров. Были проведены ключевые физические опыты, послужившие хорошим экспериментальным базисом для теоретических обобщений.

Особенно остро вопросы сокращения габарита и веса при обеспечении высоких удельных характеристик стояли при разработке боевых частей для стратегических морских комплексов. Разработчиком этих комплексов был Государственный ракетный центр (г. Миасс). Сотрудничество с ним, начатое еще во время воздушных испытаний при оснащении ракет Р-13 комплекса Д-2, было успешно продолжено. Был



разработан боевой блок (с зарядом ВНИИЭФ) для самонаводящейся ступени ракеты Р-27, предназначенной для поражения стационарных наземных и подвижных морских целей (передан в опытную эксплуатацию), и боевой блок малого класса мощности (с зарядом института), переданный на вооружение в составе ракеты Р-27У в 1974 г.

Был также разработан ядерный боеприпас для моноблочной головной части первой стратегической ракеты ВМФ с межконтинентальной дальностью стрельбы (комплекс Д-9).

Однако на повестке дня стояли более сложные задачи. Для создания многоблочных разделяющихся головных частей с наведением боевых элементов (блоков) на индивидуальные цели необходимо было дальнейшее снижение массы и габаритов ядерного заряда и ядерного боеприпаса.

Фактически решалась проблема создания предельно малых термоядерных зарядов, приемлемых для решения стратегических задач. Первые результаты по заряду для малого блока, полученные при испытании 1971 г., были скромными. В ходе дальнейших работ энерговыделение заряда было увеличено более чем в два раза. Но было ясно, что еще имеются возможности для улучшения зарядов этого класса. Развитие осуществлялось как по линии улучшения первичных узлов, так и по линии увеличения основного энерговыделения. Это направление было настолько важным, что работы были продолжены на конкурсной основе двумя ядерными центрами.

В институте было разработано и экспериментально проверено несколько концептуально новых схем. В частности, в одной из последних модификаций заряда малого блока была использована схема, прототип которой впервые проверялся еще в 1961 г. В развитие этого направления существенный вклад внесли теоретики ВНИИЭФ. В результате этих напряженных работ удельное энерговыделение боевых бло-

ков малого веса в несколько раз превосходило значения, с которых это направление стартовало в начале 1970-х гг.

Аналогичные работы осуществлялись и в части ядерного боевого оснащения стратегических ракетных комплексов РСЧН. В указанный период во ВНИИТФ были разработаны и переданы на вооружение ядерные боеприпасы, в которых, с учетом повышенных требований к комплексам по спецвоздействиям, были применены ядерные заряды разработки ВНИИЭФ.

Еще одним важным направлением работ института было создание ядерных зарядов для тактических комплексов, которые традиционно создавались для оснащения обычными боеприпасами. Заряды создавались для таких средств доставки, как самолеты-носители авиабомб, баллистические и крылатые ракеты авиационного и корабельного базирования, торпедное и артиллерийское оружие.

Эти работы обеспечивались совместными усилиями теоретических подразделений, конструкторских бюро и испытателей.

Создание ТЯ-зарядов для авиабомб изначально было приоритетной задачей института. Затем это естественно перешло в задачу создания тактических авиабомб, когда необходимость в стратегических ядерных авиабомбах отпала. Помимо комплектования тактических авиабомб автономными ядерными зарядами с невысоким энерговыделением для поражения ряда особо защищенных объектов требовались заряды повышенной мощности. Важным требованием качеством конструкции таких авиабомб было обеспечение повышенной ударопрочности: оно позволяло осуществлять метание с малой высоты и иметь запас времени для удаления самолета на безопасное расстояние. Разработка первого такого заряда была осуществлена в 1971–1972 гг., а в 1975 г. была передана на вооружение первая ударостойкая авиабомба.



В начале рассматриваемого периода были завершены разработки ядерного артиллерийского снаряда калибра 203 мм и артиллерийской мины калибра 240 мм, для которых были созданы ядерные заряды на основе различных физических схем.

Создание артиллерийских снарядов калибра менее 203 мм было еще более трудоемкой задачей. При этом требовалось обеспечение живучести систем в условиях высоких перегрузок, характерных для артиллерийского выстрела. В то же время должна была быть обеспечена ядерная безопасность и исключена возможность несанкционированного подрыва. Обеспечение всех этих требований могло быть осуществлено с использованием нетипичных решений. Работа осуществлялась коллективами теоретиков, математиков, газодинамиков, конструкторов и испытателей. Разработка ядерного снаряда для штатных артиллерийских систем калибра 152 мм была завершена в конце 1980 г.

Работы в области ПРО были начаты в начале 1960-х гг. по инициативе Ю. А. Романова. В первую очередь было обращено внимание на исследование повышенного воздействия рентгеновского излучения и нейтронов в условиях ПРО. С этой целью были проведены специальные физические опыты по исследованию спектра рентгеновского излучения термоядерных зарядов и определению других параметров. Был проведен уникальный опыт по воздействию факторов ПРО на заряд, стоящий на вооружении.

Существенное значение для работ института имели физические опыты. В них исследовались работоспособность конкретных физических схем термоядерных узлов, возможности взаимосвязанной их работы, при которой обеспечивался бы необходимый уровень энерговыделения. Некоторые из экспериментальных систем характеризовались весьма высокими показателями и уже в таком промежуточном виде могли использоваться для самостоятельных экспериментов. В частности, в опытах по дробле-

нию руды на апатитовом месторождении (1972 и 1984 г.) фактически использовалась система, которая представляла собою начальный фрагмент разрабатываемого мощного чистого заряда.

В экспериментах по созданию чистых мирных зарядов дополнительно была получена ценная информация о протекании высокоинтенсивных процессов, которая имела фундаментальное значение. Было показано, что при динамическом достижении условий термоядерного воспламенения, то есть при сжатии термоядерных мишеней, важнейшую роль играют процессы турбулентного перемешивания. Эти результаты, в свою очередь, дали импульс для начала долговременной программы теоретических и экспериментальных исследований турбулентного перемешивания в динамических процессах. Работы по улучшению описания процессов возникновения и развития турбулентности продолжают на новом уровне и в настоящее время.

Другим важным направлением среди физических опытов было исследование влияния важнейших физических процессов (ударных волн, симметрии, гидродинамической неустойчивости и турбулентного перемешивания) на работу предельных первичных зарядов.

Систематически проводились физические опыты по исследованию поражающих факторов ядерного взрыва и воздействию их на компоненты и образцы систем вооружений. Для проведения таких экспериментов в институте был разработан ряд «облучательных» зарядов, используемых для проверки новых ядерных боевых частей на соответствие всем ужесточенным требованиям возможного боевого применения. В одном из таких экспериментов (середина 1970-х годов) была осуществлена проверка полномасштабной работы ядерной боевой части при комплексном воздействии поражающих факторов ядерного взрыва.

Проводились эксперименты, направленные на изучение закономерностей протекания вы-



сокоинтенсивных процессов и свойств веществ в экстремальных условиях. Подчеркнем, что результаты таких опытов непосредственно служили совершенствованию соответствующих физических моделей. Поэтому можно считать, что они были направлены на изучение фундаментальных свойств веществ и процессов. В то же время такие сведения были важны для разработки новых ядерных взрывных систем, для углубленного понимания физики их работы, для понимания процессов, сопровождающих ядерные взрывы. В этом одновременно заключалось их прикладное значение. Первый из этой группы физических опытов был проведен еще в 1957 г. для исследований оптической непрозрачности ряда материалов.

В дальнейшем при переходе к подземным испытаниям актуальной стала необходимость уточнения теоретических моделей плотных веществ, которые использовались для построения соответствующих уравнений состояний. Поэтому во многих испытаниях параллельно с основными программами измерений параметров работы зарядов осуществлялись программы попутных измерений. В частности, именно таким образом исследовались ударная сжимаемость многих горных пород и некоторых породообразующих минералов. В ходе этих исследований разрабатывались новые методы измерений ударной сжимаемости (например, метод гамма-репера и метод доплеровского смещения резонанса нейтронного захвата), модернизировались методики измерений в условиях высоких радиационных фонов (световая регистрация прихода фронта волны). Накопленный в ходе таких работ опыт позволил в 1983 г. провести специализированный опыт (ФО-90), нацеленный на комплексное исследование ударной сжимаемости некоторых веществ в области проявления электронных оболочечных эффектов. В эксперименте была обеспечена высокая точность измерений временных интервалов. Были получены уникальные данные по ударной

сжимаемости алюминия и свинца в области сотен миллионов атмосфер. Эта информация была использована для уточнения теоретических моделей плотных веществ.

Еще одно направление исследований связано с возникновением в середине 1970-х гг. большого интереса к инерциальному термоядерному синтезу. Стремительно развивалось направление создания мощных лазерных установок, обсуждался потенциал использования электронных и ионных пучков. Однако возможности экспериментальных установок были весьма ограничены. Поэтому естественным было предложение рассмотреть возможности воспламенения малых термоядерных мишеней с помощью ядерного взрыва.

Для успешного решения широкого спектра своих задач институту было необходимо совершенствовать и расширять вычислительную, экспериментальную, испытательную и производственную базу, комплектоваться необходимыми кадрами и повышать их инженерную и научную квалификацию.

В эти годы математическое отделение было оснащено новыми электронно-вычислительными машинами: были закуплены и введены в эксплуатацию несколько БЭСМ-6, машины «Эльбрус», ЕС-1060 и др. Создавались новые двумерные расчетные программы, повышалась скорость обработки данных, облегчались и становились более удобными процедуры взаимодействия пользователей с ЭВМ.

В экспериментально-физическом отделении была сдана в эксплуатацию лазерная установка «Сокол», проводилась серия экспериментов по обжатию мишеней с ДТ-газом; монтировались и эксплуатировались новые ядерные реакторы (БАРС-4, БАРС-5, ИГРИК, ЯГУАР, ПРИЗ) и электрофизические установки, моделирующие воздействие рентгеновского и электромагнитного излучений ядерного взрыва (ИГУР-2, ИГУР-3, ЭМИР-М, РАПИД-М); установка моделирования механического





воздействия ядерного взрыва ЭКАП была перепрофилирована для изучения турбулентного перемешивания. (Отметим, что теоретические и экспериментальные исследования этого явления, проведенные в институте, достигли мирового уровня.) На территории этого отделения был возведен, оборудован и в 1972 г. вступил в эксплуатацию уникальный радиохимический и материаловедческий комплекс, обеспечивающий работы с твердыми и газообразными делящимися и радиоактивными веществами. Такого комплекса нет ни в каком другом научно-исследовательском институте отрасли. В отделах и лабораториях полигонных испытаний разрабатывались и с участием специалистов других институтов (ВНИИЭФ, НИИИТ) и ядерных полигонов (Семипалатинского и Новоземельского) внедрялись в практику физических измерений новые методы и аппаратура регистрации параметров испытываемых ядерных зарядов.

В газодинамическом отделении завершился этап обустройства внутреннего полигона, обеспечивающего исследования свойств ВВ, обработку современных типов зарядов, испытания макетов, содержащих радиоактивные и токсичные материалы. Вступили в строй десять специализированных казематов, рассчитанных на опыты с весом ВВ до 1000 кг. Лаборатории были оснащены новыми измерительными комплексами с компьютерной обработкой экспериментальных результатов.

В самом начале третьего периода деятельности института (1972 г.) испытательные сектора КБ-1 (№ 15) и КБ 2 (№ 16) были объединены в единый научно-исследовательский испытательный комплекс (НИИК) для лабораторно-конструкторской отработки ЯЗ и ЯБП. В это же время такой комплекс был образован и во ВНИИЭФ, что позволило обоим институтам более эффективно использовать возможности экспериментальной базы и накопленный научный потенциал наземных испытаний.

С созданием НИИК вся экспериментальная наземная лабораторно-конструкторская отработка ядерных зарядов, боевых частей ракет, специальных авиабомб и других боеприпасов, разрабатываемых в институте, сосредоточилась в одном подразделении, что позволило более эффективно использовать возможности экспериментальной базы и накопленного научного потенциала для решения задач прочности, работоспособности и стойкости ЯБП. Были построены новые здания для сборочно-разборочных работ и электродинамических вибростендов, испытательный комплекс с ракетной катапультирующей установкой, модернизирован комплекс тепловых, климатических и коррозионных испытаний, электрофизическая установка ГЭМИ, газодинамические испытательные установки, разработаны и аттестованы многие новые методы наземных испытаний и измерений. Это не исключило полностью необходимость проведения натурных (летных и физических) испытаний ЯБП и их узлов, но существенно сократило их объемы.

На заводах № 1 и № 2 постепенно проводилось техническое перевооружение станочного парка и производственно-технологического оборудования, осуществлялся переход на производство деталей и узлов с использованием станков с программным управлением.

В технологическом отделении разрабатывались и внедрялись методы получения новых полимерных материалов, новые защитные покрытия деталей, способы сварки разнородных материалов и контроля качества сварных швов.

В конструкторских отделениях широко развернулись работы по внедрению АСУ и машинного проектирования с непосредственной передачей электронной версии конструкторских документов на программно-управляемые станки экспериментальных цехов и заводов.

1 марта 1987 г. приказом министра Л. Д. Рябева при РФЯЦ – ВНИИТФ была создана отрас-



левая лаборатория надзора по вопросам специальной безопасности.

Надзорные функции отраслевой лаборатории распространялась на предприятия двух Главных управлений МСМ: разработки и испытаний ЯБП (5-е ГУ) и производства ЯБП (6-е ГУ). Впоследствии структура и задачи лаборатории претерпели изменения, связанные с расширением и совершенствованием ее функций.

Из 21 года, охватывающего рассматриваемый период деятельности института, только в 1986 г., 1990 г. и 1991 г. не осуществлялись ядерных испытаний. За остальные 18 лет ВНИИТФ провел 127 испытаний ядерных зарядов оборонного назначения. Самыми насыщенными по числу испытаний были 1978 г. (взорвано 17 «оборонных» и 5 мирных ядерных зарядов) и 1987 г. (18 «оборонных» и 6 мирных ядерных зарядов). В этот период были проведены мирные взрывы для сейсмозондирования земной коры, интенсификации нефте- и газодобычи, создания подземных емкостей, дробления руды, перекрытия фонтанирующих скважин и других целей.

Рассматриваемый период развития института был самым богатым на рекорды в создании ядерных зарядов, ядерных боеприпасов и ядерно-взрывных устройств промышленного назначения.

Под руководством и при непосредственном участии Е. И. Забабахина были разработаны:

- < самый малогабаритный ядерный артиллерийский снаряд (главные конструкторы Б. В. Литвинов, О. Н. Тихан; ведущие разработчики Ю. С. Вахрамеев, В. Д. Кирюшкин, Ю. С. Кузьмин, И. С. Набойкин);
- < самый малогабаритный боевой блок для стратегических ядерных сил (главные конструкторы Б. В. Литвинов, В. А. Верниковский; ведущие разработчики Л. П. Феоктистов, Б. М. Мурашкин, Б. В. Белоусов, В. В. Столяров);
- < самое прочное и термостойкое ядерно-взрывное устройство, предназначенное для про-

мышленных применений (А. П. Васильев, Б. В. Литвинов);

- < самый ударостойкий ядерный заряд (Б. В. Литвинов, В. А. Бехтерев, В. Д. Кирюшкин);
- < самый экономичный по расходу делящихся материалов ядерный заряд (Б. В. Литвинов, А. В. Полионов);
- < самое чистое ядерно-взрывное устройство для мирных применений, в котором 99,85% энергии получается за счет синтеза ядер легких элементов (Ю. С. Вахрамеев, Е. Н. Аврорин, Б. В. Литвинов);
- < самый маломощный заряд-облучатель (В. З. Нечай, В. С. Любимов, Ю. С. Вахрамеев, Б. В. Литвинов).

Отмеченные рекорды были достигнуты благодаря настойчивости, самоотверженности и высочайшей квалификации ученых, специалистов и рабочих института и ряда смежных организаций. Отмеченные рекордные параметры получены на пределе возможностей, которые допускаются законами ядерной физики. Попытки добиться лучших результатов могут привести к созданию конструкций, опасных в производстве и эксплуатации, либо к невозможности обеспечения минимально приемлемого срока хранения от изготовления до использования.

Кроме уже упомянутых разработок ядерных боеприпасов было создано новое ядерное оснащение для модернизированных комплексов С-75М и 9К72.

Ядерными зарядами разработки института также были оснащены боевые части стратегических (Х-55) и тактических крылатых ракет («Малахит», «Базальт», «Гранит», «Гранат»). Кроме того, институт разработал 18 типов ЯВУ мирного назначения, 10 из которых были применены в промышленных взрывах.

Значительно вырос кадровый потенциал института. К 1980 г. институт насчитывал 18 тыс. работающих; 31 ученый защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора наук



и 260 специалистов защитили кандидатские диссертации. Продолжалось строительство производственных зданий и сооружений, возводились жилые дома и объекты социальной инфраструктуры.

К концу периода капитальные вложения стали заметно меньшими, что объяснялось определенной насыщенностью производственными площадями, с одной стороны, и заметным снижением возможностей финансирования строительства, с другой.

Перестройка, начавшаяся в 1985 г., внесла значительные перемены в деятельность института и жизнь города. Начались процессы свертывания оборонных программ, перехода к конверсионным разработкам, снижение уровня политического и военно-стратегического противостояния группировок стран, возглавляемых СССР и США; более открытыми становились международные отношения.

Если прежде лишь отдельные специалисты ВНИИТФ эпизодически участвовали в отношениях к ядерным взрывам международных переговорах в качестве «закулисных» научных экспертов и консультантов, то, начиная с 1987 г., сотрудники института стали участвовать на переговорах по выработке протоколов к договорам об ограничении испытаний ядерного оружия и о мирных ядерных взрывах в качестве официальных членов советской делегации.

Упомянутые договоры были заключены между СССР и США в 1974 и 1976 г. Однако из-за несогласования мер контроля за их соблюдением они не были ратифицированы и через 10 лет после подписания. В 1987 г. руководители СССР и США пришли к принципиальному согласию относительно разработки надежных, технически и организационно приемлемых мер контроля. И первым шагом на этом пути стало проведение совместного эксперимента по контролю мощности двух ядерных взрывов (по одному на Невадском и Семипалатинском полигонах). Такой эксперимент был проведен в 1988 г.

Процедуры его подготовки, проведения и обработки результатов были использованы при последующей выработке протоколов к обсуждаемым договорам. Благодаря этому эксперименту и переговорному процессу, в осуществлении которых институт сыграл ведущую роль научного и инженерно-технического идеолога и исполнителя, Договор об ограничении подземных испытаний ядерного оружия (ДОПИЯО) и Договор о мирных ядерных взрывах (ДМЯВ) были ратифицированы и вступили в силу в конце 1990 г.

24 октября 1990 г. СССР провел свое последнее ядерное испытание на Новоземельском полигоне, а через год (26 октября 1991 г.) Президентом РСФСР был официально объявлен мораторий на ядерные испытания, соблюдаемый и поныне. Следует отметить, что США прекратили свои ядерные испытания только спустя 2 года (23 сентября 1992 г.).

Решение об объявлении Россией моратория было принято без каких-либо консультаций с организациями, ответственными за состояние отечественного ядерного арсенала. В итоге имевшееся отставание во внедрении новых мер безопасности ЯЗ и ЯБП еще более усилилось. Мало того, объявление моратория привело к запрету проведения облучательного опыта ВНИИТФ, полностью подготовленного в штольне 108К Семипалатинского испытательного полигона. К демонтажу заложенного ядерного заряда и соответствующего испытательного оборудования пришлось возвращаться спустя пять лет.

Упомянутая выше разница в сроках объявления мораториев СССР и США привела к тому, что Россия в 1991 г. получила одностороннее право контроля мощности испытательных ядерных взрывов США, оговоренное в Протоколе к ДОПИЯО. В соответствии с условиями этого протокола российские группы назначенного персонала, основную часть которых составляли специалисты ВНИИТФ, осуществили контроль



за испытанием «Хойя» на Невадском полигоне США (14 сентября 1991 г.)

Обсуждаемый период истории ВНИИТФ характерен структурными переменами в отрасли и кадровыми изменениями в руководстве. В июле 1989 г. Минсредмаш был преобразован в МАЭП (Министерство атомной энергетики и промышленности).

27 декабря 1984 г. в возрасте 68 лет скончался научный руководитель академик Е. И. Забабахин. Его преемником в апреле 1985 г. стал Е. Н. Аврорин. 17 июня 1988 г. после продолжительной болезни в 70-летнем возрасте умер директор института Г. П. Ломинский. Новым директором был избран и назначен В. З. Нечай.

За большие достижения в разработке и оснащении Вооруженных сил ядерным оружием, успешное применение ядерных взрывов в промышленных целях и в связи с 25-летием со дня образования в 1980 г. коллектив института был награжден Орденом Октябрьской Революции. В эти годы два ведущих сотрудника, М. П. Шумаев (1971 г.) и Б. В. Литвинов (1981 г.), были удостоены высокого звания Героя Социалистического Труда; пять работ по оборонной тематике были оценены в 1974–1989 гг. Ленинскими премиями и 11 сотрудников стали ее лауреатами; за разработку ядерных зарядов, ядерных боеприпасов, создание и применение ядерно-взрывных устройств мирного назначения 24 работы получили в 1971–1991 гг. Государственные премии СССР и 150 специалистов института были удостоены лауреатских званий.

В декабре 1991 г. Президент СССР снял с себя свои полномочия, СССР и его властные структуры, в том числе МАЭП, перестали существовать. Институт продолжал работать.

**Наиболее трудным этапом в жизнедеятельности института можно считать период 1992–1999 гг.** Он характеризуется резким уменьшением финансирования работ по государственному оборонному заказу на фоне

ухудшения состояния экономики и ломки социально-политических отношений в стране. Особые условия закрытого административно-территориального образования, каковым является Снежинск, серьезно ограничили возможности трудоустройства высвобождаемого персонала. Этот процесс растянулся на несколько лет, что, в свою очередь, привело к дисбалансу в соотношении большого числа работающих со скудным финансированием. Выделение финансовых средств стало весьма нерегулярным и задержки выплаты заработной платы привели к социальному напряжению в коллективе института и, в целом, в городе. Исправлению этой ситуации и налаживанию работы в отрасли содействовало образование в феврале 1992 г. Министерства по атомной энергии (Минатом России) и назначение Виктора Никитовича Михайлова первым министром Российской Федерации по атомной энергии.

Исторические события, произошедшие в стране в постсоветское время, оказали существенное влияние на работу института. Был ликвидирован главный элемент в технологии разработки взрывных ядерных систем – натурные испытания. Были прекращены все исследовательские программы, прикладные и фундаментальные, предполагающие использование ядерных взрывов, а также все программы мирного применения ядерно-взрывных технологий.

Вследствие этих причин была также изменена главная функциональная задача института: вместо совершенствования и развития ядерно-оружейного потенциала страны на первый план была поставлена задача поддержания существующего боезапаса и обеспечения его надежного функционирования в будущем в условиях отсутствия натурных испытаний. При этом возможности развития ядерно-оружейных систем становились очень ограниченными. В основном они сводились к развитию неядерных компонентов и, возможно, к некоторым ограниченным изменениям в ядерных.



Самая тяжелая  
термоядерная бомба



Самый малогабаритный  
ядерный артиллерийский снаряд  
калибра 152 мм



Самый малогабаритный боевой блок  
для стратегических ядерных сил



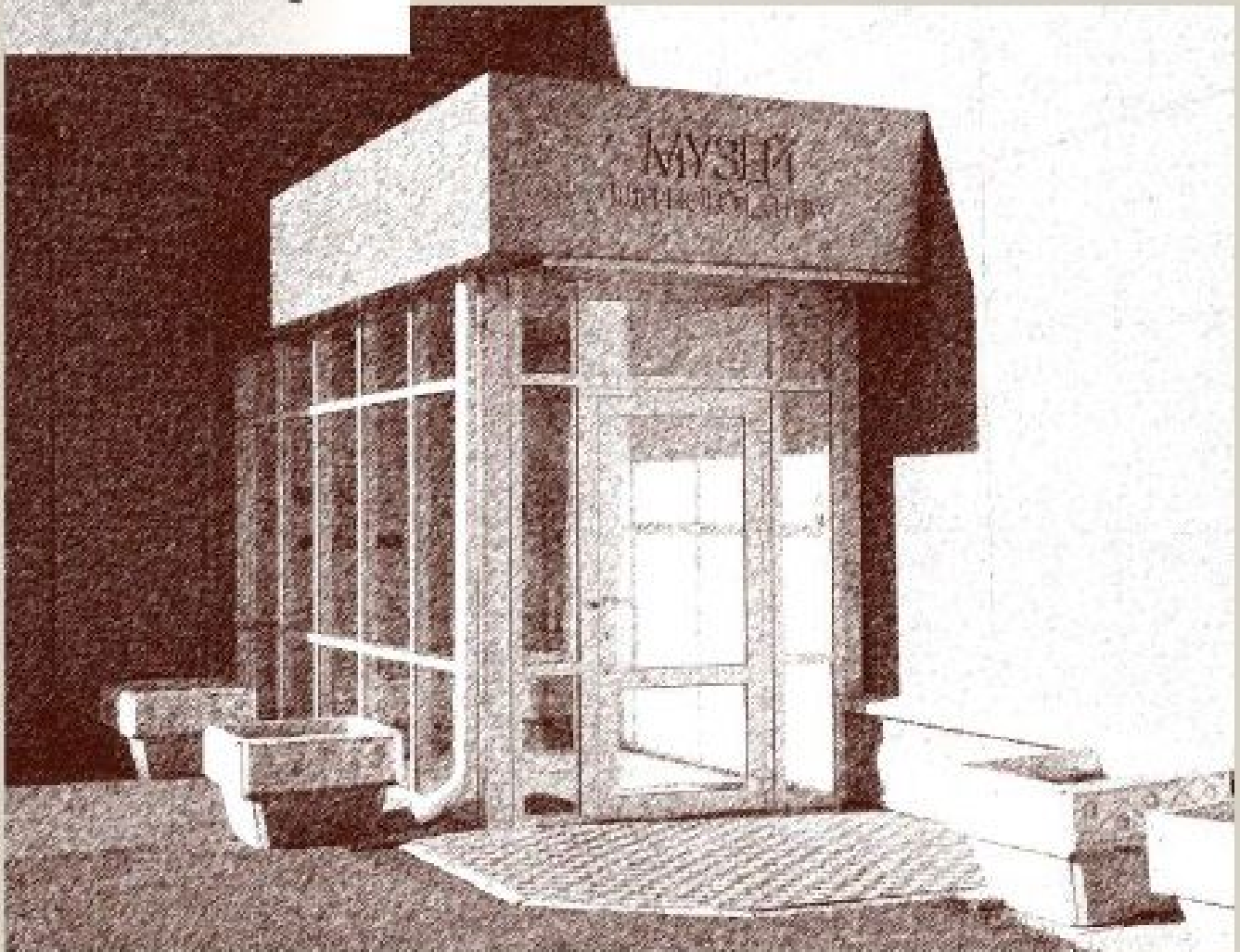
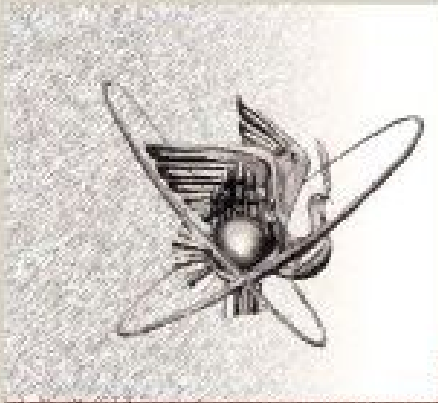
Самое чистое  
ядерно-взрывное устройство  
для мирных применений



Самая первая водородная бомба  
для стратегической авиации



Высокоэффективная тормозная парашютная система









Развал Советского Союза привел к разрушению экономики страны. Был утрачен ряд важных технологий, некоторые из них, в том числе и необходимые для ядерного оружейного комплекса, оказались за пределами России.

Поэтому даже задача поддержания существующего ядерного потенциала на необходимом уровне первоначально представлялась сложной.

Новую остроту приобрела проблема поддержания высокого научно-технического уровня института. После запрещения испытаний существенную роль стал играть уровень лабораторной экспериментальной базы, уровень возможностей и оснащения внутреннего полигона. Так как в период ядерных испытаний лабораторные эксперименты играли вспомогательную роль, то оказалось, что в этот период экспериментальная база не соответствует новым требованиям. Необходимо было обновлять ее, создавать новые установки и технологии, приобретать и осваивать новую диагностическую аппаратуру.

Другой важной составляющей развития материально-технической базы является увеличение вычислительных мощностей. Оно происходило и в период испытаний, хотя со временем стало возрастать отставание от ядерных лабораторий США по оснащенности высокопроизводительными ЭВМ. Ко времени запрещения испытаний быстродействие и объем памяти российских ЭВМ были в сто раз хуже, чем у американских. В условиях отсутствия ядерных испытаний роль математического моделирования существенно возросла. Необходимо было углубить и улучшить физические модели, повысить точность описания физических процессов. Чаще стали встречаться такие задачи, которые можно было решить только путем моделирования трехмерных процессов. Поэтому необходимо было не только продолжить наращивание вычислительных мощностей, но и увеличить его темпы, что, конечно, было сложной задачей при тяжелых экономических условиях в стране.

Еще одним важным фактором научно-технического развития является обновление высококвалифицированных научных кадров. Уже в последние годы советского времени оно оставляло желать лучшего, а в переходный период обновление фактически прекратилось. Работа в области точных наук утратила ореол престижности, в современной России она стала одной из наименее оплачиваемых, а дополнительные ограничения, обусловленные закрытостью ядерно-оружейных работ, еще более осложняли набор в институт сильных молодых специалистов.

Попытки руководства института изменить ситуацию в сторону улучшения его технического и экономического положения, в том числе и развертыванием конверсионных работ, не давали ощутимого результата. Росло социальное напряжение в коллективе, проходили стихийные и организованные выступления протеста профсоюза против невыплат заработной платы. Драматически развивающиеся события привели к трагической гибели директора института, которым с 1988 г. работал В. З. Нечай – 30 октября 1996 г. он ушел из жизни. Этот шаг отчаяния не мог не повлиять на изменение отношения высшего государственного руководства к проблемам оборонного комплекса страны. Реализация заключенного в 1994 г. российско-американского соглашения о переработке освобождающегося (при взаимном сокращении ядерных арсеналов) высокообогащенного урана в ядерное топливо для АЭС позволила заметно увеличить, начиная с 1996 г., финансирование конверсионных программ.

Здесь уместно отметить, что в США в целях обеспечения высокого уровня работы национальных ядерных лабораторий в условиях отсутствия ядерных испытаний был принят ряд государственных программ. Наиболее известными среди них являются программы «сопровождения арсенала» (Stockpile Stewardship Program) и стратегической компьютерной инициативы (SCI). Согласно этим программам громадные





средства были выделены не только оружейным ядерным лабораториям, но и ряду других научных центров и университетов, которые сотрудничают с ядерными лабораториями в поддержании высокого уровня ядерно-взрывных технологий. Согласно этим программам обновлялись и совершенствовались технические средства, которые непосредственно были задействованы в ядерно-оружейном цикле, большие средства направлялись на создание и эксплуатацию мощных экспериментальных установок, на которых в несколько отдаленном виде моделировались процессы, происходящие при работе взрывных ядерных систем. В рамках программы компьютерной инициативы создавались новые мощные ЭВМ и программные комплексы, используемые не только для решения ядерно-оружейных задач, но и для решения проблем энергетики, биологии, астрофизики и др. Ясно, что ответные действия России должны были быть достаточно эффективными, хотя и более скромными.

С учетом этих обстоятельств Минобороны России при участии ВНИИЭФ, ВНИИТФ и других ядерно-оружейных организаций была разработана и в 1998 г. утверждена Правительством Российской Федерации государственная целевая программа развития ядерного оружейного комплекса, призванная решить проблемы, характерные для периода запрета ядерных испытаний.

В рассматриваемый период темпы и объемы разработок института, конечно, были намного ниже, чем в предыдущие годы. В начале периода ВНИИТФ, можно сказать, по инерции завершал контрольную деятельность в отношении двух ядерных испытаний США: 26 марта 1992 г. при взрыве «Джанкшн» и подготовку к контролю за позже отмененным взрывом «Гринуотер».

Продолжая основную деятельность, институт осуществил модернизацию двух многоцелевых авиабомб, стоявших на вооружении всего имеющегося парка самолетов-носителей фронтовой авиации и авиации ВМФ (главный кон-

структор А. Н. Сенькин, ведущие специалисты В. И. Новиков и Н. К. Кутырев), и ядерного боеприпаса для самого долгоживущего ракетного комплекса стратегического назначения РС18 («Стилет») (главный конструктор А. Н. Сенькин и ведущие специалисты Э. Н. Чубаров, О. М. Котешкий и А. Г. Охотников).

Особое внимание при модернизации уделялось обеспечению безопасности эксплуатации и хранения боеприпасов, а также внедрению технических мер предотвращения несанкционированных действий с ними (особые заслуги по реализации этих мер принадлежат А. Н. Сенькину и З. А. Горелику). В апреле 1998 г. созданная 10 лет тому назад отраслевая лаборатория надзора по вопросам специальной безопасности была преобразована в Отраслевой научно-методический центр надзора за специальной безопасностью Минобороны России (ныне ГК «Росатом»). В это период в новых разработках боеприпасов использовались варианты ранее испытанных ядерных зарядов, модернизация которых осуществлялась без изменения их физических схем.

В условиях нового времени возникли повышенные требования к обеспечению безопасности ядерных зарядов и технологических комплексов, к предотвращению распространения ядерных материалов и ядерных технологий. Специалисты института были вынуждены уделять им внимание и тратить на их решение некоторую часть ресурсов. В частности, для обеспечения нераспространения ядерного оружия в рамках международных соглашений о нераспространении в институте стали проводить работы по организации инспекции на месте возможных подозрительных событий.

В 1996 г. был подписан многосторонний Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ), по которому прекратились испытания не только в интересах ядерного оружия, но и любые мирные ядерные взрывы. Это наложило еще более строгие ограничения на



работы по сохранению дееспособности ядерного арсенала.

Возросла роль математического моделирования, что потребовало расширения вычислительной базы. Кроме того, острыми стали вопросы изменения свойств веществ ряда материалов в процессе длительного хранения.

Для обсуждаемого периода также характерен широкий разворот конверсионных и диверсификационных разработок. Проводились работы в области волоконно-оптических линий связи, оборудования для переработки сельскохозяйственной продукции, медицинской аппаратуры, прострелочно-взрывной аппаратуры для интенсификации нефте- и газодобычи, разработки методов и оборудования демонтажа и утилизации крупногабаритной военной техники и взрывоопасных боеприпасов, создания транспортно-упаковочных контейнеров для радиоактивных материалов и отработанного топлива АЭС, работы в области взрывных технологий, таких как взрывная штамповка, резка, упрочнение металлов, разделка крупногабаритных металлоконструкций и металлошлаковых негабаритов, получение ультрадисперсных алмазов, взрывная утилизация боеприпасов, исследования детонационных и физико-химических характеристик и характеристик безопасности промышленных ВВ и утилизируемых артиллерийских порохов, исследования пенных забоек для буровзрывных работ, взрывоопасности пылевоздушных смесей, разработка аварийных импульсных систем для гидроавиации, разработка и серийное изготовление взрывных перфораторов для нефтяных скважин, получение с помощью сварки взрывом биметаллических заготовок различного назначения.

Разработки велись более чем по тридцати темам. Их результативность была далеко не одинаковой: по некоторым, таким как производство яйцесортировальных машин и сварка взрывом биметаллических заготовок, было организовано средне- и мелкосерийное изготовление, по другим налажена собственная

эксплуатация установок гражданского назначения (так был запущен в эксплуатацию центр нейтронной терапии онкологических больных); но многие темы были прекращены на стадии «глубоких» НИР, как не имевшие перспектив хозяйственного внедрения.

С 1991 г. начался период обновления структуры ВНИИТФ, связанный с внедрением новых форм организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Вначале преобладали матричные формы управления новыми разработками: назначался руководитель направления, подбирались группы исполнителей из имеющихся подразделений без перевода специалистов с прежнего места работы. Постепенно по мере усиления соответствующих направлений стали организовываться научно-технические центры с определенными задачами и собственным штатным расписанием.

В ноябре 1992 г. был образован Центр системных исследований и разработок с задачами подготовки предложений в программы ядерных вооружений, исследований вопросов нераспространения ядерного оружия.

1 октября 1994 г. был создан Аварийно-технический центр для предупреждения и ликвидации последствий аварий с ЯЗ и ЯБП и выполнения функций регионального аварийного формирования по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

В апреле 1995 г. из сотрудников нескольких подразделений был сформирован коллектив Научно-технического центра по системам физической защиты, учета и контроля ядерных материалов.

В конце 1995 г. на базе одного из отделов управления ВНИИТФ был образован Научно-технический центр международного сотрудничества и информационных технологий. В 2010 г. центр преобразован в отдел международных связей и научно-технического сотрудничества.



В 1996 г. для организации и развития широкомасштабных исследований проблем безопасности ядерной энергетики был создан соответствующий научно-технический центр (НТЦ-ПБЭ).

Создание этих центров позволило сконцентрировать силы и средства на решении конкретных задач переходного периода, возникших в связи с сокращением работ по основной тематике института.

В 1998 г. по указанию Минатома при ВНИИТФ была создана Отраслевая экспертно-методическая лаборатория по ядерному экспортному контролю, призванная давать рекомендации и оказывать содействие предприятиям ядерного оружейного комплекса в организации экспорта конверсионной продукции.

В тяжелейших условиях рассматриваемого периода произошло серьезное, более чем в 1,5 раза, сокращение кадрового состава института; на многие годы растянулось давно начатое строительство некоторых объектов, и практически полностью прекратилось финансирование нового строительства. Тем не менее, институт не прекратил свою деятельность и продолжил текущие и перспективные разработки.

Благодаря научному заделу прошлых лет в эти годы было защищено 16 докторских и 57 кандидатских диссертаций. За успехи в оборонной тематике и фундаментальных научных исследованиях 2 человека стали лауреатами Государственной премии (1996 г.), а 29 человек – лауреатами премий Правительства Российской Федерации (за 1996, 1997 и 1999 г.).

В 1998 г. в институте были учреждены ежегодные премии имени выдающихся ученых и руководителей ВНИИТФ для молодых специалистов и рабочих, добившихся замечательных результатов в работе. За два года (1998–1999) премий имени выдающихся ученых (Е. И. Забабахин, В. З. Нечай, И. В. Санин, Ю. А. Зысин и др.) было удостоено 27 научных сотрудников и инженеров, а премии имени первого директо-

ра института Д. Е. Васильева – 16 молодых рабочих и их наставников.

На следующем этапе деятельности института (2000–2007 гг.) существенно улучшилось финансирование работ по государственному оборонному заказу, и более четко определились направления разработок вооружений и военной техники. Его можно характеризовать определенной стабильностью объемов НИОКР и численности персонала, регулярностью финансирования.

31 марта 2000 г. в Снежинске состоялось выездное заседание коллегии Минатома с участием Президента Российской Федерации В. В. Путина. После выступления перед участниками заседания он провел закрытое совещание по вопросам основной деятельности ВНИИТФ и посетил Музей ядерного оружия. Его оценка деятельности института в сжатой форме была отражена в Книге почетных посетителей музея.

*«Самая большая опасность, перед которой стоит Россия и весь мир, – нарушение баланса сил. Ценой огромных усилий и жертв Советскому Союзу удалось достичь равновесия. Огромная заслуга в этом вашего коллектива. Вместе мы обязаны не только сохранить имеющиеся достижения, но и добиться новых рубежей, опираясь на талант и мужество наших ученых.*

*С надеждой и любовью В. В. Путин  
31.03.2000»*

Поддержка работ института высшим государственным руководством имела своим последствием активизацию разработок и расширение круга решаемых институтом задач. В отрасли в эти годы интенсивно внедряются конкурсные начала при выборе направлений научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Происходит довольно быстрый переход от традиционного адресного закрепления тематики к конкурсным разработкам новых систем вооружения. Выросло внимание



к авторскому праву, всё более трудным стал обмен научной информацией даже между самым тесным образом сотрудничавшими ранее организациями. Стали необходимыми новые кооперационные связи. Заметно увеличились потребности, да и возможности международных научно-технических связей.

В 2001 г. завершена разработка ядерного боеприпаса для РК ВМФ, отвечающего всем современным требованиям по эффективности боевого применения, ядерной и эксплуатационной безопасности (главный конструктор А. Н. Сенькин и ведущие специалисты Г. Д. Зеленкин, С. И. Сабуров, Э. Е. Ершов, В. В. Андреев).

В 2000 г. вступил в строй новый высокопроизводительный вычислительный комплекс.

В экспериментально-физическом отделении совместно с партнерскими организациями был создан материаловедческий центр исследования свойств материалов ядерного зарядостроения; исследования ведутся по согласованной программе с участием сотрудников различных специальностей (теоретиков, математиков, экспериментаторов), а также научных сотрудников институтов РАН.

В последние годы экспериментальная и испытательная база была оснащена современными установками. Были приобретены мощные электронный и оптический микроскопы, создается установка для высоких статических нагрузений, улучшаются диагностические возможности динамических исследований во взрывных экспериментах.

В настоящее время в связи с применением новых лазерных технологий появились возможности получения интересных физических результатов при относительно скромных затратах. Поэтому была модернизирована установка «СОКОЛ» для работы с пикосекундными импульсами. Исследуются процессы, обусловленные воздействием таких импульсов, в частности рождение нейтронов при облучении дейтерий-содержащих мишеней. Запланиро-

вана дальнейшая модернизация таких установок. В экспериментальном отделении ведутся работы по совершенствованию лазеров с ядерной накачкой. Было получено рентгеновское лазерное излучение при капиллярном разряде в аргоне.

Новым высокотехнологическим направлением для института является выращивание гетерогенных полупроводниковых структур для получения сверхъярких светодиодов и лазерных диодов. Использование лазерных диодов позволяет создавать новое поколение компактных лазерных устройств.

С целью обеспечения высокого научного уровня коллектива были несколько расширены научные, в том числе и международные связи института, увеличился и расширился круг фундаментальных научных проблем, которыми занимаются его специалисты. В результате, были разработаны новые теоретические модели, предназначенные для описания свойств веществ, основанные на разных подходах: на основе первичных квантово-механических принципов, на основе плазменных подходов с использованием прямых квантово-механических расчетов, на основе молекулярного моделирования. Существенный прогресс достигнут в развитии описания турбулентных процессов, в описании процессов магнитной гидродинамики, теплопроводных процессов (в том числе с учетом конвекции), переноса заряженных частиц широкого спектра энергий, протекания различных видов термоядерных процессов. Это дает возможность сотрудникам института выполнять передовые теоретические исследования в тех областях, в которых в настоящее время проводятся наиболее важные эксперименты, например с помощью мощных лазерных установок, таких как NIF в Ливерморе или ИСКРА-5 в Сарове, установка Z в Альбукерке. В эти годы были также получены ценные результаты по распространению термоядерного горения на поверхности нейтронных звезд



в двойных системах малой массы. Всё это помогло плодотворному научному сотрудничеству с передовыми научными центрами страны и мира. В частности, конструкторские и производственные возможности позволили институту активно подключиться к разработке и изготовлению крупногабаритного корпуса детектирующей системы и узла калориметра нового ускорителя протонов, сооружаемого в CERN.

В начале описываемого периода были успешно проведены клинические испытания компьютерного томографа.

Прошел полный цикл испытаний 90-тонный транспортно-упаковочный контейнер для отработанного топлива АЭС; составлены планы его производства и использования для выгрузки и хранения ТВС с реакторов Белоярской АЭС.

Модернизирован, аттестован и вновь введен в эксплуатацию Центр нейтронной терапии онкологических больных; продолжаются некоторые другие конверсионные и диверсификационные разработки.

Не прекращалось совершенствование структуры института. В 2000 г. образован Центр по разработке обычных боевых частей и протрельно-взрывной аппаратуры.

Для обсуждаемого этапа ядерно-оружейной деятельности института характерны определенные трудности и проблемы, обостряющиеся по мере происходящих изменений в политике и экономике страны, продления моратория на ядерные испытания и в связи со старением кадрового состава.

Медленно шел процесс обновления вычислительной, экспериментальной, производственной и испытательной базы и доведения ее до уровня, обеспечивающего научно-обоснованные гарантии сохранения эффективности, надежности и безопасности действующего ядерного арсенала в условиях запрета на ядерные испытания.

На встрече Президента Российской Федерации В. В. Путина с руководителями Миноборо-

ны России, Федерального агентства по атомной энергии\* и директорами предприятий ядерно-энергетического и ядерного оружейного комплексов, состоявшейся 9 июня 2006 г., этим проблемам было уделено особое внимание.

Для выполнения новых задач по совершенствованию ядерного оснащения стратегических и нестратегических комплексов вооружений наряду с совершенствованием вычислительной, экспериментальной, производственной и испытательной базы требуется кардинальное изменение качественного и возрастного состава кадров, повышение привлекательности труда в ядерном оружейном комплексе. Относительно невысокая заработная плата, проблема обеспечения жильем, режимные ограничения и другие вопросы социального плана, характерные для закрытых городов, серьезно ограничивают возможности приема молодых специалистов, в том числе и с нетрадиционной для прежних разработок специализацией. Старение кадров может привести, и уже частично привело, к утере критических знаний и технологий в области разработки ядерного оружия.

Чтобы перебороть тенденцию старения кадров и увеличить число принимаемых на работу молодых специалистов, в институте с 2002 г. проводились зимние школы для студентов лучших вузов страны, а студенты приглашались на летнюю практику; была организована специализированная кафедра в Московском инженерно-физическом институте. Постепенно наметился перелом в решении и этой проблемы.

В целом, ВНИИТФ взял курс на расширение фундаментальных и прикладных научных исследований, проводимых параллельно с выполнением заданий государственного оборонного заказа, с использованием научного и производственного потенциала, накопленного в институте за всю его историю.

\* В 2004 г. Минатом России был преобразован в Федеральное агентство по атомной энергии (ФААЭ).



К концу 2007 г. численность сотрудников ВНИИТФ составляла около 10 тыс. человек.

За период 2000–2007 гг. научными сотрудниками института было защищено 24 докторские и 48 кандидатских диссертаций, 14 человек были удостоены звания лауреатов Государственной премии РФ в области науки и техники и 34 – звания лауреатов премии Правительства РФ. За эти годы существенно пополнилось число институтских лауреатов премий имени выдающихся ученых: всего ими стало 80 человек, из них 10 были удостоены самой престижной премии имени академика Е. И. Забабахина; 36 рабочих и наставников стали лауреатами премии имени Д. Е. Васильева.

Современный период деятельности института стартовал в 2008 г. после того, как был изменен хозяйственно-правовой статус атомной отрасли. В декабре 2007 г. был принят закон о создании Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», которая во многом (но не во всем) явилась преемником прежних руководящих органов отрасли (Минатома и ФААЭ).

По этому закону Госкорпорация «Росатом» несет ответственность за:

- < атомно-энергетический комплекс;
- < ядерный оружейный комплекс;
- < атомную науку, технику и образование;
- < ядерную и радиационную безопасность;
- < выполнение международных обязательств в сфере использования атомной энергии.

Переходный период от ФААЭ к госкорпорации продлился несколько лет. В атомно-энергетическом комплексе раньше всех были реализованы структурные изменения: был создан Атомэнергпром, и целый ряд предприятий и организаций были акционированы. Длительно обсуждались предложения об акционировании предприятий ядерного оружейного комплекса. Однако к концу 2012 г. на самом высоком государственном уровне было принято решение о нецелесообразности такого реформирования

ЯОК. Затем в середине 2013 г. были внесены поправки в Федеральный закон о Госкорпорации «Росатом», согласно которым ведущим предприятиям ЯОК присваивается статус федеральных ядерных организаций, акционирование которых может быть осуществлено только по указу Президента Российской Федерации.

В эти годы, начиная с 2008-го, в работе предприятий ЯОК, в том числе и РФЯЦ – ВНИИТФ, произошли серьезные изменения в порядке планирования, отчетности и финансирования НИОКР, оплаты труда, в соотношении работ по основной и конверсионной тематике (в пользу последней), в подготовке и обучении кадрового резерва и назначении руководителей всех уровней, в вопросах разработки и реализации единой корпоративной социальной политики и структурной перестройки.

В этих условиях институт продолжает выполнять государственный оборонный заказ по соответствующим разделам государственной программы вооружений и постепенно наращивает объемы выпуска прочей продукции. Удалось поднять заработную плату сотрудников до уровня, заметно превышающего оплату труда в соответствующем промышленном регионе, обеспечить достойный социальный пакет не только работающим, но и ветеранам, вышедшим на пенсию, оказать существенную помощь в строительстве и приобретении жилья.

Институт активно участвует в реализации отраслевых проектов Госкорпорации «Росатом»:

- < производственная система Росатома (ПСР);
- < кадровый резерв («Таланты Росатома», «Капитал Росатома», «Достояние Росатома»);
- < вовлеченность в дела отрасли;
- < территория культуры Росатома;
- < корпоративные СМИ (газета, радио- и телепередачи «Страна Росатом»).

РФЯЦ – ВНИИТФ существенно продвинулся в техническом перевооружении производственной, испытательной и вычислительной базы.



Успешно осваиваются средства, выделяемые на капитальное строительство: ежегодно сдаются в эксплуатацию от 2 до 7 производственных объектов. Обновляются системы обеспечения физической защиты особо важных зданий, сооружений и рабочих площадок.

За последние семь лет в условиях продолжающегося моратория на ядерные испытания разработчики ядерных зарядов и ядерных боеприпасов института, используя результаты ранее проведенных испытаний и современных методов расчетно-теоретического моделирования, осуществляют модернизацию изделий прежней разработки и сдают на вооружение новые, современные, более надежные и безопасные образцы боеприпасов.

Так, в этот период разработана и сдана на вооружение современная авиабомба для оснащения самолетов дальней авиации (главный конструктор С. Г. Андреев, ведущие специалисты Ю. В. Филимонов, Ю. Е. Южанин), завершена разработка специальной авиабомбы для самолетов четвертого и пятого поколений (главный конструктор С. Г. Андреев, ведущие специалисты А. В. Шубин и В. И. Новиков). Разработан и сдан на вооружение унифицированный боевой блок нового поколения, предназначенный для оснащения ракетных комплексов РВСН и ВМФ (главный конструктор С. Г. Андреев, ведущие специалисты А. В. Моисеев, Э. Е. Ершов).

Существенные сдвиги наметились в производстве продукции конверсионного направления. Объем фактически изготавливаемых блоков, приборов, иных услуг практически в полной мере соответствует плановым заданиям, определяемым руководством Госкорпорации «Росатом».

За время, прошедшее с 2008 г., многие сотрудники института удостоены званий лауреатов престижных премий и награждены государственными наградами. Так, в 2010 г. Г. Н. Рыкованов и Б. Н. Сирота стали лауреатами

государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий. Как известно, количество этих ежегодно присуждаемых государственных премий было существенно сокращено по сравнению с ранее присуждавшимися Госпремиями в области науки и техники, и теперь они присуждаются только за особо выдающиеся работы, в том числе и в области обороны.

За рассматриваемый период более 60 сотрудников института удостоены званий лауреатов премии Правительства Российской Федерации, более 300 человек награждено орденами и медалями РФ, 85 сотрудников удостоено званий лауреатов институтских премий имени выдающихся ученых и руководителей ВНИИТФ.

В 2012–2013 гг. произошли определенные изменения в руководстве института. В 2012 г. директором РФЯЦ – ВНИИТФ был назначен Михаил Евгеньевич Железнов. Научным руководителем института стал Георгий Николаевич Рыкованов. В 2013 г. главным инженером назначен Владимир Валерьевич Знаменский, первым заместителем директора института – Сергей Игоревич Вампилов. На ряд других руководящих должностей назначены молодые перспективные сотрудники.

Продолжается рост научной квалификации кадров: с 2008 по 2014 г. защищено 10 докторских и 65 кандидатских диссертаций, 70 сотрудников прошли обучение в аспирантуре.

В 2013 г. на базе Физико-технологического института Уральского федерального университета имени первого Президента Российской Федерации Б. Н. Ельцина создана кафедра «Физика высокоэнергетических процессов», которую возглавил академик Г. Н. Рыкованов. На ней будет вестись подготовка специалистов, в том числе и для РФЯЦ – ВНИИТФ.



## Общие сведения об институте

Во ВНИИТФ действует три диссертационных совета по защите кандидатских и докторских диссертаций, работает институт соискательства и аспирантуры. За весь период деятельности ВНИИТФ в нем трудились три действительных члена и три члена-корреспондента Академии наук, 46 докторов физико-математических наук, 48 докторов технических наук, 204 кандидата физико-математических наук, 276 кандидатов технических наук, 4 кандидата химических наук, 2 кандидата экономических и 1 кандидат философских наук.

В настоящее время во ВНИИТФ работают 2 академика РАН, 9 профессоров, 39 докторов и 185 кандидатов наук. Ряд ученых являются членами других академий и зарубежных научных обществ. В аспирантуре и методом соискательства идет подготовка более 70 специалистов к защите кандидатских диссертаций. Ведущие ученые-профессора, доктора и кандидаты наук преподают в Снежинском физико-техническом институте – филиале НИЯУ МИФИ и в УрФУ им. Б. Н. Ельцина.

За годы, прошедшие со дня основания института, его работниками подано 2900 заявок на изобретения и полезные модели, получено более 1500 охранных документов (авторских свидетельств и патентов). Внедрено в общей сложности более 1900 собственных и заимствованных изобретений. Сотни изобретений заложены в документацию на объекты техники и технологии, которая разработана в институте и передана на предприятия серийного производства.

Постоянное внимание в текущей деятельности института уделяется вопросам обеспечения специалистов научно-технической информацией, необходимой для проведения НИР и ОКР, представлению научных и инженерных разработок института в российском и международном обмене информацией, комплектованию фондов литературы.

Научно-техническая библиотека РФЯЦ – ВНИИТФ за годы своего существования стала одной из крупнейших в Уральском регионе (свыше 700 000 единиц хранения).

Ежегодно обеспечивается подписка на иностранную (более 60 наименований) и российскую периодику (более 360 наименований), приобретает большое количество книг, внедряются современные информационные технологии для обеспечения запросов читателей.

Ежегодно свыше 300 докладов и рукописей статей представляются для опубликования на конференциях и в различных журналах (в том числе в ведомственном журнале «Вопросы атомной науки и техники»).

В рамках издательской деятельности с 1991 г. вышли в свет более 60 книг, сборников и монографий, свыше 250 препринтов.

Уделяется внимание изданию материалов по истории института и увековечиванию памяти его руководителей и специалистов (более 20 изданий).

На всех этапах своей деятельности институт тесно сотрудничал и сотрудничает со многими смежными организациями СССР и России. Среди них есть предприятия из разряда «друзей-соперников», активно участвующие в конкурсах на право получения заказа по разработкам и придиричиво экспертирующие результаты выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Есть организации, разрабатывающие носители, ядерное оснащение которых обеспечивает институт, и, естественно, в число смежников входят предприятия, изготавливающие разрабатываемые институтом изделия, и предприятия – разработчики проектной документации и поставки различных материалов и комплектующих изделий.

При выполнении фундаментальных и прикладных научных исследований институт





активно взаимодействует с институтами Российской академии наук и с отраслевыми НИИ.

В связи с особым характером основной тематики ВНИИТФ долгие годы не имел связей с зарубежными организациями.

Качественные изменения в области международного сотрудничества начались в 1986–1987 гг., когда велась подготовка к полномасштабным переговорам по выработке протоколов к договорам об ограничении подземных испытаний ядерного оружия и о мирных ядерных взрывах. В этот период представители института участвовали в международном форуме «За мир без ядерного оружия». Однако существенным прорывом института к широкому международному научно-техническому сотрудничеству стали подготовка и проведение совместного эксперимента по контролю (СЭК) за мощностью подземных ядерных взрывов на Невадском и Семипалатинском полигонах (1988 г.), когда широкой международной научной общественности стало официально известно о существовании и высоком уровне научного развития РФЯЦ – ВНИИТФ.

В начале 1992 г. ВНИИТФ посетил первый высокопоставленный иностранец – Государственный секретарь США г-н Дж. Бейкер. Одним из результатов этого визита стало ускорение подписания четырехстороннего (РФ, США, ЕС, Япония) Соглашения об организации Международного научно-технического центра (МНТЦ), главной целью которого было предоставление освобождающимся от оружейной деятельности ученым возможности заниматься открытыми научными исследованиями. Уже с марта 1994 г. такие проекты МНТЦ получили первое финансирование. Работа над их выполнением гарантировала резкое ограничение (а в отношении разработчиков ядерного оружия – исключение) так называемой «утечки мозгов» и способствовала нераспространению знаний и технологий оружия массового поражения.

После такого старта (1988–1992 гг.) РФЯЦ – ВНИИТФ существенно расширил сферу своей

международной научно-технической деятельности и к 2015 г. сотрудничает более чем с 30 зарубежными организациями, лабораториями и институтами. Среди них: в США – Лос-Аламосская национальная лаборатория, Ливерморская национальная лаборатория им. Лоуренса, Сандийские национальные лаборатории, Тихоокеанская национальная лаборатория, Иллинойский университет, Аргоннская национальная лаборатория, Окриджская национальная лаборатория, Брукхейвенская национальная лаборатория, Министерство энергетики, Агентство по контролю за вооружениями и разоружением, Генеральное консульство в Екатеринбурге и др.; в Великобритании – ядерный центр в Олдермастоне, Министерство торговли и промышленности; во Франции – Комиссия по атомной энергии, объединение «Кожема»; в Германии – Институт радиационной биологии, Федеральный исследовательский центр; в Японии – Ассоциация и Фонд исследования радиационных эффектов; в Китае – институты Китайской академии инженерной физики; в Италии – Объединенный исследовательский центр «Евроатом»; в Швейцарии – CERN; в Австрии – МАГАТЭ, ОДВЗЯИ, ГЯП; в Казахстане – ИАЭ и НЯЦ.

Высшими государственными наградами, орденами и медалями за 60 лет деятельности института награждены около 10,5 тыс. сотрудников. Среди них:

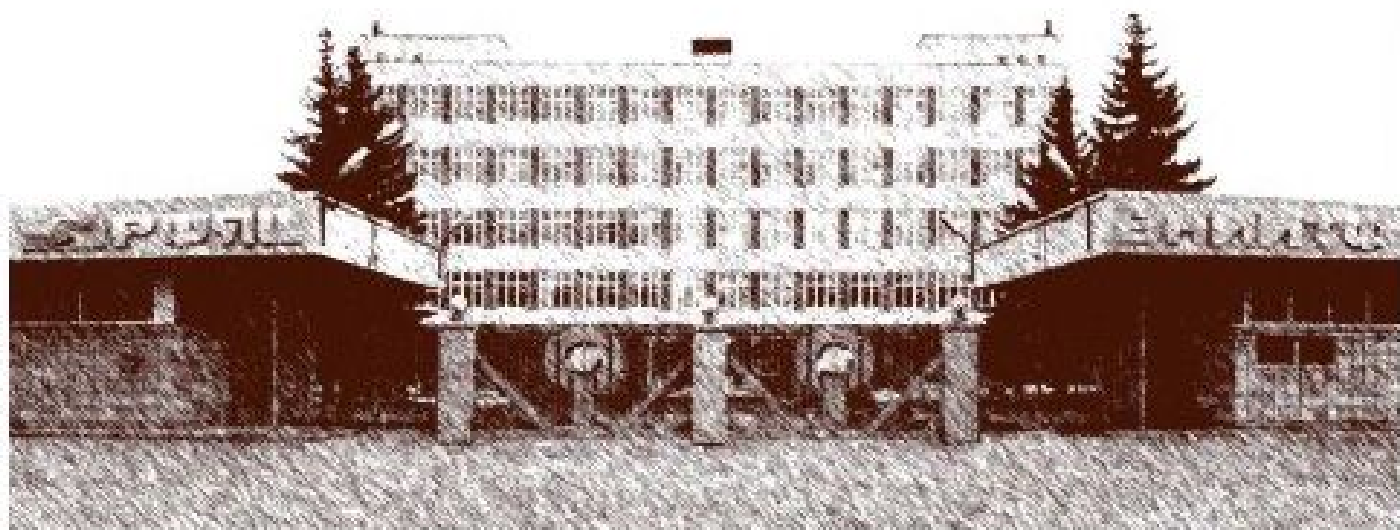
- < Героев Социалистического Труда – 9 человек.
- < Кавалеров орденов:
  - «За заслуги перед Отечеством» – 12 человек;
  - Ленина – 70 человек;
  - Октябрьской Революции – 48 человек;
  - Трудового Красного Знамени – 292 человека;
  - Почета и Знак Почета – 498 человек;
  - Дружбы и Дружбы Народов – 43 человека;
  - Трудовой Славы – 276 человек;
  - Красной Звезды – 10 человек.
- < Награждено медалями – более 8100 человек.



В настоящее время РФЯЦ – ВНИИТФ является одним из ведущих научно-исследовательских институтов мирового уровня, обеспечивающим разработку и авторское сопровождение ядерных зарядов и ядерных боеприпасов, составляющих основу стратегических и нестратегических ядерных вооружений России.

Используя знания, опыт и созданную за годы разработки ядерного оружия вычислительную, экспериментальную и производственную базу, институт занимается широким спектром фундаментальных и прикладных научных исследований и выпуском гражданской продукции.

**Девиз института: «ИНТЕЛЛЕКТ И ОПЫТ – НА БЛАГО РОССИИ»**



**Директора и научные руководители  
РФЯЦ – ВНИИТФ имени академика Е. И. Забабахина**



**Д. Е. Васильев,**  
директор (1955–1961)



**В. В. Дубицкий,**  
и. о. директора  
(апрель–август 1961 г.)



**Б. Н. Леденёв,**  
директор (1961–1964)



**Г. П. Ломинский,**  
директор (1964–1988)



**В. З. Нечай,**  
директор (1988–1996)



**Е. Н. Авжурин,**  
научный руководитель  
(1985–2007),  
директор (1996–1998)



**Г. Н. Рыкованов,**  
директор (с 1998 г.),  
директор – научный  
руководитель  
(2007–2012)  
научный руководитель  
(с 2012 г.)



**М. Е. Железов,**  
директор (с 2012 г.)



**К. И. Шелкин,**  
научный руководитель  
(1955–1960)



**Е. И. Забабахин,**  
научный руководитель  
(1960–1984)

Главные конструктора  
РФЯЦ – ВНИИТФ имени академика Е. И. Забабахина

По первому тематическому направлению



Б. Н. Леденёв  
(1960–1961)



Б. В. Литвинов  
(1961–1965, 1968–1997)



А. Н. Аверин  
(1997–2013)



Д. В. Петров  
(с 2013 г.)

По второму тематическому направлению



А. Д. Захаренков  
(1960–1967)



Л. Ф. Клопов  
(1967–1972)



О. Н. Тихонов  
(1972–1981)



В. А. Верниковский  
(1981–1989)



А. Н. Сеньягин  
(1989–2002)

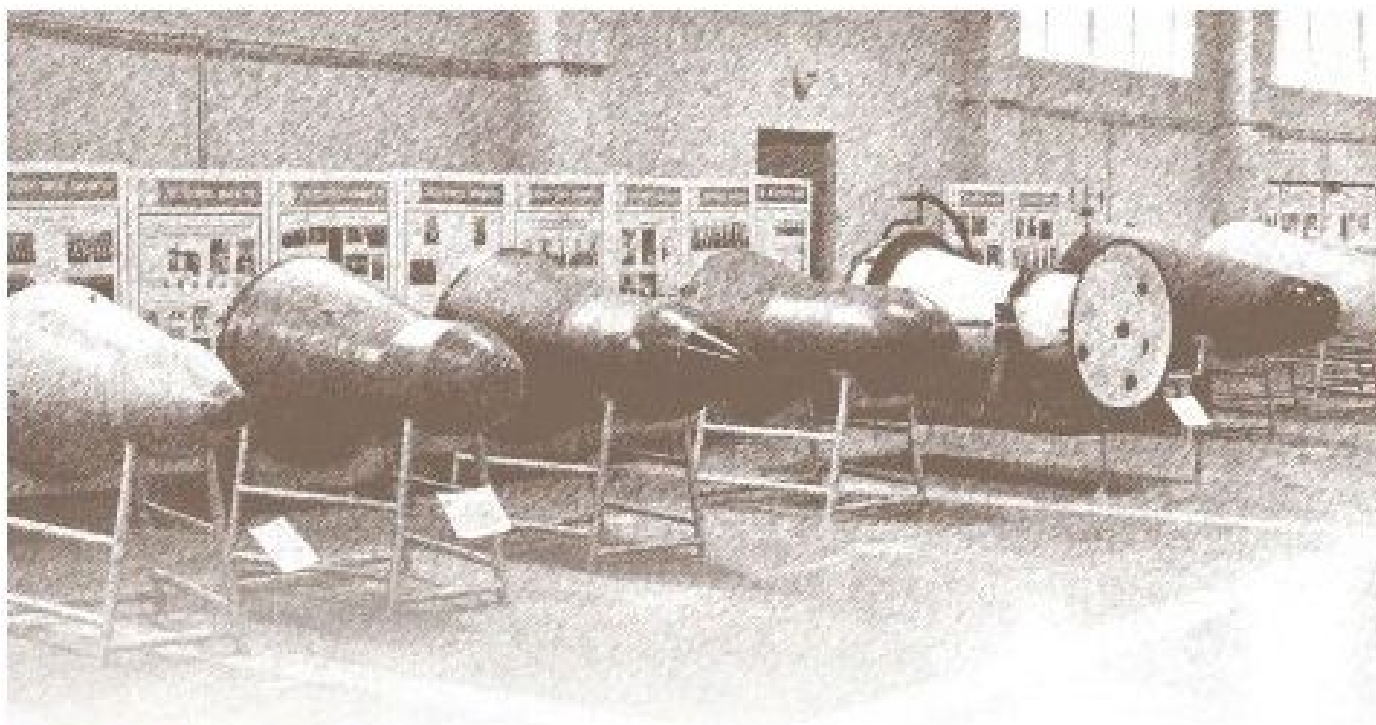


Г. Д. Зеленкин  
(2002–2007)



С. Г. Андреев  
(с 2007 г.)





## **ЧАСТЬ I. ЯДЕРНЫЕ ЗАРЯДЫ И БОЕПРИПАСЫ, ЯДЕРНО-ВЗРЫВНЫЕ УСТРОЙСТВА**

### **1.1. Разработка ядерных зарядов. Теоретические и газодинамические исследования, проектно-конструкторские работы**

Научно-теоретические, газодинамическое и научно-конструкторские отделения РФЯЦ – ВНИИТФ являются основными структурными подразделениями, осуществляющими расчетно-теоретическое, исследовательское и проектное обеспечение разработок ЯЗ на всех этапах их жизненного цикла, начиная от поисковых расчетов и экспериментов по выбору, оптимизации и обоснованию физической схемы, заканчивая авторским сопровождением серийной продукции.

В начале 1955 г. приказом по Министерству среднего машиностроения СССР образованы два теоретических сектора. Первый – физический сектор (руководитель Ю. А. Романов) отвечал за разработку термоядерных зарядов, второй – теоретической газодинамики (руководитель Е. И. Забабахин) – за разработку первичных ЯЗ. Разделение теоретиков на два сектора было в значительной мере формальным, т. к. все возникающие задачи обсуждались и решались совместно. В сентябре 1955 г. переведенные из

КБ-11 (ныне РФЯЦ – ВНИИЭФ, г. Саров Нижегородской обл.) 12 сотрудников секторов 1 и 2 и несколько математиков спецшелоном первыми прибыли на Урал.

Теоретические сектора формировались из лучших выпускников физического факультета МГУ, а затем – МИФИ. В 1967 г. 1-й и 2-й сектора объединили. Начальником объединенного сектора стал Л. П. Феокистов. В 1977 г. сектор возглавил Е. Н. Аврорин. С 1985 г. начальником отделения работал В. З. Нечая. В 1988 г. и. о. начальника был Ю. М. Кузнецов, в 1989 г. начальником теоретического отделения стал В. А. Симоненко.

В 1995 г. решением министра МАЭ РФ В. Н. Михайлова в институте появились два теоретических отделения – НТО-1 и НТО-2. В НТО-1 были собраны сотрудники, непосредственно занимавшиеся как разработкой и сопровождением ядерных зарядов всех типов, так и фундаментальными вопросами, тесно связанными с зарядной тематикой. Начальником



отделения был назначен Г. Н. Рыкованов (1995–1998). С 1999 г. НТО-1 возглавлял А. В. Андрияш, а с 2009 г. – К. Ф. Гребёнкин. Среди теоретиков – 5 Героев Социалистического Труда: Ю. А. Романов (1953), Е. И. Забабахин (1954), Е. Н. Аврорин (1966), Л. П. Феоктистов (1966), М. П. Шумаев (1971). Научными руководителями института были Е. И. Забабахин (1960–1984), Е. Н. Аврорин (1985–2006), Г. Н. Рыкованов (с 2007 г.); директорами – В. З. Нечай (1988–1996), Е. Н. Аврорин (1996–1998), Г. Н. Рыкованов (1998–2012). Четыре руководителя теоретического отделения стали академиками – Е. И. Забабахин, Е. Н. Аврорин, Л. П. Феоктистов, Г. Н. Рыкованов.

Безусловно, вклад НТО-1 в работу института во многом является определяющим. Идея новых типов конструкций зарядов и конкретные предложения по выполнению требований заказчика исходят обычно из этого отделения, выполняющего роль мозгового центра института.

В то же время, в связи с появлением в историческом плане новых, всё более жестких и разнообразных требований заказчика к комплексам и системам ядерного оружия и, как следствие, к ядерным зарядам и ядерным боеприпасам происходило усиление роли проектно-конструкторских работ, характерных для начального этапа создания конструкции, а в более поздний период, после введения моратория на полномасштабные испытания, работ, связанных с повышением надежности и безопасности ЯЗ и ЯБП.

В конце 1960-х годов в США развернулись интенсивные работы по созданию ПРО. Кроме этого стало известно, что США значительно продвинулись в процессе создания разделяющихся головных частей, и на носитель стало возможным устанавливать несколько боевых блоков.

С учетом этого стало понятно, что для поддержания ядерного паритета СССР необходимо было переходить на создание разделяющихся головных частей и высокоскоростных малогабаритных блоков для них. Началась эра кон-

струирования ядерных зарядов с заданным соотношением энерговыделения к массе.

В этой связи на начальной стадии создания ЯБП для перспективных стратегических ракетных комплексов (РК) необходимо было тщательное обоснование будущей конструкции ядерного заряда с учетом необходимой формы ЯБП, его аэродинамических характеристик, возможностей носителя и других факторов.

Необходимым условием проведения научно-исследовательских работ по обоснованию характеристик перспективных ЯЗ и ЯБП стало более тесное взаимодействие разработчиков ЯЗ с заказчиком (Министерство обороны) и создателями стратегических РК.

С целью проведения работ по обоснованию разработок перспективных ядерных зарядов для вновь создаваемых комплексов в 1970 г. в КБ-1, наряду с существующим научно-конструкторским отделением по разработке ядерных зарядов (НКО-6), возглавляемым Н. Н. Криулькиным, а затем Ф. Ф. Желобановым, было создано научно-конструкторское отделение по разработке термоядерных зарядов (НКО-10), которое возглавил Н. В. Бронников, а затем его сменил Ю. А. Иванов. В состав НКО-10 вошли конструкторские отделы по разработке изделий для перспективных стратегических и тактических носителей (начальники отделов Ю. К. Чернышев и Ю. Н. Глухих) и проектная лаборатория концептуальных исследований, позднее получившая статус отдела под руководством И. С. Карпова и, далее, усилиями Р. И. Вознюка преобразованная в Центр системных исследований и разработок.

Большую помощь и поддержку в процессе работы по обоснованию характеристик ЯЗ оказывали наши выдающиеся ученые Е. И. Забабахин и Б. В. Литвинов, являвшийся главным конструктором института по разработке ЯЗ. Постоянное внимание проектным работам оказывал первый заместитель главного конструктора П. И. Коблов.



В результате в 1970–1980-х годах в тесном сотрудничестве теоретиков, газодинамиков и конструкторов были разработаны ядерные заряды и боевые блоки для стратегических носителей РК РВСН и ВМФ малого и среднего класса мощности, модификации которых находятся на вооружении и в настоящее время.

Существенный вклад внесли сотрудники конструкторского отделения и в разработку проектов зарядов нестратегических ядерных вооружений: механизмов переключения мощности и обеспечения высокой прочности для авиабомб.

При создании заряда теоретики-разработчики поддерживают взаимодействие с различными подразделениями института. В тесном контакте с математиками производится расчетно-теоретическое обоснование энергетической эффективности заряда, поражающих факторов и стойкости к поражающим факторам ядерных взрывов, проверка выполнения требований критмассовой и ядерно-взрывной безопасности, оценка параметров надежности и т. д.

По вопросам газодинамической отработки заряда теоретики контактируют с экспериментаторами отделения экспериментальной газодинамики, по вопросам физических измерений – с отделением экспериментальной физики и научно-испытательным отделением по внешним испытаниям ядерных зарядов.

Вопросы конструкции и технологии решаются совместно с отделением конструирования ядерных зарядов и научно-исследовательским технологическим отделением.

Теоретики-разработчики присутствуют при сборке опытных образцов зарядов на Государственных заводах № 1 и № 2. При проведении испытаний зарядов на полигонах они обычно назначаются научными руководителями опытов.

Общаясь с представителями многих подразделений, теоретики формулируют проблемы, выдают технические задания, отвечают на возникающие вопросы и совместно с другими ис-

полнителями анализируют полученные результаты.

Работы по ядерному оружию составляют главное направление научно-производственной деятельности НТО-1. Первый термоядерный заряд советского арсенала, принятый на вооружение (1957), был разработан теоретиками НИИ-1011. Генератором многих идей, положивших начало целым направлениям ядерного зарядостроения, был Л. П. Феоктистов. Реализация физической идеи Л. П. Феоктистова позволила совершить качественный скачок в миниатюризации отечественных ядерных зарядов, что имело решающее значение при разработке ядерного оснащения многоблочных боеголовок ракетных комплексов ВМФ СССР.

Целое поколение ядерных зарядов было разработано теоретиками НТО-1 под руководством М. П. Шумаева и В. З. Нечая. В частности, к ним относятся все ЯЗ для авиабомб, в т. ч. обладающие специальными свойствами.

Сложной задачей было создание ЯЗ для артиллерийских снарядов минимального калибра. Необходимо было добиться живучести системы в условиях очень высоких перегрузок, характерных для артиллерийского выстрела. Теоретиками НТО-1 под руководством Ю. С. Вахрамеева совместно с конструкторами под руководством Б. В. Литвинова и В. Д. Кирюшкина, газодинамиками и испытателями задача была успешно решена.

Важным направлением работ теоретического отделения стало проведение специальных физических опытов для изучения свойств веществ в области высоких плотностей энергии (Е. Н. Аврорин, В. А. Симоненко), а также поражающих характеристик ядерного взрыва (Ю. А. Романов, В. Б. Розанов, В. З. Нечай).

При создании боевых частей (БЧ) для стратегических морских комплексов особенно остро встала задача сокращения веса и габаритов при одновременном значительном повышении удельной мощности. Проблема реша-



лась как по линии улучшения первичных узлов (В. З. Нечай, С. А. Рогожин), так и путем разработки и экспериментальной проверки нескольких концептуально новых схем для повышения энерговыделения основного узла (Ю. Н. Диков, Б. М. Мурашкин). Удалось за счет лучших компоновочных и весовых характеристик заметно увеличить количество боевых блоков на одной ракете при одновременном увеличении удельной мощности вдвое. Наилучшие из зарядов данного класса были приняты на вооружение и составляют основу ядерного оснащения стратегических сил ВМФ РФ.

После запрета воздушных испытаний возникла и была успешно решена задача разработки технологии подземных взрывов и создания соответствующих методик физических измерений (В. А. Симоненко).

В НТО-1 Ю. С. Вахрамеевым была предложена конструкция первичного узла, позволившая инициировать термоядерное горение при минимальной энергии деления. Эта не имеющая аналогов в мире физическая схема нашла широкое применение как во ВНИИТФ, так и во ВНИИЭФ во многих физических опытах, а также при создании «чистых» промышленных зарядов.

Сотрудники НТО-1 работают не только над созданием оружия. Их творческий потенциал направлен и на решение задач по применению ядерной энергии в мирных целях. Они обеспечивали расчетно-теоретическое сопровождение разработки и реализации промышленного использования ядерно-взрывных устройств для дробления руды, прокладки каналов, камуфлетных взрывов (с целью создания подземных емкостей, сейсморазведки и тушения пожаров на нефтяных и газовых скважинах). Успешному применению ЯВУ способствовали их компактность, высокая плотность энергии.

В условиях моратория на ядерные испытания резко возрастают требования к точности и обоснованности используемых физических моделей и глубине понимания физических процес-

сов, происходящих при работе ядерных и термоядерных зарядов. Основные направления работ по ядерному оружию в условиях запрещения испытаний: модернизация зарядов боезапаса с целью повышения их эксплуатационной безопасности; авторский надзор в процессе эксплуатации; создание новых уточненных физических моделей процессов, протекающих при работе ядерных и термоядерных зарядов; развитие откалиброванных с помощью ретроспективного анализа проведенных ядерных испытаний технологий расчетно-теоретического моделирования физических процессов при взрыве ЯЗ; практическое применение результатов расчетов к проблеме обеспечения безопасности и надежности ЯВП; виртуальное моделирование проведенных ядерных испытаний в целях модернизации существующих и разработки новых ядерных зарядов.

В программе работ НТО-1, в том числе в интересах поддержания боевого запаса и создания новых видов оружия, – фундаментальные исследования в области кумуляции энергии, физики высоких давлений и температур, физики высокотемпературной плазмы, преобразования ядерной энергии в лазерное излучение, физики турбулентного движения, управляемого термоядерного синтеза, а также сотрудничество с Европейской организацией по ядерным исследованиям (CERN).

Цель исследований, проводимых в тесном сотрудничестве с другими научными подразделениями института, – получение новых знаний о физических процессах и явлениях, которые могут быть использованы при совершенствовании ядерного оружия, повышении его надежности и безопасности, а также изучение перспектив создания энергетики будущего с использованием ядерных и термоядерных реакций.

Отсутствие полномасштабных испытаний ядерного оружия повысило роль расчетно-теоретических и лабораторных исследований





физических процессов и явлений, протекающих в ядерных зарядах, и моделирования воздействия поражающих факторов ядерного взрыва. Приоритетными направлениями фундаментальных исследований являются работы в области физики высоких плотностей энергии, моделирования процессов и явлений, происходящих в ядерных зарядах. Исследования предполагают создание теоретических и математических моделей процессов кинетики детонации взрывчатых составов, упругопластических и термодинамических свойств веществ; пробегов излучения в плазме при высоких температурах, многомерных газодинамических течений вещества с учетом переноса энергии неравновесным излучением; гидродинамических неустойчивостей и турбулентного перемешивания; переноса нейтронов, кинетики ядерных и термоядерных реакций.

Изыскания в области создания мощных лазерных и электрофизических установок заставляют ученых отделения самым внимательным образом анализировать возможности их использования в интересах разработки фи-

зических основ ядерных оружейных и энергетических технологий. В перспективе высокоэнергетические физические установки позволят осуществить термоядерное зажигание микромишеней и достичь плотностей и температуры плазмы, которые ранее были возможны только при натуральных ядерных испытаниях.

Актуальное и успешно проводимое направление фундаментальных исследований ИТО-1 – изучение перспектив различных подходов к термоядерному зажиганию микромишеней с использованием мощных лазерных и электрофизических установок.

Отмечен значительный прогресс в области создания мощных лазеров с пико- и фемтосекундной длительностью импульса. Помимо перспектив применения таких лазеров для решения фундаментальных проблем, интенсивное развитие этой области физики и техники связывается в первую очередь с возможностью инициирования ядерных процессов в условиях лазерной сверхплотной плазмы. В отделении проводятся теоретические исследования и анализ экспери-



Слева направо: Л. И. Шибаршов, В. З. Нечай, Е. И. Забабахин, Е. Н. Аврорин, В. А. Стаханов, М. П. Шумаев



ментальных данных по использованию мощных пико- и фемтосекундных лазеров для иницирования ядерных реакций, генерации высокоэнергетических протонов, тяжелых ионов и узконаправленных пучков релятивистских электронов.

Астрофизика всегда была источником новых физических теорий и полей для проверки существующих моделей. Особый интерес она представляет для разработчиков ядерного оружия. Многие физические теории используются для моделирования и ядерных зарядов, и астрофизических явлений. Современные астрофизические станции ведут наблюдение с высоким пространственным и временным разрешением во всех диапазонах энергий. Расчетно-теоретические работы по изучению термоядерных взрывных астрофизических явлений (вспышки сверхновых и новых звезд, рентгеновские и гамма-барстеры) и астероидной опасности

представляют одно из интересных направлений фундаментальных исследований, которые относительно недавно стали проводиться молодыми теоретиками НТО-1.

Проектно-конструкторские разработки и газодинамические исследования в области ядерного зарядостроения осуществляются комплексной группой подразделений КБ-1, которую возглавляли главные конструктора НИИ-1011 (РФЯЦ – ВНИИТФ) К. И. Шёлкин, Б. В. Литвинов, А. Д. Захаренков, А. Н. Аверин. В настоящее время КБ-1 возглавляет Д. В. Петров.

Перед коллективом КБ-1 в настоящее время стоят особые задачи по разработке ядерных зарядов в условиях отсутствия полномасштабных ядерных испытаний, частичной утраты критических технологий и разрушения прежних кооперационных связей.

## 1.2. Ядерные авиабомбы: от первых образцов до современного оснащения ВВС и ВМФ. Разработки начального этапа

В сложных условиях первого организационного периода 1955–1960 гг. коллектив института разрабатывал ядерные и термоядерные заряды оригинальной конструкции. На базе этих ЯЗ были созданы стратегические авиабомбы, длительное время стоявшие на вооружении Советской Армии. Самая общая характеристика этих работ заключается в том, что они велись на границе технических требований заказчика и технических возможностей разработчика.

Изначально проекты НИИ-1011 являлись продолжением разработок КБ-11 на основе испытанных или подготовленных к испытаниям образцов ЯЗ.

Во вновь образованном уральском ядерном центре первым созданным ЯБП оказалась ставшая уникальной самая мощная в мире бомба, макет которой экспонируется в Музее ядерного оружия ВНИИТФ.

Это была супербомба с термоядерным зарядом, разработанным КБ-11, расчетной мощностью 30 Мт, с впечатляющими размерами: диаметром 2 м, длиной 8 м и массой около 25 т. Предназначалась она для испытаний заряда в 1957 г., которые были отменены. В 1962 г. корпус, автоматика и парашютная система этой бомбы были использованы для натурных испытаний заряда ВНИИЭФ мощностью 100 Мт. Но испытания были проведены не на полную мощность, а лишь на половину проектного значения – 50 Мт, с воздушным подрывом на высоте 4,5 км в районе Новой Земли.

Большие габариты и масса бомбы, обусловленные мощностью заряда, породили ряд технических проблем. Первой из них был выбор самолета-носителя. В качестве носителей рассматривались стратегические бомбардировщики Ту-95 и МЗ. Был выбран Ту-95 как наиболее



подходящий и по грузоподъемности, и по своим конструктивным особенностям: у него были достаточно высокие и широко разнесенные стойки шасси, тогда как МЗ стоял на узком и низком шасси велосипедного типа. Бомба диаметром 2 м в бомбоотсеке Ту-95 не помещалась, и самолет нужно было дорабатывать. Вместо бомбоотсека в фюзеляже была сделана ниша, в которую бомба входила примерно на 1/3 диаметра, остальной частью оставаясь снаружи.

Создание высокоэффективной тормозной парашютной системы было второй проблемой, которую необходимо было решить для обеспечения безопасности экипажа и самолета при испытательном сбросе. Она была решена НИИ парашютно-десантных средств при непосредственном участии нашего института. Площадь основного купола парашюта составила 1600 м<sup>2</sup>, что позволяло замедлить снижение авиабомбы и уйти самолету-носителю на безопасное расстояние от места взрыва. В дальнейшем корпус авиабомбы, а также ее уникальная парашютная система были использованы для натуральных испытаний самых мощных ЯЗ как ВНИИТФ, так и ВНИИЭФ, а парашютная система кроме того применялась для возвращения на Землю космических объектов. Эта первая совместная работа положила начало многолетнему творческому сотрудничеству ВНИИТФ с НИИ парашютно-десантных средств в части создания высокоэффективных систем торможения специальных авиабомб различного назначения.

В конструкции этого единственного в своем роде ЯБП был воплощен целый ряд технических новшеств, которых не было ранее в подобных разработках:

1. ЯЗ, разработанный ВНИИТФ, был уникальным. Подобные «трехмодульные» заряды в других ЯБП, созданные ВНИИТФ, более не применялись. Компоновку заряда выполнял Юрий Николаевич Емелев (отделение разработки ЯЗ).
2. На задней сфере ЯЗ вместо блока фидеров, имевшего вид «большой лепешки» с отходящими многочисленными фидерами, представлявшими собой плотную паутину, почти без просветов опутывавшую и «затеняющую» поверхность ЯЗ (как делалось ранее во ВНИИЭФ), была впервые создана и смонтирована «прозрачная» для нонизирующего излучения так называемая «система кольцевой разводки» (СКР). Ее конструкцию разработал Ипполит Васильевич Просветов (отделение конструирования ЯБП). Через несколько лет на всех серийных заводах монтировались только системы, подобные СКР, что позволяло обеспечивать требуемую «прозрачность», высокую технологичность, простоту контроля при изготовлении ЯЗ и в процессе подготовки ЯБП к применению.
3. Система автоматики ЯБП, обеспечивающая по определенному алгоритму выдачу необходимых электрических сигналов-команд в заданный момент времени, в том числе на раскрытие парашютной системы и на срабатывание ЯЗ, была в первый и в последний раз выполнена во ВНИИТФ четырехканальной с перекрещиванием каналов и использованием в основном датчиков приборов и блока автоматики, ранее разработанных ВНИИЭФ. Для ЯБП впервые был разработан центральный блок разводки со жгутами связи с остальной автоматикой. Электрическая схема ЯБП разработана под руководством Николая Валентиновича Покровского (отделение приборов автоматики).
4. Парашютная система, созданная НИИ ПДС по техническому заданию ВНИИТФ специально для ЯБП, была также уникальной. В разработке парашютной системы принимал участие Владимир Дмитриевич Потеряев.
5. Баллистический корпус ЯБП был разработан во ВНИИТФ и имел стыки для технического обслуживания при снаряжении ЯЗ, при установке химических источников тока, при проведении контрольных проверок и других



работ в полигонных условиях. Компоновку ЯБП выполнил Павел Павлович Додонов (отделение конструирования ЯБП).

Следует отметить, что до середины 1958 г. выполнение конструкторских работ осложнялось отсутствием собственной производственной базы, сроки ввода которой затягивались. Несмотря на все трудности, к 1961 г. институтом были переданы в серийное производство и на вооружение Советской Армии две мощные термоядерные авиабомбы и начаты работы по созданию авиабомбы для самолетов фронтовой авиации (ФА) и глубокой противолодочной авиабомбы.

По требованию заказчика авиабомбы должны были допускать подвеску не только в бомбоотсеках самолетов (внутренняя подвеска), где они укрыты от внешних воздействий, но и снаружи, где они подвержены влиянию как атмосферных факторов, так и длительного аэродинамического нагрева и высоких механических нагрузок (наружная подвеска). Кроме того, авиабомбы должны были обеспечивать возможность бомбометания при любых режимах полета самолета-носителя (горизонтальный полет, кабрирование, пикирование) и во всем диапазоне высот и скоростей, доступных самолетам.

По назначению авиабомбы с некоторой степенью условности можно разделить на три типа: для стратегической и дальней авиации, для тактической и фронтовой авиации и авиабомбы для противолодочной авиации. По мере развития бомбового авиационного вооружения отличия между типами авиабомб становились всё менее отчетливыми: появились авиабомбы универсальные, которые могли применяться и стратегической, и фронтовой, а также и противолодочной авиацией.

Одной из основных составных частей авиабомбы является баллистический корпус, который должен удовлетворять комплексу требований:

< обеспечение размещения на носителях в соответствии с ТТЗ на разработку ЯБП;

< размещение ЯЗ, системы автоматики, тормозной системы;

< обеспечение устойчивости движения авиабомбы на траектории, сохранение прочности, герметичности и обеспечение допустимого уровня перегрузок на ЯЗ и приборы системы автоматики при применении изделия;

< обеспечение эксплуатационных характеристик изделий.

К 1960-м годам в отделе разработки ядерных авиабомб уже был накоплен существенный опыт по разработке и экспериментальной отработке корпусов авиабомб.

С точки зрения конструкторских задач разработка корпусов для ядерных авиабомб первых поколений не представляла большой сложности, так как режимы применения этих авиабомб не были столь разнообразны, как у авиабомб более поздних конструкций, и нагрузки, действующие на силовые элементы, были в основном статическими. Хвостовая часть предназначалась, как правило, для размещения тормозного устройства и для обеспечения устойчивости движения авиабомбы на траектории за счет хвостового оперения. В нее, как в ружейный патронник, вставлялся герметичный парашютный контейнер со всеми механизмами и пиротехникой, обеспечивающими его функционирование: введение в действие, перецепку и отцепку парашютов – согласно логике их работы.

Первыми образцами ЯБП, переданными ВНИИТФ в серийное производство, стали две крупногабаритные термоядерные авиабомбы разработки 1957–1959 гг. для оснащения самолетов дальней авиации. Оба этих образца содержали автоматику разработки ВНИИЭФ, в одном из них был также заряд ВНИИЭФ, в другом – более экономичный заряд разработки ВНИИТФ. Эти авиабомбы стояли на вооружении авиации ВВС до 1974 г., пока не были заменены более совершенными образцами.

Войсковая эксплуатация авиабомб была возможна только при положительных температурах



воздуха не ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ , что накладывало ряд ограничений, и поэтому потребовалось срочно создавать средства их эксплуатации в условиях аэродромов, так называемые подвижные ремонтно-технические базы: автомобильного (ПРТБА), железнодорожного (ПРТБЖ), самолетного (ПРТБС) и вертолетного (ПРТБВ) типов. После проработок от создания ПРТБЖ, ПРТБС, ПРТБВ отказались из-за высокой стоимости, и была создана ПРТБА (проект 5015 КБ АТО), по исходным данным ВНИИТФ. В работах участвовал Борис Тимофеевич Смажилюк (отделение испытаний и эксплуатации ЯБП).

Два указанных выше образца ЯБП оказались первыми в СССР ядерными авиабомбами, поступившими в войсковую эксплуатацию и находившимися на вооружении Военно-воздушных сил (ВВС) примерно 14 лет (до 1972 г.). Разработанные ЯБП предназначались только для внутрифюзеляжной подвески и боевого применения с самолета Ту-16 (первый в СССР дальний стратегический бомбардировщик с турбореактивными двигателями и стреловидным крылом, созданный в ОКБ А. Н. Туполева и с 1955 г. начавший поступать на вооружение ВВС) и самолета Ту-95.

После успешных натурных испытаний этих авиабомб решение задач по созданию ядерных авиабомб для оснащения авиации ВВС и ВМФ было полностью возложено на НИИ-1011. С этого времени институт является единственным разработчиком специального бомбового вооружения – стратегического, оперативно-тактического и тактического ЯО авиации ВВС и ВМФ.

#### *Авиабомбы фронтовой авиации*

Примерно в 1958 г. в СССР ОКБ П. О. Сухого, в противовес американским самолетам «Fantom» с ядерными авиабомбами на борту, были разработаны и переданы на вооружение ВВС многоцелевые истребители-бомбардировщики Су-7Б, Су-7БМ, для боевого оснащения

которых потребовалась ядерная авиабомба с внешней подвеской.

В 1957 г. в инициативном порядке во ВНИИТФ была начата разработка авиабомбы, предназначавшейся для вооружения таких носителей фронтовой авиации. Следует отметить, что в зоне действия ФА отсутствуют стратегические цели, для поражения которых требуются сверхмощные заряды, наоборот – нужна умеренная мощность взрыва. Поэтому для повышения боевой эффективности самолетов-носителей ФА (бомбардировочной, истребительно-бомбардировочной и штурмовой) требовалось решить задачу создания малогабаритных ядерных авиабомб, допускающих не только внутреннее размещение, но и наружную подвеску на самолетах-носителях. При этом авиабомбы при наружной подвеске должны обладать аэродинамическими характеристиками, не ухудшающими летно-технические характеристики (ЛТХ) самолетов, и сохранять работоспособность в условиях длительного аэродинамического нагрева и действия интенсивных вибрационных нагрузок при транспортировании со сверхзвуковыми скоростями в район цели.

В конце 1950-х годов специалистами института была предложена, проработана, а Министерством обороны одобрена концепция создания ядерных авиабомб для применения со сверхзвуковых истребителей, штурмовиков и истребителей-бомбардировщиков ФА с обеспечением наружной подвески. По результатам такой проработки постановлением ЦК КПСС и СМ СССР создание малогабаритной авиабомбы тактического назначения было поручено НИИ-1011.

Этот ЯБП стал первой в СССР авиабомбой с термозащитой и индивидуальным обогревом блока источников питания, что обеспечивало внешнюю подвеску на носитель. Ни один прибор, ранее разработанный во ВНИИЭФ, не мог быть использован в таком ЯБП из-за их



больших габаритов и массы. Во ВНИИТФ были разработаны малогабаритные датчики и приборы, которых ранее просто не существовало.

Наружная подвеска авиабомбы потребовала существенного изменения конструкции по сравнению с ранее разработанными изделиями. Для уменьшения влияния аэродинамических характеристик бомбы на ЛТХ самолетов-носителей она имела плавные обводы, большое удлинение и заостренную головную часть оживальной формы. Кроме того, потребовалось обеспечить защиту снаряжения авиабомбы от аэродинамического нагрева.

В целях упрощения проверок ЯБП в наземных условиях была предложена новая концепция системы контроля и разработан специальный пульт-стенд.

Для контроля высоковольтной автоматики с нейтронными импульсами вместо осциллографического стенда-шкафа ВНИИЭФ был разработан компактный малогабаритный пульт-стенд ВНИИТФ.

С созданием такого образца ядерного оружия впервые на вооружении ВВС появилась рассчитанная на наружную подвеску малогабаритная авиабомба с высокими тактико-техническими характеристиками, не имеющая аналогов в отечественной и мировой практике.

Разработка авиабомбы была проведена с 1958 по 1963 г.

Впоследствии этот ЯБП подвергся модернизации, в результате которой было создано несколько его модификаций с улучшенными тактико-техническими и эксплуатационными характеристиками.

В 1963 г. институт приступил к разработке авиабомбы для ФА с датчиками воздушного и контактного подрыва при бомбометании с пикирования, кабрирования и горизонтального полета.

Отработка авиабомбы была завершена в 1967 г. По габаритным размерам, аэродинамическим обводам, а также элементам сопря-

жения с самолетами-носителями авиабомба была идентична одной из ранее разработанных, поэтому при ее создании были полностью использованы результаты проектно-конструкторских проработок по аэробаллистической компоновке конструкции-прототипа. Впоследствии авиабомба размещалась практически на всех самолетах истребительно-бомбардировочной и бомбардировочной авиации. Для защиты приборов системы автоматики от аэродинамического нагрева аэробаллистический корпус авиабомбы имел теплоизоляцию. С созданием этой авиабомбы на вооружении ФА ВВС появилась авиабомба с термоядерным зарядом.

В 1964–1970 гг. ВНИИТФ создал первые ядерные авиабомбы с системой защиты от несанкционированного применения с зарядом ВНИИТФ, который снаряжался безопасными мостиковыми электродетонаторами вместо искровых капсулей-детонаторов, что повысило безопасность ЯБП при войсковой эксплуатации.

Это были первые ядерные авиабомбы в ВВС, техническое обслуживание которых в войсковой эксплуатации проводилось непосредственно в транспортно-технологическом контейнере без извлечения ЯБП из контейнера и укладки на специальный сборочный стенд.

#### *Миниатюризация авиабомб*

Для дальнейшего развития и совершенствования ядерного авиационного вооружения и повышения боевых возможностей ВВС перед ВНИИТФ была поставлена задача разработки авиабомбы с зарядом ВНИИЭФ для боевого применения с самолетов типа МиГ, на которые авиабомбы предыдущих разработок из-за их достаточно больших габаритно-массовых характеристик не могли быть подвешены.

В этой бомбе впервые вместо больших химических источников тока (ХИТ) были применены, отработаны и испытаны миниатюрные разогреваемые источники тока.



В дальнейшем была разработана модификация авиабомбы с зарядом ВНИИЭФ пониженной мощности. В 1967 г. она была передана на вооружение авиации ВВС и на тот период времени являлась самой малогабаритной из всех разработанных ранее авиабомб.

В целях обеспечения возможности боевого применения с самолетов ФА с меньших высот, чем это допускала бомба предыдущей разработки, в 1965 г. было принято постановление о создании малогабаритного ЯБП с зарядом разработки ВНИИТФ, оснащенного тормозным устройством. Это была первая в СССР авиабомба, в которой автоматика была сконструирована в виде единого приборного отсека. Впервые этот боеприпас допускал возможность эксплуатации в широком диапазоне температур окружающего воздуха. Авиабомба предназначалась для боевого применения с горизонтального полета, пикирования и кабрирования (как с введением, так и без введения в действие тормозной системы) на воздушный и контактный виды взрыва без ограничения ЛТХ самолетов-носителей. Разработка и отработка авиабомбы были проведены с 1966 по 1970 г.

Ядерные авиабомбы совершенствовались по мере накопления опыта. На замену отслужившим тяжелым мощным бомбам мегатонного класса в начале 1970-х годов была создана новая – такой же мощности, но существенно меньших габаритов: диаметр уменьшился вдвое, масса – втрое, длина – на два с лишним метра. Обеспечение внешней подвески и необходимой для этого теплостойкости были обязательными условиями для этой разработки. Одновременно успешно шла разработка скоростных самолетов стратегической авиации, реально способных летать со скоростью до 3000 км/ч, при которой температура на поверхности борта превышает +200°C.

Поиск оптимального решения был трудным, однако в процессе проектирования и отработки

вопросы обеспечения теплостойкости и прочности конструкции были решены. Благодаря этому удалось создать мощную стратегическую авиабомбу. В 1980 г. разработка ее была завершена, и она была принята на вооружение авиации ВВС. Большой вклад в разработку основных устройств и систем этой стратегической авиабомбы внесли сотрудники конструкторского отдела института Ю. В. Мамаев, П. С. Печенкин, Е. Д. Сергеев, В. В. Белов.

### *Глубинные авиабомбы*

В конце 1950-х годов перед институтом была поставлена задача проведения поисковых работ с целью создания средств борьбы с подводными лодками (ПЛ) – атомными ракетными базами (ПЛАРБ), являющимися одним из элементов стратегической триады предполагаемого противника. Одним из родов войск, призванных противодействовать ПЛАРБ, является авиация ВМФ, в состав которой входят патрульные самолеты наземного базирования, гидросамолеты. Необходимо было вооружить эти носители мощными противолодочными средствами – глубинными бомбами, способными поражать ПЛ на глубине. Поскольку снаряжение их обычными ВВ не позволяло обеспечить эффективности, достаточной для поражения подводных целей, потребовалось разработать противолодочную глубинную авиабомбу с мощным ядерным зарядом.

В 1959 г. было принято постановление ЦК КПСС и СМ СССР о разработке авиабомбы для уничтожения подводных лодок в подводном и надводном положении, поражения кораблей и наземных объектов. Первоначально была задана разработка авиабомбы с зарядом конструкции ВНИИЭФ, но в дальнейшем была произведена его замена на заряд, спроектированный во ВНИИТФ.

После сброса с самолета-носителя подрыв авиабомбы происходит на требуемой глубине. При этом приводнение свободно падающей бомбы связано со значительными перегрузка-



ми, а ее снаряжение, то есть заряд и автоматика, тогда, в 1960-х годах, таких перегрузок не выдерживало. Для снижения скорости приведения, а значит, и перегрузок, было применено тормозное устройство, а оптимальное сокращение времени движения на траектории было достигнуто использованием принципа задержки введения тормозной системы – непосредственно перед приведением.

Сложность реализации такого решения заключалась в необходимости выбора оптимальной высоты срабатывания системы, обеспечивающей не превышение допустимых нагрузок при приведении. Необходимо было также изучить сам процесс приведения бомбы с тем, чтобы определить характер изменения ударных перегрузок.

Требовалось разработать корпус, выдерживающий нагрузки, действующие при приведении бомбы, и гидростатическое давление – при погружении, а также создать испытательное оборудование, необходимое для подтверждения его прочности и герметичности. Необходимо было обеспечить максимально возможную скорость погружения бомбы и подтвердить ее расчетами и экспериментально, создать систему подрыва на заданной глубине и доказать, что эта система надежно работает. Для обеспечения регистрации работы системы автоматики при глубинном срабатывании была разработана новая контрольная аппаратура. В программе летной отработки авиабомбы появился новый вид испытаний – на морском полигоне, со сбросом в акваторию и регистрацией глубины взрыва.

Разработанный во ВНИИТФ ЯБП оказался первым, на который был подготовлен полномасштабный эскизный проект. Защита эскизного проекта впервые состоялась во ВНИИТФ и с тех пор стала традиционной для всех вновь разрабатываемых ЯБП в подобном объеме. В эскизном проекте впервые была представлена так называемая «схема прохождения ЯБП при

эксплуатации в войсковых частях Министерства обороны (МО)». Она была разработана Валентиной Ивановной Просветовой (отделение испытаний и эксплуатации ЯБП).

В 1964 г. первая универсальная глубинная бомба разработки ВНИИТФ была принята на вооружение авиации ВМФ.

В процессе создания этого ЯБП к 1964 г. во ВНИИА с участием ВНИИТФ и ВНИИЭФ был разработан унифицированный стенд контроля и специальный цифровой регистратор, по показаниям которого выдавалось заключение о годности конкретного ЯБП.

За разработку и передачу в производство универсальной глубинной бомбы большая группа сотрудников института была удостоена высоких правительственных наград, среди них: Дмитрий Филиппович Вовченко – первый заместитель главного конструктора, Павел Павлович Додонов – заместитель начальника конструкторского отделения по разработке ЯБП, Олег Иванович Чудесников – начальник отдела аэродинамики и баллистики, Владимир Александрович Колесниченко – начальник конструкторского отдела, – были удостоены звания лауреатов Государственной премии СССР.

Следующим шагом в направлении повышения эффективности авиационных средств борьбы с подводными лодками стала разработка глубинной авиабомбы вдвое меньшей массы и меньшего калибра, чем предыдущая. Для оснащения авиабомбы был использован ударопрочный заряд разработки ВНИИЭФ. В процессе исследовательских и опытно-конструкторских работ были решены две основные проблемы:

- < выбор оптимальной аэродинамической компоновки, обеспечивающей наименьшие перегрузки при приведении и устойчивое движение авиабомбы на воздушном и подводном участках траектории;
- < разработка противоударной защиты для снижения перегрузок, действующих на заряд





и приборы системы автоматики (СА) при приводнении.

Выбор и обоснование оптимальной аэродинамической компоновки баллистического корпуса авиабомбы, необходимой для обеспечения устойчивого движения ее на подводном участке траектории, провел сотрудник отдела аэродинамики и баллистики Анатолий Лаврентьевич Шлеев (начальник отдела – Владимир Дмитриевич Потеряев).

Расчетное обоснование параметров противоударной защиты заряда и приборов СА, необходимых для обеспечения их работоспособности после приводнения авиабомбы, за счет снижения действующих на них перегрузок провели сотрудники отдела динамики и прочности (начальник отдела – Иван Петрович Лопатинский) Юрий Николаевич Смирнов и Анатолий Константинович Коваленко.

ЯБП был оснащен безопасными электродетонаторами, автоматика работала от разогревных источников тока, и впервые в ЯБП появился блок встроенного контроля разработки ВНИИТФ для предполетной подготовки и введения полетного задания, вместо ранее применявшегося для этих целей пульт. Предполетная подготовка ЯБП в корабельных условиях упростилась, что повысило безопасность носителя. Электрические схемы автоматики ЯБП и блока встроенного контроля были выполнены Борисом Петровичем Артемьевым (отделение приборов автоматики). Конструкцию блока встроенного контроля разработал Борис Петрович Суслин (отделение конструирования ЯБП).

Достигнутая повышенная ударостойкость снаряжения авиабомбы обеспечила возможность ее применения без тормозной системы, что позволило уменьшить время движения на воздушном и подводном участках траектории.

За разработку и передачу в серийное производство этого ЯБП правительственных наград были удостоены: Юрий Анатольевич Задворнов, заместитель начальника конструкторско-

го отдела, – ордена Ленина; Георгий Петрович Тучков, начальник конструкторской бригады, – звания лауреата Государственной премии СССР.

На замену двух предыдущих, ранее принятых на вооружение авиации ВВС авиабомб, в период 1972–1974 гг. была разработана новая авиабомба. С учетом сжатых сроков разработки было предусмотрено максимальное использование серийно изготавливаемых приборов автоматики и деталей корпуса ранее спроектированной и имеющей те же габаритные размеры глубинной авиабомбы.

#### *Ядерное оснащение надводных кораблей*

В начале 1960-х годов решением министра институт был привлечен к участию в проектировании, строительстве и испытаниях надводных противолодочных кораблей. В отделении испытаний и эксплуатации ЯБП участие в работах по надводным противолодочным кораблям велось в двух направлениях:

1. Для проектантов кораблей разрабатывались так называемые «исходные данные по эксплуатации ЯБП в корабельных условиях». В них приводились требования по условиям, необходимым для обеспечения сохранности, безопасности и боеготовности ЯБП, величин перегрузок, с технологией работ с ЯБП от доставки на корабль до его подвески на носитель и др. сведения. «Исходные данные по эксплуатации ЯБП в корабельных условиях» впервые были подготовлены Юрием Васильевичем Брыксиным.
2. С целью обеспечения взаимосогласованности решений и требований разработчиков ЯБП с судостроительной промышленностью при проектировании, строительстве и испытаниях надводных кораблей, по инициативе и при участии ВНИИТФ и ВНИИА были разработаны специальные общие технические требования по обеспечению эксплуатации ЯБП в корабельных условиях. Впоследствии эти специальные требования были переве-



лены в разряд государственных стандартов СССР.

К тому времени, когда в боевом составе ВМФ СССР появились противолодочные крейсера и большие противолодочные корабли, ВНИИТФ успел создать глубинные ядерные авиабомбы, поступившие на вооружение флота, и впервые разработать специальное руководство по обращению с указанными ЯБП. Это руководство было разработано начальником лаборатории по эксплуатации ядерных авиабомб для ВВС и ВМФ Владимиром Константиновичем Молокановым. В дальнейшем подобные руководства (инструкции) по эксплуатации ядерных авиабомб на кораблях разрабатывались во ВНИИТФ для каждой вновь созданной ядерной авиабомбы в случае размещения ее на надводных кораблях, находившихся или вводимых в боевой состав ВМФ СССР.

В проектировании, в ходовых, заводских и государственных испытаниях головных надводных кораблей различных проектов совместно с заказчиками от ВМФ МО в разное время участвовали и представители ВНИИТФ.

Начиная с 1962 г., ВНИИТФ был участником создания нескольких проектов боевых надводных кораблей с ядерными авиабомбами на борту, входивших в боевой состав ВМФ.

#### *Ударостойкие авиабомбы*

Развитие систем и средств ПВО поставило перед авиацией задачу освоения не просто малых, а предельно малых высот для ведения боевых действий с обеспечением возможности бомбометания с таких высот. При мгновенном, в момент приземления, взрыве авиабомбы, сброшенной с такой высоты, о безопасности самолета не может быть и речи. То есть для исключения поражения самолета необходимо обеспечить задержку взрыва после приземления бомбы. Для этого надо было «притормозить» бомбу и таким образом снизить перегрузки, возникающие при приземлении, и одновремен-

но – повысить стойкость снаряжения к этим перегрузкам. Стало необходимым провести исследования и разработать оптимальное по совокупности качеств тормозное устройство, способное работать в жестких условиях дефицита времени и пространства, с одной стороны, и чрезвычайно высоких аэродинамических нагрузок, с другой.

Для того, чтобы бомба после приземления сохранила работоспособность, требовались прочный корпус, специальная механическая демпфирующая система, прочные заряд и система автоматики. Необходимо было также обеспечить стойкость к аэродинамическому нагреву. Таким образом, в комплексе задача была чрезвычайно трудной.

Начатая в 1968 году, эта разработка была успешно завершена в 1975 году. Была создана первая ударопрочная ядерная авиабомба с зарядом собственной разработки. Благодаря использованию специальных пластически деформируемых элементов в составе противоударной защиты заряда и приборов СА, предложенных сотрудниками отдела динамики и прочности Юрием Николаевичем Смирновым, Владимиром Максимовичем Бобровым и Анатолием Константиновичем Коваленко, была обеспечена ударостойкость бомбы – она оставалась работоспособной после удара о бетонную взлетно-посадочную полосу. Корпус бомбы, даже деформируясь при ударе о преграду, сохранял герметичность. При проектировании были проведены поиск и освоение высококачественных материалов с высокой ударной вязкостью, не теряющих своих механических свойств при температурах до минус 60°C. В производстве обрабатывались новые технологии сварки корпусов. Творческий подход и проведенные поисковые работы дали свои результаты. Был создан ударостойкий корпус для авиабомбы с диаметром менее проектного, найдены технические решения, и сегодня не потерявшие актуальности. Помимо высокой прочности корпус обладал малой массой.



### *Направления и задачи перспективных разработок бомбового вооружения*

РФЯЦ – ВНИИТФ продолжает заниматься разработкой бомбового вооружения самолетов фронтовой и дальней авиации как поступающих на вооружение, так и находящихся в разработке. Одним из приоритетных направлений продолжает оставаться сохранение и дальнейшее совершенствование уже достигнутого уровня технических характеристик авиабомб в части обеспечения безопасности эксплуатации, технологичности изготовления, удобства эксплуатации, полноты контроля при изготовлении и в эксплуатации, стойкости к действию внешних траекторных физических факторов. Одновременно появляются новые требования: обеспечение более высокой эффективности боевого применения авиабомб в составе ударных авиационных комплексов ядерного оружия за счет повышения точности и расширения режимов применения. Для решения новых задач необходима разработка соответствующего ма-

тематического и программного обеспечения. Стало необходимым искать и находить новые конструкторские и схемные решения, которые были несвойственны разработке предшествующих поколений авиабомб. На новом, более высоком уровне строится процесс определения аэродинамических характеристик авиабомб, включающий разработку и внедрение современных расчетных и экспериментальных методов исследования. Разрабатывается и внедряется принципиально новое стендовое испытательное оборудование. Еще более сложными становятся задачи совместных летных испытаний, необходимых для подготовки и подтверждения правильности информационного и электрического взаимодействия авиабомбы с бортовыми системами управления оружием самолета. Соответственно становится более сложной организация контроля функционирования приборов и систем в ходе летных испытаний, включая этапы наземной подготовки, совместного с самолетом полета и автономного полета после сброса.

### **1.3. Боевые блоки ракет ВМФ**

#### *Вступление*

Важнейшей вехой в создании комплексов ракетного оружия морского базирования явилось использование атомного реактора в качестве двигательной установки подводных лодок.

Начиная с 1947 г., в Комиссии по атомной энергии США была начата разработка проекта атомной субмарины. В 1950 г. конгресс США признал создание атомных ПЛ государственной стратегической задачей и финансировал научные исследования и технико-технологические поиски в этой области. 14 июня 1952 г. была заложена первая атомная субмарина подводного флота США, названная «Наутилусом», которая была спущена на воду уже в январе 1954 г. (эксплуатировалась до 1982 г., сейчас на ней действует музей подводных сил США).

Благодаря возможностям атомных ПЛ (автономность, дальность, мощность, скорость, глубина погружения) американский флот получил фактически новый театр военных действий – Арктику. Вооружение подводных лодок баллистическими ракетами обеспечивало способность поражать с моря наземные цели, удаленные от ПЛ на тысячи километров, при сохранении неуязвимости самого ракетоносца.

Советский Союз в этой сфере вооружений сразу же оказался в роли догоняющего, не имея тех огромных сил и средств, которые были привлечены США на проект «Наутилуса». Тем не менее в сентябре 1952 г. вышло Постановление Совета Министров СССР «О проектировании и строительстве объекта 627» – такое название получил проект первой советской атомной ПЛ.



комплексной проверки (КЦ) ЯБП в автоматическом режиме. Во ВНИИТФ началось ее освоение для ЯБП ВВС, ВМФ и РВСН. Разработанная авиабомба явилась первой ядерной авиабомбой, проверяемой АИС. Объем контролируемых параметров и алгоритмы контроля ЯБП с АИС были в основном аналогичными его проверкам с унифицированным цифровым регистратором, применявшимся до сих пор. Программа комплексной проверки ЯБП для КЦ транслировалась на язык машинных кодов и с бумажной перфоленки вводилась в АИС. Результаты контроля ЯБП автоматически анализировались, печатались на бумажной ленте, и на пульте АИС загорался индикатор «ГОДЕН». Впоследствии программа КЦ стала разрабатываться с использованием персональных компьютеров, что значительно упростило и сократило сроки ее разработки и отработки на опытных образцах ЯБП.

По результатам государственных испытаний за разработку и передачу в эксплуатацию АИС в 1983 г. авторскому коллективу, в составе которого от ВНИИТФ был Виктор Иванович Зыков, присуждена Государственная премия СССР.

С середины 1960-х годов ВНИИТФ вел разработки возможности создания авиабомбы, способной поражать подводные лодки противника, находящиеся подо льдом. Первоначально предполагалась разработка для этих целей авиабомбы с разгонным пороховым двигателем. Предварительные оценки показали, что создание такой авиабомбы связано с большими техническими трудностями и экономическими затратами, поэтому было предложено обеспечивать пробивание льда за счет кинетической энергии свободного падения авиабомбы.

Были изготовлены несколько макетов, и проведены испытания по материковому льду. Испытания макетов показали принципиальную возможность создания такой авиабомбы.

Эта авиабомба явилась модификацией многоцелевой универсальной авиабомбы предыду-

щей разработки с сохранением ее тактико-технических характеристик. Разработка авиабомбы проводилась с 1981 по 1989 г. Большой вклад в разработку ее устройств и систем внесли сотрудники конструкторского отдела института В. В. Белов, А. Я. Скобелкин.

Основной трудностью при ее отработке явилась реализация в условиях наземных испытаний ударных нагрузок, возникающих при встрече авиабомбы со льдом. Для этих целей сотрудниками отдела динамики и прочности (Ю. Н. Смирновым, А. К. Коваленко) была предложена форма жесткого наконечника, позволяющего при внедрении в бетонную мишень воспроизводить в наземных условиях на ракетном треке нагрузки, эквивалентные нагрузкам, действующим при проникании через ледовый покров. Методику расчета напряженно-деформированного состояния корпусов проникающих авиабомб с использованием метода конечных элементов и вычислительную программу для проведения расчетов на ЭВМ разработал и внедрил сотрудник отдела динамики и прочности Петр Юрьевич Твердохлебов. Расчеты по оценке нагрузок, действующих при пробивании льда, выполнены Николаем Андреевичем Скоркиным. В успешные испытания этой авиабомбы значительный вклад внесли Б. Д. Волошин и В. П. Капота.

В начале 1970-х годов перед Министерством среднего машиностроения была поставлена задача обеспечения авиации более современными ядерными авиационными бомбами многоцелевого назначения с уменьшенными габаритно-массовыми и улучшенными эксплуатационными характеристиками и выхода на качественно новый технический уровень в разработках авиационного вооружения.

Для решения этой задачи постановлением ЦК КПСС и СМ СССР ВНИИТФ была задана разработка новой авиабомбы.

В соответствии с указанными постановлением и ТТЗ МО необходимо было разработать



унифицированную ядерную авиационную бомбу для боевого применения с больших и предельно малых высот бомбометания практически со всех существовавших самолетов-носителей фронтовой, противолодочной и дальней авиации.

Наиболее трудной задачей при создании изделия было обеспечение заданной в ТТЗ массы авиабомбы при сохранении прочностных и габаритных характеристик. Для решения этой задачи потребовался переход на новую элементную базу, включая применение микроэлектроники; возникла необходимость разработки новых малогабаритных приборов. Был найден высокоэффективный теплозащитный материал.

Аэродинамическая компоновка авиабомбы была выбрана исходя из необходимости уменьшения лобового сопротивления с целью обеспечения минимального влияния на ЛТХ самолетов-носителей при наружной подвеске, рационального размещения в корпусе авиабомбы заряда, системы автоматики и теплоизоляции.

Для авиабомбы был разработан герметичный приемник давления, который при наземной эксплуатации не выступал за наружный контур изделия. В рабочее положение приемник давления вводился после отделения авиабомбы от носителя. В корпусе авиабомбы размещалась противоударная защита заряда.

Проведенные расчетно-конструкторские работы, результаты наземных и летных испытаний показали достаточную прочность и теплоустойчивость авиабомбы, ее работоспособность при действии аэродинамических, линейных, вибрационных и ударных нагрузок, имеющих место при эксплуатации и во всех режимах боевого применения.

Авиабомба была разработана и отработана в период с 1972 по 1981 г. Это была первая многоцелевая, ударопрочная, теплоустойчивая и малогабаритная ядерная авиабомба, позволявшая существенно расширить боевые воз-

можности авиации ВВС и ВМФ. Большой вклад в разработку авиабомбы внесли сотрудники конструкторского отдела института В. И. Новиков, А. Ф. Поздняков, А. А. Загрищенко, Н. С. Андреева, С. И. Карпова. Для упрощенного КЦ этого ЯБП в автоматическом режиме во ВНИИТФ в инициативном порядке был разработан портативный пульт. В пульте была реализована идея жесткой привязки к определенному заданному алгоритму контроля с пороговым измерением ряда параметров ЯБП. Процесс контроля и анализ результатов измерения осуществлялись пультом в автоматическом режиме и заканчивались высвечиванием индикатора «ГОДЕН», без вмешательства оператора и без использования перфолент.

Портативный пульт оказался первым и единственным в СССР суперминипультом для упрощенного КЦ в автоматическом режиме нескольких типов ядерных авиабомб. В разработке и отработке этого пульта для передачи его в эксплуатацию принимал участие целый ряд сотрудников: В. И. Просветова, В. В. Мякушко, Н. А. Буров, В. Т. Согрин, С. Б. Симанов, В. К. Молоканов.

За разработку и передачу в серийное производство этого боеприпаса группа сотрудников конструкторского отдела института были удостоены высоких правительственных наград, среди них: Ю. А. Задворнов – ордена «Дружбы народов», В. И. Новиков – Государственной премии СССР, Е. Д. Сергеев – ордена «Знак Почета», Н. В. Волков, Н. К. Кутырев – медали «За трудовую доблесть», «За трудовое отличие».

#### *Разработка и модернизация оперативно-тактических бомб*

На основании постановления ЦК КПСС и СМ СССР в 1978 г. в институте была начата очередная разработка новой авиабомбы, предназначенной для замены ранее разработанной, находившейся в эксплуатации с 1968 г. Авиабомба предназначалась для поражения наземных



оперативных и оперативно-тактических целей, а также морских целей. Она разрабатывалась в корпусе и на базе системы автоматики предыдущей разработки – многоцелевой малогабаритной авиабомбы. Изменение массы авиабомбы потребовало разработки нового тормозного устройства, и, как следствие, новой хвостовой части с увеличенной прочностью конструктивных элементов стабилизатора. Разработанная авиабомба качественно отличалась от авиабомбы, на замену которой она предназначалась, в первую очередь расширенными возможностями боевого применения и улучшенными эксплуатационными характеристиками. Значительный вклад в разработку и опытную отработку авиабомбы, которая была завершена в 1984 г., внесли сотрудники конструкторского отдела В. И. Новиков и А. Ф. Поздняков.

Для удовлетворения потребностей ВВС в тактическом ядерном оружии непосредственной и общей поддержки сухопутных войск во ВНИИТФ с 1984 по 1991 г. была проведена разработка авиабомбы малой и сверхмалой мощности. Авиабомба предназначалась для поражения тактических целей и имела наименьшие габаритно-массовые характеристики. Основными особенностями авиабомбы являются расширенные климатические условия эксплуатации. Большой вклад в разработку авиабомбы внесли сотрудники конструкторского отдела института В. А. Колесниченко и В. В. Белов.

Начиная со второй половины 1980-х годов, наряду с обеспечением ТТХ, одной из главнейших задач при разработке новых ЯБП стал и поиск и реализация конструктивных мер по достижению качественно нового уровня их безопасности.

Найденные в процессе проектирования и отработанные технические решения позволили модернизировать изделия, имеющие перспективу длительной эксплуатации. Так, в середине 1990-х годов была завершена модернизация двух авиабомб: многоцелевой малогабаритной авиабомбы, а также разработанной на ее базе

оперативно-тактической авиабомбы. При этом за счет модернизации системы автоматики были существенно повышены характеристики безопасности авиабомб, в том числе в аварийных ситуациях. Значительный вклад в разработку авиабомбы внесли сотрудники конструкторского отдела В. В. Белов и Н. К. Кутырев.

В последующий период разработана и сдана на вооружение современная авиабомба для оснащения самолетов дальней авиации (значительный вклад в разработку авиабомбы внесли С. Г. Андреев, Г. Д. Зеленкин, Ю. В. Филимонов, В. В. Абрамов, А. В. Кудрявцев, Ю. Е. Южанин, А. В. Шубин, Г. А. Горбунов, А. Н. Гальцев), завершена разработка принципиально новой унифицированной авиабомбы для самолетов четвертого и пятого поколений (значительный вклад в разработку авиабомбы внесли С. Г. Андреев, П. Ю. Твердохлебов, Н. А. Ушаков, А. В. Шубин, В. А. Гучок, В. И. Новиков, А. Н. Шмыгин, А. А. Броницкий, В. Н. Митрофанов).

#### *Тормозные устройства*

Время диктовало новые требования к разработкам ядерных авиабомб. Очередным этапом в конце 1990-х годов стало освоение и внедрение в производство монтажа тормозных устройств авиабомб.

Так, одно из изделий было отработано с устройством в виде тормозных щитков. Были спроектированы и доведены до испытаний устройства тормозные роторного типа, а также устройства, управляющие траекторией снижения изделия на конечном ее участке. Прорабатывалось и множество других вариантов торможения изделия (установка реактивных двигателей обратной тяги, взрыв специального заряда ВВ в момент приземления и даже выбрасываемая в поток и наполняемая воздухом шаровая емкость внушительных размеров, скрепленная с изделием, и т. д.). Всё это принесло определенную пользу в плане повышения технического уровня конструкторов.



Моноблочная головная часть с системой пассивного самонаведения с баллистической коррекцией траектории полета

Первый боевой блок разделяющейся головной части с индивидуальным наведением на точки прицеливания



Боевая часть зенитной ракеты

Моноблочная головная часть первой межконтинентальной ракеты для подводных лодок



Отделяемая моноблочная головная часть  
баллистической ракеты



Головная часть межконтинентальной баллистической ракеты

Ракета оперативно-тактического назначения «Skad»







Разработкой тормозных устройств в разное время занимались опытные и квалифицированные специалисты. Из специалистов высокого класса, много лет посвятивших этой области деятельности, безусловно необходимо упомянуть начальника конструкторской бригады Георгия Петровича Тучкова, который все годы работы в институте был техническим руководителем разработок. Из других специалистов, внесших существенный вклад в разработку корпусов и тормозных устройств для авиабомб, следует назвать Н. С. Андрееву, С. И. Карлову, Д. И. Щукина, Н. В. Волкова, В. И. Маслова, А. А. Загриценко, В. И. Воронина, П. С. Печенкина, С. А. Румянцева.

#### *Связи с авиастроителями*

Многие требования к размещению авиабомб на самолетах, предъявляемые разработчиками ядерного оружия, казались специалистам-авиастроителям непривычными, излишне жесткими. При типичном для авиастроителей прагматизме они принимали условия разработчиков далеко не сразу. Но в конце концов всё-таки принимали и выполняли, так как разработчики ЯБП всегда находили убедительные доводы и аргументы. В целом отношения были и остаются конструктивными.

На начальном этапе сотрудничества с ОКБ авиастроителей для учета при проектировании или доработке каждого типа носителя ВНИИТФ разрабатывал специальный документ по размещению ЯБП на носителе. Затем по мере накопления опыта взаимодействия для обеспечения конструкторской и электрической согласованности с носителем, а также сохранности и боевого применения ЯБП, был создан документ с обобщенными требованиями, сведениями и данными по ЯБП для их обязательного использования ОКБ авиастроителей при проектировании (доработке) и испытаниях носителей. Документ подготовил Игорь Дмитриевич Чудновский с участием Бориса

Петровича Артемьева и Валентины Ивановны Просветовой.

Работы по размещению ЯБП на носителях в институте в разное время выполняли И. Д. Чудновский, В. В. Родионов, Е. Н. Петров, В. М. Хайдуков и др.

В результате взаимосогласованных технических решений стало возможным размещение одного типа ЯБП на нескольких типах носителей, что позволило существенно расширить боевые возможности авиации ВВС и ВМФ.

#### *Лабораторная наземная отработка авиабомб*

В 1968 г. в составе института был организован отдел ударных испытаний (позднее вошедший в структуру научно-исследовательского испытательного комплекса), основной задачей которого являлось испытание отдельных узлов и образцов ЯБП на работоспособность при действии ударных нагрузок.

Единственной испытательной установкой, который располагал отдел при его создании, был ступень, позволяющий проводить ударные испытания изделий.

Тематика работ охватывала многие направления в области ударных испытаний, но главной из них была наземная отработка ударопрочных ядерных авиабомб и связанные с ней исследовательские работы.

В начале шестидесятых годов метод, достаточно близко воспроизводящий реальные ударные нагрузки, существовал в виде испытаний изделий на ракетных треках. Разработчики системы контактных датчиков (СКД) также успешно пользовались этим методом. Из-за отсутствия в институте необходимой экспериментальной базы испытания полномасштабных макетов авиабомб проводились в период с 1968 по 1974 г. на реактивно-катапультирующих установках г. Чапаевска, Красноармейска, ВНИИЭФ, куда на достаточно длительный срок направлялись экспедиции сотрудников



ВНИИТФ, которые обеспечивали подготовку изделий к испытаниям и регистрацию необходимых параметров. Значительный объем испытаний и исследований занимала экспериментальная отработка противоударной защиты отдельных узлов – заряда и элементов ЯБП. Подобные испытания проводились в основном на ступе, но были и такие испытания, которые можно было реализовать только на ракетном треке.

При проведении в указанный период (с 1968 по 1974 г.) экспериментальных работ на ракетном треке были решены многие методические вопросы, связанные с разгоном изделий по рельсовому пути ракетными двигателями, отделением разгонных средств и соударением объекта испытаний с преградой с заданными параметрами, съемом информации с движущегося объекта и др. Это позволило впоследствии успешно проводить испытания авиабомб, разработанных во ВНИИТФ.

В 1968 г. ряд сотрудников отдела приняли участие в опыте, организованном Министерством обороны СССР с целью исследования воздействия ядерного взрыва на военную технику, в том числе на контейнеры с ЯБП, разработанными во ВНИИТФ. Результаты измерений показали, что в условиях опыта нагрузки не представляют опасности для состояния ЯБП.

В 1973–1974 гг. были проведены испытания по исследованию сейсмического воздействия ядерных взрывов на хранилища с ЯБП, в которых была подтверждена стойкость всех исследуемых образцов ЯБП к указанному воздействию.

В 1969 г. с учетом тематики предприятия было выдвинуто предложение о строительстве ракетно-катапультирующей установки (РКУ) во ВНИИТФ. Предложение было одобрено заместителем министра А. Д. Захаренковым, и началась разработка проекта РКУ длиной 150 м.

Большой объем экспериментальных работ был выполнен в период с 1970 по 1973 г. на этапе НИОКР, связанных с разработкой противолодочной авиабомбы, проникающей под лед.

Исследования начинались с использования моделей калибра артиллерийских снарядов. Для постановки таких опытов пришлось оснаститься артиллерийским оружием и выезжать на стрельбовые испытания в зимних условиях, используя льды окрестных озер. Исследовались глубины проникания моделей в лед в зависимости от его температуры, возможности и условия замены ледяных массивов замороженными преградами ограниченного диаметра, заключенными в подкрепляющие оболочки; исследовались составы и способы имитации льда предельной прочности.

Для автономной отработки прочности ядерных зарядов для ударостойких авиабомб по заданию главного конструктора института Б. В. Литвинова коллективом сотрудников отдела 48 НИО-4 (с 1974 г. отдела 156 НИИК) в кратчайшие сроки были созданы оригинальные установки и методики ударных испытаний с использованием замкнутого взрыва ВВ и обращенного удара тяжелой бетонной преградой, разгоняемой взрывом ВВ, по неподвижному изделию. На созданных установках были проведены зачетные и установочные испытания этих зарядов, содержащих натурные спецматериалы, а в последующие годы проводились переаттестационные и контрольно-выборочные испытания. Наибольший вклад в создание этих методик и проведение испытаний ЯЗ внесли А. Н. Ткаченко, М. П. Кошутин, В. В. Лубенский, В. Н. Чвилёв. Дальнейшим развитием методик стало создание в НИИК в 1990-х годах газодинамической ударной установки для автономных испытаний составных частей ударостойких боеприпасов, на которой была проверена прочность наиболее критичных узлов ЯЗ, содержащих спецматериалы. За эту и другие разработки в области создания взрывных испытательных стендов сотрудникам НИИК В. И. Букину, И. В. Занегину и С. И. Карачинскому в 2003 г. была присуждена премия Правительства Российской Федерации.



В 1977 г. в НИИК ВНИИТФ было завершено строительство испытательного комплекса, включающего в себя:

- < РКУ с рельсовыми направляющими длиной 150 м;
- < каземат для управления и регистрации параметров нагружения изделий при проведении испытаний;
- < здание подготовки изделий и средств разгона.

Наличие трека позволило значительно расширить возможности НИИК по ударным нагружениям.

Созданный измерительный комплекс позволил регистрировать деформации и перегрузки испытываемых изделий, скорость их движения. Система управления, помимо подачи команд на запуск разгонных двигателей, обеспечивала в требуемое время запуск скоростных кинокамер для регистрации процесса соударения изделий с преградами.

К концу 1980-х годов перед коллективом НИИК была поставлена задача обеспечения скоростей разгона объектов испытаний. Для этого была проведена модернизация РКУ. При этом удлинен стартовый участок на финише сооружен тормозной участок. Ограниченное пространство

на финише обусловило необходимость поиска эффективного, надежного тормозного устройства, обеспечивающего полное торможение разгонной ступени на коротком участке РКУ. Был создан комбинированный способ торможения, включающий в себя торможение за счет отбрасывания массы и торможение за счет силы резания, используемое для окончательной остановки разгонной ступени.

В период 1977–1990 гг. был выполнен большой объем испытаний в рамках лабораторно-конструкторской отработки новых изделий (около двух десятков изделий). При этом выявлялись конструктивные недоработки, и разработчикам ЯЗ и ЯБП приходилось изменять конструкцию отдельных узлов, а порой и ЯБП в целом. Кроме этого проводилась работа по созданию и отработке новых методик катапультирования изделий, имитации тяги парашюта при свободном полете изделия.

В целом, достигнуты значительные успехи в лабораторно-конструкторской отработке ЯЗ и ЯБП и создании испытательного оборудования для этих работ. Многие сотрудники удостоены государственных наград, отмечены приказами и благодарностями по министерству и институту.



Момент нагружения изделия в одной из взрывометательных установок



### *Направления и задачи перспективных разработок бомбового вооружения*

РФЯЦ – ВНИИТФ продолжает заниматься разработкой бомбового вооружения самолетов фронтовой и дальней авиации как поступающих на вооружение, так и находящихся в разработке. Одним из приоритетных направлений продолжает оставаться сохранение и дальнейшее совершенствование уже достигнутого уровня технических характеристик авиабомб в части обеспечения безопасности эксплуатации, технологичности изготовления, удобства эксплуатации, полноты контроля при изготовлении и в эксплуатации, стойкости к действию внешних траекторных физических факторов. Одновременно появляются новые требования: обеспечение более высокой эффективности боевого применения авиабомб в составе ударных авиационных комплексов ядерного оружия за счет повышения точности и расширения режимов применения. Для решения новых задач необходима разработка соответствующего ма-

тематического и программного обеспечения. Стало необходимым искать и находить новые конструкторские и схемные решения, которые были несвойственны разработке предшествующих поколений авиабомб. На новом, более высоком уровне строится процесс определения аэродинамических характеристик авиабомб, включающий разработку и внедрение современных расчетных и экспериментальных методов исследования. Разрабатывается и внедряется принципиально новое стендовое испытательное оборудование. Еще более сложными становятся задачи совместных летных испытаний, необходимых для подготовки и подтверждения правильности информационного и электрического взаимодействия авиабомбы с бортовыми системами управления оружием самолета. Соответственно становится более сложной организация контроля функционирования приборов и систем в ходе летных испытаний, включая этапы наземной подготовки, совместного с самолетом полета и автономного полета после сброса.

### **1.3. Боевые блоки ракет ВМФ**

#### *Вступление*

Важнейшей вехой в создании комплексов ракетного оружия морского базирования явилось использование атомного реактора в качестве двигательной установки подводных лодок.

Начиная с 1947 г., в Комиссии по атомной энергии США была начата разработка проекта атомной субмарины. В 1950 г. конгресс США признал создание атомных ПЛ государственной стратегической задачей и финансировал научные исследования и технико-технологические поиски в этой области. 14 июня 1952 г. была заложена первая атомная субмарина подводного флота США, названная «Наутилусом», которая была спущена на воду уже в январе 1954 г. (эксплуатировалась до 1982 г., сейчас на ней действует музей подводных сил США).

Благодаря возможностям атомных ПЛ (автономность, дальность, мощность, скорость, глубина погружения) американский флот получил фактически новый театр военных действий – Арктику. Вооружение подводных лодок баллистическими ракетами обеспечивало способность поражать с моря наземные цели, удаленные от ПЛ на тысячи километров, при сохранении неуязвимости самого ракетноносца.

Советский Союз в этой сфере вооружений сразу же оказался в роли догоняющего, не имея тех огромных сил и средств, которые были привлечены США на проект «Наутилуса». Тем не менее в сентябре 1952 г. вышло Постановление Совета Министров СССР «О проектировании и строительстве объекта 627» – такое название получил проект первой советской атомной ПЛ.



С появлением ракеты Р-11, рассчитанной на подвижный старт, появилась практическая возможность разработки модификации баллистической ракеты, стартующей с ПЛ. Под руководством С. П. Королева были начаты эксперименты с опытными пусками Р-11 с качающегося основания на полигоне Капустин Яр. Началась также переделка дизельной подводной лодки проекта «611» под ракетоносец.

Днем рождения стратегического ракетного оружия ВМФ считается день первого пуска с ПЛ экспериментальной морской баллистической ракеты Р-11ФМ 16.09.55 г., работы по которой (приспособление оперативно-тактической ракеты (ОТР) Р-11 к условиям эксплуатации и боевого применения с ПЛ) были успешно завершены в 1959 г. В ракете Р-11ФМ была применена неотделяемая головная часть, в которой использовался один из первых ядерных зарядов, разработанных в СССР. Одним из разработчиков этого заряда был Евгений Иванович Забабахин, научный руководитель ВНИИТФ с 1960 по 1984 г.

В 1955 г. на Урал в СКБ-385 из НИИ-88 (ныне ЦНИИмаш) была переведена группа проектантов и конструкторов во главе с учеником С. П. Королева Виктором Петровичем Макеевым для продолжения отработки и производства ракет Р-11 и Р-11ФМ. С этого времени СКБ-385 (ныне Государственный ракетный центр «КБ имени академика В. П. Макеева») постепенно становится центром по разработке баллистических ракет морского базирования и основой кооперации (конструкторских бюро, НИИ, опытных и серийных заводов, испытательных полигонов), ориентированной на разработку морских ракетных комплексов. В состав этой кооперации вошел и НИИ-1011 (ныне РФЯЦ – ВНИИТФ имени академика Е. И. Забабахина).

С тех пор кооперацией во главе с ГРЦ было создано три поколения систем стратегического ядерного оружия ВМФ, при этом все ядерные

боеприпасы для баллистических ракет подводных лодок (БРПЛ) разработаны РФЯЦ – ВНИИТФ.

### *Баллистические ракеты подводных лодок и боевые блоки первого поколения*

Главным результатом при создании морских ракетных комплексов первого поколения (1954–1963 гг.) следует считать проектирование баллистических ракет с конструктивными решениями, близкими к сухопутным ракетам, для использования в составе подводных лодок, с решением следующих научно-технических проблем:

- < сопряжение систем управления ракетой и ЯБП с системами корабля и навигационного обеспечения;
- < управление ракетой, стартующей в условиях движения ПЛ;
- < обеспечение подводного старта ракеты на маршевом двигателе.

В состав первого поколения, кроме упомянутой выше ракеты Р-11ФМ (комплекс Д-1), входят две ракеты, разработанные специально для применения с подводных лодок:

- < ракета Р-13 (комплекс Д-2) с надводным стартом;
- < ракета Р-21 (комплекс Д-4) с подводным стартом.

Для вооружения этих БРПЛ были разработаны два ядерных боеприпаса большой мощности. Большая мощность ЯБП (ББ) должна была компенсировать невысокие точностные характеристики ракет ВМФ.

Основные характеристики БРПЛ первого поколения и боевых блоков для их оснащения приведены ниже. Для сравнения в таблице приведены также характеристики БРПЛ США первого поколения – «Поларис А-1» и «Поларис А-2».

В то время в институте отсутствовали корректные методики расчета параметров движения головной части после ее отделения от ракеты, физических факторов, влияющих на

### Основные характеристики БРПЛ и ББ первого поколения (1954–1963 гг.)



R-11FM

R-13

R-21

Комплексы ракетного оружия ВМФ первого поколения продемонстрировали досягаемость территории и целей противника баллистическими ракетами.

Для размещения и применения с дизельных и атомных ПЛ приспособлены и разработаны ракеты с «сухопутными» техническими решениями.

С ракетой R-21 реализован подводный старт – главная предпосылка скрытности и неуязвимости ракетных носцев, а также неотвратимости ответного удара.

Сформировано ядро кооперации разработчиков, изготовителей и испытателей морских баллистических ракет и их боевого оснащения – боевых блоков с ядерными боеприпасами. Начато развертывание морских стратегических ядерных сил.

Комплекс	Д-1	Д-2	Д-4	«Поларис А-1»	«Поларис А-2»
Ракета	R-11FM	R-13	R-21		
Годы разработки	1954–1959	1956–1960	1959–1963	1956–1960	1956–1962
Кол-во ракет на ПЛ	2–3	3	3	16	16
Тип топлива	жидкое	жидкое	жидкое	твердое	твердое
Тип старта	надводный	надводный	подводный	подводный	подводный
Тип СУ	инерциальная			инерциальная	
Стартовая масса, т	5,5	13,6	19,7	13,0	14,8



работоспособность приборов автоматики с учетом возможного рассеивания траектории, методы расчета температурных полей ЯБП (ББ) и многое другое. Для методического и расчетного обеспечения разработок начал создаваться коллектив специалистов по проведению баллистических, тепловых и прочностных расчетов.

Большие габариты и масса заряда ЯБП заставили найти неординарные технические решения для его размещения в головной части ракеты, которая выполняла роль ампулы для размещения составных частей ЯЗ, и в конструкции которой были применены необходимые для работы ЯЗ устройства. Такой вариант размещения заряда и принятые технические решения позволили снизить массу БЧ, что способствовало увеличению дальности стрельбы БРПЛ. В конструкции ЯБП также были реализованы меры по улучшению технологических и эксплуатационных качеств, в том числе по удобству подготовки ЯБП к боевому применению.

Следует также отметить применение в автоматике ЯБП системы инициирования заряда собственной разработки, которая имела в два раза лучшие массо-габаритные характеристики, чем разработанная в то же время система ВНИИА.

Второй боеприпас, благодаря непрерывному совершенствованию составных частей специзделий – заряда, приборов системы автоматики и конструкции ЯБП в целом, – имел значительно меньшую массу, что позволило существенно увеличить дальность стрельбы ракеты Р-21 по сравнению с Р-13.

В связи с истечением гарантийных сроков службы ЯБП и предполагаемым сроком завершения эксплуатации комплекса Д-4 в 1990 г. было предложено вместо этого ЯБП применить разработанный для комплексов Д-5У ЯБП. Замена морально устаревшего ЯБП первого поколения на современный ЯБП второго поколения позволила в сжатые сроки и при минимальном объеме проработок провести в 1977–1979 гг.

модернизацию комплекса, получившего обозначение Д-4М, с оснащением единым ЯБП трех комплексов ракетного оружия ВМФ: Д-4М, Д-5У и Д-5М.

Примерно в это же время в США были разработаны и приняты на вооружение две ракеты морского базирования «Поларис А-1» (1956–1960 гг.) и «Поларис А-2» (1956–1962 гг.). Более высокий технологический уровень промышленности, использование опыта немецких специалистов, вывезенных из побежденной Германии, обеспечили США на этом этапе существенное преимущество в области морских стратегических ядерных сил, в том числе по дальности стрельбы и по количеству баллистических ракет на ПЛ.

Несмотря на сравнительно невысокие тактико-технические характеристики (малые дальности и невысокая точность стрельбы, незначительное количество БРПЛ на подводной лодке), комплексы ракетного оружия ВМФ первого поколения сыграли весомую роль в обеспечении стратегического баланса. Уже в 1960 г. в составе ВМФ СССР находились 23 ПЛ проекта «629», имевшие по три ракеты на борту. Сам факт появления этого типа оружия, малое подлетное время ракет, значительная мощность их головных частей, досягаемость большого количества жизненно-важных объектов на прибрежных территориях заставили США обратить особое внимание на развитие противолодочной обороны с затратой для этих целей больших средств.

Следует отметить, что к этому времени конструкторы ОКБ-1 С. П. Королёва еще не сдали на вооружение межконтинентальную баллистическую ракету с наземным стартом. Можно сказать, что на этом этапе военный паритет СССР с США поддерживали морские ядерные силы, а именно ракетноносные ПЛ.

Отметим, что 20 октября 1961 г. с подводной лодки К-102 проекта «629» был произведен выстрел боевой ракеты Р-13 с ЯБП разработки ВНИИТФ с полномасштабным воздушным ядерным взрывом в расчетном районе фини-



ша на Центральном полигоне МО (арх-г Новая Земля).

В разработке первого ядерного боеприпаса для ракетных комплексов ВМФ принимали участие К. И. Шёлкин, В. Ф. Гречишников, В. П. Николаев, Д. И. Завьялов, В. М. Правдин, В. Д. Потеряев, Б. Е. Коновалов, Р. Н. Огнив, Л. С. Сильверстов, И. М. Перевозчиков, И. И. Бабанин, Д. Ф. Вовченко, А. С. Бодрашёв, Ю. Л. Дмитриков, Н. В. Покровский, В. Г. Постол и другие.

#### *БРПЛ и ЯБП второго поколения*

Предыдущими разработками был открыт путь к созданию ракетных комплексов морского базирования второго поколения с достижением боевых возможностей действительно стратегического уровня, с обретением морскими стратегическими ядерными силами роли второй эффективной составляющей СЯС страны. Это было достигнуто путем обеспечения качественного скачка в морском ракетостроении, внедрением цифровой вычислительной техники в бортовые и корабельные системы управления, применением средств коррекции навигационных систем в полете, а также существенным совершенствованием габаритно-массовых характеристик боевых блоков и входящих в них ЯБП.

В состав второго поколения морских стратегических ядерных сил входят:

- < комплекс Д-5 с одноступенчатой БРПЛ Р-27 средней дальности стрельбы;
- < комплекс Д-9 с двухступенчатой БРПЛ Р-29 межконтинентальной дальности стрельбы, при этом для повышения точности в комплексе была внедрена коррекция инерциальной системы управления по внешним ориентирам (астрокоррекция).

Основные характеристики БРПЛ второго поколения и боевых блоков для их оснащения приведены далее.

Основным направлением совершенствования боевых блоков для этого поколения ракет-

ных комплексов ВМФ было уменьшение примерно в 2 раза массо-габаритных характеристик ЯЗ и ЯБП по сравнению с аналогичными характеристиками ЯЗ и ЯБП первого поколения. Активное участие в разработках ЯБП (ББ) моноблочных ГЧ первого и второго поколения принимал и другой ядерный центр страны – ВНИИЭФ, в части создания и совершенствования ядерных зарядов.

Комплексы ракетного вооружения второго поколения неоднократно модернизировались:

1. В 1971 г. были начаты и в 1974 г. завершены работы по созданию усовершенствованного комплекса Д-5У с ракетой Р-27У, размещавшихся на ПЛ с использованием существующих шахт и пусковых установок. Для этого комплекса были разработаны:
  - ЯБП, с зарядом увеличенной на 33% мощностью по сравнению с прежним ЯБП. При этом масса ЯБП была снижена на 40%, что позволило увеличить максимальную дальность стрельбы ракеты на 600 км. Были также расширены гарантийные сроки службы ЯБП и сроки непрерывного нахождения на ПЛ;
  - малогабаритный ЯБП для первой разделяющейся трехблочной головной части рассеивающегося типа (по американской аббревиатуре MRV), аналогичной примененной ранее ГЧ Мк-2 на БРПЛ «Поларис А-3».
2. В связи с истечением гарантийных сроков службы прежнего ЯБП, в целях поддержания боевой готовности комплекса Д-5, в 1979–1980 гг. были проведены работы по модернизации комплекса путем его оснащения головной частью с новым ЯБП.
3. В комплексе Д-9 после истечения срока службы прежнего ЯБП проведена замена на вновь разработанный ЯБП с более совершенным зарядом увеличенной мощности.

Особенностью аэродинамической компоновки ББ (ЯБП) второго поколения является составная цилиндрическо-коническая





форма с сильно затупленным наконечником и «обкой», что обуславливало сильное торможение изделий в атмосфере при их спуске и движение с дозвуковыми скоростями на приземных высотах. Такой характер движения блоков на траектории позволил применять в качестве датчиков воздушного подрыва приборы нерадиолокационного принципа действия, с обеспечением необходимой точности и стабильности срабатывания. В качестве таких датчиков применялся барометрический прибор, а также критический датчик собственной разработки с оригинальным функционалом срабатывания.

4. Кроме приведенных модификаций (Д-5, Д-5У и Д-5М) комплекс Д-5 имел еще одну модификацию – Д-5К с ракетой Р-27К. В состав ее системы управления были впервые введены бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ) и антенно-фидерное устройство, которое в полете ориентировалось в сторону предполагаемого скопления надводных кораблей. При летных испытаниях одна из двух ракет залпа попала в палубу баржи, служившей мишенью, что свидетельствует о высокой точности стрельбы комплекса. Модификация ракеты и боевой блок с ЯБП большой мощности, предназначенные для поражения стационарных наземных и морских целей, были отработаны в период 1962–1975 гг., приняты на вооружение и эксплуатировались на одной ПЛ проекта «605». Для того времени это был уникальный комплекс, но, к сожалению, разработка не получила дальнейшего развития. Основная причина – у американцев такого комплекса не было; значит, и нам он не нужен. Почему-то никто не задал вопроса, а зачем он США, если у вероятного противника – СССР – авианосных ударных соединений не было. Однако БЦВМ в составе системы управления БРПЛ оказалась вскоре крайне необходимой для решения задач астрокоррекции, поскольку

применявшиеся ранее электромеханические устройства решить эту задачу не могли.

Кроме ЯБП для комплекса Д-5К разрабатывался также проникающий в воду боевой блок для поражения ПЛ. ББ прошел летную отработку бросками в воду в НИЭР «Гарпун», но на вооружение не принимался.

Морские ракетные комплексы второго поколения и боевое оснащение для них имеют 25-летний положительный опыт эксплуатации и внесли заметный вклад в повышение обороноспособности страны. С учетом применения разработанных во ВНИИТФ боевых блоков боевые возможности морских ракетных комплексов второго поколения были выведены на действительно стратегический уровень (обеспечены всепогодность боевого применения и залповая стрельба, сделан решающий прорыв в эксплуатационных характеристиках). Тем самым был ликвидирован имевшийся разрыв в выходных характеристиках морских ракет СССР и США, сложившийся в первом поколении. Достижение межконтинентальной дальности стрельбы явилось мировым приоритетом и компенсировало особенности военно-географического положения нашего государства в интересах достижения стратегического равновесия.

В США ракетные комплексы морских стратегических ядерных сил этого поколения (БРПЛ «Посейдон С-3») уже были вооружены разделяющимися головными частями (РГЧ) с боевыми блоками индивидуального наведения.

Ко второму поколению примыкает комплекс Д-11 с твердотопливной ракетой Р-31 разработки КБ производственного объединения «Завод «Арсенал» им. М. В. Фрунзе», оснащенный ЯБП ВНИИТФ. Поздний срок создания (конец 1970-х годов) и относительно невысокие характеристики этого комплекса обусловили опытный характер его эксплуатации. В разработке ЯБП второго поколения для ракетных комплексов ВМФ принимали участие О. Н. Тиханэ,

## Основные характеристики БРПЛ и ББ второго поколения (1968–1974 гг.)



Комплексы ракетного оружия ВМФ второго поколения обеспечили полномасштабное развертывание морской составляющей стратегических сил сдерживания.

Достигнут качественный скачок в морском ракетостроении созданием малогабаритных ракет и ракетно-пусковых систем, автоматизированным обслуживанием многократно увеличенного количества ББ на ПЛ, всепогодностью боевого применения, а также кардинальным улучшением свойств за счет заводской ампулированной заправки ракет.

Реализована межконтинентальная дальность и астрокоррекция, в итоге повышена живучесть и эффективность морских ракет. Существенно улучшены массо-габаритные характеристики ядерных боеприпасов.

Комплекс	Д-5, Д-5М	Д-5У	Д-9	«Поларис А-3»	«Посейдон С-3»
Ракета	Р-27	Р-27У	Р-29		
Годы разработки	1962–1968	1971–1974	1964–1974	1961–1964	1965–1971
Кол-во ракет на ПЛ	16	16	12–16	16	16
Тип топлива	жидкое	жидкое	жидкое	твёрдое	твёрдое
Тип старта	подводный	подводный	подводный	подводный	подводный
Тип СУ	инерциальная		астроннерциальная*	инерциальная	
Стартовая масса, т	14,2	14,2	33,3	16,8	29,3
Дальность стрельбы, км	2500	3000 2500	межконтинентальная	4600	4000–5200
Масса ПН, кг	750	750	1090	510	1350

\* Астроннерциальная (с азимутальной астрокоррекцией).



Н. В. Карих, В. М. Правдин, В. Д. Потеряев, Р. Н. Огнёв, А. А. Жуков, Л. С. Сильверстов, А. С. Бодрашёв, Ю. Л. Дмитраков, Р. А. Никитенко, В. И. Просветова и др.

### *БРПЛ и ЯБП третьего поколения*

Основной задачей разработчиков морских ракет третьего поколения была ликвидация асимметрии достигнутых характеристик. Если для США это означало достижение межконтинентальной дальности стрельбы при сохранении РГЧ с ББ индивидуального наведения, то для СССР – внедрение разделяющихся головных частей при сохранении межконтинентальной дальности стрельбы. При этом имелась также жесткая установка руководства оборонными отраслями на применение в морских ракетах твердого топлива.

В результате практически одновременно была начата опытно-конструкторская разработка двух морских ракет с межконтинентальной дальностью стрельбы и с РГЧ:

- ← жидкостной ракеты Р-29Р (комплекс Д-9Р), которая в интересах сокращения сроков разработки имела высокий уровень унификации со своей предшественницей (ракетой Р-29). На этой ракете предусматривалось применение нескольких типов боевого оснащения;
- ← твердотопливной ракеты Р-39 (комплекс Д-19) с боевым оснащением в виде РГЧ.

По причинам сложности и новизны решаемых задач разработка твердотопливной БРПЛ заняла значительный период времени. Несмотря на целый ряд уникальных решений в конструкции ракеты, БРПЛ Р-39 по своим массо-габаритным характеристикам существенно уступает своему американскому аналогу – БРПЛ «Трайидент Д-5».

Как дальнейшее развитие жидкостных ракет несколько позднее была создана трехступенчатая ракета Р-29РМ (комплекс Д-9РМ) – новая полномасштабная разработка, ориентирован-

ная на достижение современного технического уровня и увеличенных боевых возможностей.

Основные характеристики БРПЛ третьего поколения и боевых блоков для их оснащения приведены далее.

Для создания многоэлементной разделяющейся головной части, по уровню характеристик, сопоставимой с разрабатываемым в то время зарубежным аналогом – высокоскоростной малогабаритной боеголовкой Мк76, потребовалось проведение огромного объема работ, уникальных по своему содержанию.

Комплексная программа создания малогабаритного высокоскоростного боевого блока с требуемыми параметрами (в габаритах Мк76) была отнесена к разряду задач государственной важности и включала следующие основные моменты:

1. Разработка нового ЯЗ малого класса мощности, с увеличением мощности в 5 раз практически без увеличения массы имеющегося прототипа. Решение этой задачи потребовало предельных усилий обоих ядерных центров, разрабатывавших ЯЗ по разным физическим схемам и проводивших в общей сложности около сотни ядерных испытаний. Конкурс по ЯЗ был выигран нашим институтом, к 1985 г. создавшим ЯЗ, который и на сегодня имеет уникальные удельные характеристики.
2. Создание системы автоматики с уменьшением ее массы в 2 раза по сравнению с ближайшим аналогом. Совместными усилиями ВНИИТФ, ВНИИА и НИИИС была решена и эта задача, потребовавшая разработки малогабаритной системы неконтактного подрыва и новой системы инициирования заряда меньшей массы с конфигурацией, максимально приспособленной к условиям компоновки в изделии.
3. Освоение новых конструкционных материалов и создание теплозащитных материалов наконечника и боковой поверхности корпуса.
4. Совместное проектирование при создании боевых блоков ВМФ, идея осуществления

### Основные характеристики БРПЛ и ББ третьего поколения (1977–1986 гг.)



R-29R R-39 R-29RM

В комплексах ракетного оружия ВМФ третьего поколения освоены разделяющиеся головные части, достигнута точность стрельбы на уровне ракет наземного базирования, обеспечена залповая стрельба полным боекомплектом и тактико-технические характеристики, соответствующие лучшим зарубежным и отечественным аналогам.

Реализован наивысший технический уровень среди современных боевых ракет наземного и морского базирования. Создана единственная в мире трехступенчатая жидкостная ракета Р-29RM, определенная в зарубежной печати как «шедевр морского ракетостроения».

Достигнуты массо-габаритные и удельные (кг/кг) характеристики боевых блоков, соответствующие характеристикам лучших зарубежных боеголовок Mk-76 и Mk-88.

Комплекс	Д-9Р	Д-19	Д-9RM	«Трайдент С-4»	«Трайдент Д-5»
Ракета	Р-29Р	Р-39	Р-29RM		
Годы разработки	1973–1977	1973–1983	1979–1986	1971–1979	1981–1990
Кол-во ракет на ПЛ	16	20	16	16, 24	24
Тип топлива	жидкое	твердое	жидкое	твердое	твердое
Тип старта	подводный				
Тип СУ	астроннерциальная*		астрорадионнерциальная	астроннерциальная*	
Стартовая масса, т	35,5	90	40,3	32,6	57
Дальность стрельбы, км	межконтинентальная				
Масса ПН, кг	1520	2300	1900	1320	2380

\* Астроннерциальная (с полной астрокоррекцией).



которого была активно поддержана и реализовывалась руководством ГРЦ и ВНИИГФ и ранее, но в максимальной степени проявила свою значимость при разработке высокоскоростных боевых блоков ВМФ малого и среднего классов мощности.

5. Аэродинамическая, баллистическая и тепловая отработка на стендах и в летных испытаниях экспериментальных макетов ББ. При этом принципиальные конструктивные отличия малогабаритного высокоскоростного ББ от изделий прежнего поколения потребовали заблаговременного, до выхода на совместные испытания с носителем, подтверждения заложенных основных решений. Большой объем и сложность этих работ потребовали проведения предварительного этапа летной отработки изделия на трассе внутреннего полигона.

Следующим этапом совершенствования малогабаритного высокоскоростного ББ стала разработка ЯБП, в конструкции которого, наряду с применением еще более мощного заряда малого класса мощности, были реализованы все достигнутые на тот период наработки материаловедческого, технологического и конструкторского характера, что поставило его на один уровень с лучшим зарубежным аналогом – боеголовкой Mk76.

Данный ЯБП разрабатывался для применения в комплексе Д-9РМ, но фактически стоял на вооружении комплекса Д-19 до истечения сроков гарантии.

Одновременно с созданием высокоскоростных ББ малого класса мощности была начата разработка боевого блока нового поколения среднего класса мощности. В этой разработке были использованы все знания и опыт, полученные при отработке ББ малого класса мощности, а также применен созданный специально заряд, обладающий рекордными удельными характеристиками.

В разработке ЯБП третьего поколения для ракетных комплексов ВМФ принимали участие

О. Н. Тиханэ, В. А. Верниковский, В. А. Август, В. М. Правдин, В. Д. Потеряев, Б. Е. Коновалов, Р. Н. Огиёв, А. С. Бодрашёв, Г. Д. Зеленкин, Р. А. Никитенко, Н. Н. Пироженко, В. А. Гопаца, Б. И. Коротун, В. Г. Есиков и другие.

#### *Модернизация и разработка новых ЯБП для БРПЛ*

По результатам проведенных в период 1970–1985 гг. работ по комплексам ракетного оружия ВМФ и в том числе по ЯБП малого и среднего класса мощности был достигнут «революционный» рост основных характеристик, определяющих боевую эффективность комплексов.

Приведенная точность стрельбы за период создания трех поколений ракетных комплексов ВМФ увеличилась более чем на 2 порядка (примерно в 200 раз). Столь радикальное улучшение точности стрельбы стало возможным, с одной стороны, за счет улучшения характеристик систем управления, разработанных специалистами НПО «Автоматика» (в том числе за счет применения систем астро- и радиокоррекции), с другой стороны, за счет существенного снижения собственного баллистического рассеивания боевых блоков на атмосферном участке траектории путем применения новых теплозащитных материалов с минимальными параметрами теплового уноса. За период отработки высокоскоростных боевых блоков (1970–1985 гг.) их собственное рассеивание было снижено более, чем в 9 раз в продольном направлении и в 7 раз в боковом направлении.

Достижения в создании ядерных боеприпасов были бы невозможны без совершенствования основных систем и устройств, входящих в их состав.

#### 1. Системы неконтактного подрыва (СНП).

До 1965 г. для всех классов ЯБП радиолокационные датчики высоты (радиодатчики) разрабатывались предприятиями Министерства радиотехнической и оборонной промышленности (главные конструктора Е. Н. Геништа,



О. А. Варра, В. П. Курячев, С. Е. Петров, Н. В. Серебров). Начиная с 1966 г., разработка радиодатчиков практически для всех классов изделий осуществлялась в НИИИС под руководством Н. З. Трemasова.

ВНИИТФ был пионером в разработке нерadiолокационных систем неконтактного подрыва ЯБП ракетных комплексов ВМФ и РВСН. Примером служат разработанные, переданные в серийное производство и принятые на вооружение в составе ЯБП исполнительные критические датчики нескольких модификаций. Разработка более совершенных приборов в интересах концентрации возможностей отрасли вместе с тематикой и специалистами была передана в НИИИС, в тесном взаимодействии с которым в дальнейшем осуществлялась разработка датчиков различного типа.

В результате длительного «эволюционного» развития точность срабатывания СНП по высоте повышена более чем в 2 раза, а для комбинированной системы с инерционным интегрирующим датчиком и корректирующим радиоканалом – в 5–6 раз.

В настоящее время создана и отработана наиболее совершенная СНП – так называемая «инерциальная адаптивная система подрыва (ИАСП)», основанная на вычислении во время полета текущих параметров движения изделия и позволяющая оптимизировать момент срабатывания изделия по результатам сравнения расчетных и фактически реализовавшихся параметров, с учетом корреляционной связи между отклонениями по дальности и высоте. Особенности алгоритма функционирования и возможность адаптации ИАСП к условиям боевого применения позволяют обеспечить достижение высокой эффективности поражающего действия без применения радиоканала. При этом, несмотря на схмотехническую и алгоритмическую сложность системы, достигнуты приемлемые массо-габаритные характеристики системы.

## 2. Измерители ускорений.

Важную роль в совершенствовании СНП имела разработка измерителей ускорений частотного типа. ВНИИТФ совместно с УЭМЗ и НИИИС осуществил в этом направлении ряд разработок, с постепенным улучшением их характеристик.

Применение прогрессивных технических решений позволило получить практически линейную характеристику измерителя, уменьшить массу и температурную погрешность, повысить устойчивость к механическим воздействиям (значительный вклад в эти разработки внесли Ю. М. Биянов и Г. Г. Смирнов).

## 3. Полетные задания.

Постепенно совершенствовались способы расчета, формирования и ввода полетного задания (ПЗ) ЯБП.

На первых изделиях (комплексы Д-2, Д-4) осуществлялось ручная подготовка и ручной дистанционный ввод ПЗ. На последующих изделиях была освоена автоматическая подготовка ПЗ и его ввод в ЯБП, при этом расчет ПЗ производился с учетом статистических данных по отклонениям термодинамических параметров атмосферы в районе цели, что позволило существенно уменьшить отклонения срабатывания изделий по высоте. Вначале ПЗ вводилось в ЯБП вручную автономными пультами предстартовой подготовки, затем пульта стали дистанционно управляемыми и автоматизированными, постепенно превратившись в согласующие устройства между корабельной аппаратурой системы управления ракетой и системой автоматизации ЯБП.

Для изделий современной разработки расчет и ввод ПЗ осуществляется бортовой ЦВМ ракеты, при этом осуществляется согласование алгоритмов и параметров сигнала обмена информацией. Параллельно с совершенствованием аппаратного исполнения происходили изменения и в характере передаваемой информации: от аналоговых силовых команд до цифровых кодированных информационных



массивов. Значительный вклад в эти разработки внесли В. С. Ярославцев, С. А. Деев, В. Г. Старцева.

#### 4. Резервные источники тока.

ВНИИТФ является пионером в создании систем электропитания автоматики ЯБП с использованием «короткоживущих» резервных (разогревных) источников тока. Правильность и перспективность таких систем электропитания подтверждена временем. О качестве и надежности этих систем свидетельствуют результаты выборочного контроля и исследований изделий при разборке после истечения сроков гарантии. Значительным вкладом, обеспечившим применение резервных источников тока в ЯБП ракетных комплексов, являлась доброжелательная и заинтересованная позиция ГРЦ и лично В. П. Макаева, позволившая провести полномасштабную отработку систем задействования для приведения резервных источников тока в рабочее состояние.

Конечно, достигнутые результаты не исчерпывают проблему создания источников тока для ЯБП ввиду появления новых задач, для решения которых требуются и новые идеи, и новые технологии.

#### 5. Температурные датчики (ТДР).

Такие датчики широко применяются в изделиях разработки ВНИИТФ для ракетных комплексов ВМФ и РВСН.

Было найдено радикальное решение, полностью исключаящее влияние ТДР на параметры движения, тепловые нагрузки на корпус и сигнальные характеристики боевого блока. Проведенные огневые стендовые и летные полигонные испытания такого датчика в составе ЯБП подтвердили техническую возможность и эффективность данного технического решения.

#### 6. Системы датчиков ударных (СДУ).

Благодаря достижениям в проектировании СДУ, ВНИИТФ смог отказаться от услуг специализированной организации Министерства оборонной промышленности, которая раньше

по ТЗ института разрабатывала СДУ как полностью автономную систему. Для обеспечения срабатывания изделий в режиме «наземный (контактный) подрыв» был разработан ряд новых конструкций датчиков, отличающихся от ранее разработанных простотой изготовления, высокой эксплуатационной надежностью, повышенной устойчивостью к механическим и тепловым воздействиям. Все разработанные системы ударных датчиков подтвердили свою работоспособность при летных и «приведенных» испытаниях, проводимых путем имитации соударения изделия с преградой методом обращенных пусков на реактивно-катапультных установках. Совместно с ВНИИЭФ и ВНИИА, на основе анализа результатов проектирования, расчетов работоспособности и испытаний СДУ разработаны единые руководящие технические материалы по расчету работоспособности и испытаниям систем ударных датчиков (значительный вклад в разработку СДУ внесли ведущие специалисты А. П. Жуков и Е. П. Кирионин).

#### 7. Системы спецконтроля.

Одной из проблем, ставших на пути создания высокоскоростных боевых блоков, было получение информации при летных испытаниях в условиях плазмообразования при полете в плотных слоях атмосферы. Потребовалось осуществление комплексной многовариантной программы теоретических и экспериментальных исследований, в ходе которых были найдены технические решения, позволившие максимально использовать для указанных целей существующие средства контроля ЯБП. Эти средства были модернизированы таким образом, что кроме контроля специфических параметров функционирования автоматики ЯБП смогли обеспечить также контроль действующих на атмосферном участке полета физических параметров, в значительной мере заменив штатные телеметрические системы (В. Н. Белов, В. Д. Кучеренко, Е. Г. Олейников и Н. Т. Аполлонов).



Все вышеприведенные факторы совершенствования ракетного оружия ВМФ и ядерных боеприпасов для его оснащения привели к существенному повышению боевой эффективности ракетных комплексов ВМФ. Если раньше основным назначением морских стратегических ядерных сил считалось поражение площадных целей с невысоким уровнем защищенности, то комплексы третьего поколения и последующие, находящиеся в разработке, уже способны поражать малоразмерные цели практически любой фортификационной защищенности. Более того, высокая точность стрельбы позволяет структурировать большие площадные цели, выделяя из них ключевые элементы, поражение которых нарушает функционирование всего объекта целевой обстановки.

В целом, тактико-технические характеристики морских ракет третьего поколения и их боевого оснащения, влияющие на стратегическое равновесие (дальность и точность стрельбы, количество и эффективность боеголовок, боеготовность, залповость, всепогодность и т. д.), выровнялись с соответствующими характеристиками морских ракетных комплексов США. Более того, ракета Р-29РМ имела на период разработки (1986 г.) и имеет в настоящее время наивысший показатель энергетического совершенства как среди морских, так и среди сухопутных отечественных и зарубежных ракет. Важным фактором, позволившим достигнуть этого уровня, является выход отечественных боеголовок (ядерных боеприпасов) по массо-габаритным характеристикам и удельным показателям на уровень лучших зарубежных аналогов.

В этот период разработан ЯБП нового поколения, максимально обеспечивающий выполнение современных требований по безопасности во всех условиях эксплуатации, а также в аварийных ситуациях (в разработке ЯБП приняли активное участие А. Н. Сенькин, Г. Д. Зеленкин, А. А. Сучков, В. Д. Потеряев, С. И. Сабуров, Е. Ф. Чуйков, Э. Е. Ершов, Б. И. Коротун, С. Ф. Бабин, Г. Л. Сегад, В. М. Овчинников)

В разработке этих ЯБП принимали участие Г. Н. Рыкованов, Р. И. Вознюк, А. Н. Сенькин, Г. Д. Зеленкин, С. Г. Андреев, Ю. П. Фомин, О. В. Суворов, В. А. Страшель, В. В. Андреев, В. Г. Старцева, В. И. Зыков, Л. Н. Назарова.

За активное участие в создании, испытаниях, освоении в серийном производстве ядерных боеприпасов и оснащении ими ракетных комплексов ВМФ ряд сотрудников ВНИИТФ удостоены званий:

- < лауреатов Ленинской премии – Л. Ф. Клопов (1963 г., комплекс Д-2), О. Н. Тиханэ (1974 г., комплекс Д-9), Н. В. Карих (1989 г., комплекс Д-9РМ);
- < лауреатов Государственной премии СССР и РФ – В. В. Столяров (1978 г., комплекс Р-29Р), Б. Е. Коновалов и В. П. Семикопенко (1980 г., комплекс Д-9Р), Л. А. Бобров, Н. Ф. Булатов, Л. М. Захаренко, Б. В. Мокроусов (1981 г., современные ЯБП с повышенными удельными характеристиками), С. А. Деев, Р. А. Никитенко (1982 г., за разработку СНП для ЯБП РК ВМФ и РВСН), А. А. Жуков (1984 г., комплекс Р-39), Ю. Л. Дмитраков, Э. Е. Ершов, Э. Н. Кузьмин (1985 г., унифицированный ЯБП), Г. Д. Зеленкин, В. М. Овчинников (2004 г.).

#### 1.4. Ядерные боеприпасы для ракет РВСН серии УР-100

Важнейшую часть триады стратегических ядерных сил представляют собой РВСН – ракетные войска стратегического назначения, имеющие на вооружении межконтинентальные

баллистические ракеты (МБР) наземного базирования.

РВСН были сформированы в 1959 г. Первой МБР, поступившей на вооружение РВСН





в 1960 г., была ракета Р-7. Основными разработчиками МБР в тот период были ОКБ-1 под руководством С. П. Королёва и с 1952 г. ОКБ «Южное», главным конструктором которого в 1954 г. был назначен М. К. Янгель.

### *Ядерные боеприпасы для сверхтяжелых ракет*

Для повышения могущества межконтинентальных ракет их необходимо было снабдить ядерным боеприпасом. Поэтому уже в 1952 г. КБ-11 (ВНИИЭФ) было поручено разрабатывать ядерный боеприпас с атомным зарядом для ракеты Р-5, а в 1954 г. – ЯБП с термоядерным зарядом для ракеты Р-7. С тех пор разработкой ЯБП для ракет С. П. Королёва и М. К. Янгеля занималось КБ-11. Следует отметить, что в термоядерном заряде для ракеты Р-7 был использован основной энерговыделяющий узел, сконструированный в НИИ-1011 (ВНИИТФ).

В 1960 г. авиационное ОКБ-23 было переориентировано на ракетную тематику. Главным конструктором вновь созданного ОКБ-52 в 1962 г. был назначен В. Н. Челомей, ранее занимавшийся разработкой крылатых ракет.

Помимо создания комплексов крылатых ракет различного назначения, ОКБ-52 (в последствии ЦКБМ, НПО машиностроения) под руководством В. Н. Челомея начало разработку МБР серии УР для РСН: УР-100, УР-200 и УР-500. Разработка ЯБП для этих ракет была поручена НИИ-1011 (РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина).

УР-200 (8К81) – тяжелая ракета, ее стартовый вес был равен ~138 т, длина без головной части (ГЧ) 32 м. Вес ГЧ составлял 2850 кг. Разработка ракеты была начата в 1961 г. Это была первая в стране ракета, для которой разрабатывалась маневрирующая в атмосфере головная часть. Впервые корпус боевого блока был выполнен не из металла, а из стеклопластика. В НИИ-1011 для этой ракеты разрабатывалось несколько вариантов ЯБП с зарядами различной мощности мегатонного класса.

Эскизный проект первого из этого нового для предприятия класса изделий был защищен в 1962 г. В процессе разработки изделия был создан ряд новых приборов системы автоматики, использованы оригинальные конструктивные решения и проведены некоторые новые исследования.

Разработка изделия велась с зарядами НИИ-1011 и КБ-11. Был проведен почти полный комплекс наземных и летных испытаний.

Эскизный проект следующего изделия с зарядом разработки НИИ-1011 был рассмотрен межведомственной комиссией (МВК) в 1964 г., и изделие рекомендовано для дальнейшей разработки.

Разработка изделий для неуправляемой орбитальной боевой части и маневрирующей орбитальной боевой части с зарядами разработки КБ-11 была начата в 1963 г. и доведена до стадии согласования конструктивно-компоновочных схем.

В 1964 г. во ВНИИТФ началась разработка новых изделий с зарядами КБ-11.

В том же году, несмотря на то, что летные испытания УР-200 проводились успешно, было принято решение о прекращении разработки ракеты. Мотивировкой прекращения работ являлось то, что ракета по своим ТТХ (открытый, без шахтной пусковой установки, старт) ненамного превосходит уже стоящую на вооружении ракету Р-16 и уступает находящейся в разработке ракете ОКБ М. К. Янгеля.

В связи с закрытием работ по комплексу была прекращена разработка двух изделий, а разработка четырех других изделий в 1964 г. по указанию руководства МСМ передана в КБ-11.

С 1960 г. в ОКБ-52 велась разработка еще более мощной ракеты УР-500. Стартовая масса ракеты составляла ~600 т, длина ракеты с различными вариантами ГЧ составляла 41–43 м, максимальный диаметр 7,4 м.

Для этой ракеты в НИИ-1011 в 1962 г. началась разработка ЯБП со 100-мегатонным зарядом.



Разработка изделия велась с зарядом КБ-11. Изделие было уникально по массе (более 10 000 кг) и габаритам, что требовало нестандартной схемы закрепления заряда. Разработка была доведена до эскизного проекта и сборки конструкторского макета.

Разработка изделий для неуправляемой орбитальной боевой части и маневрирующей орбитальной боевой части была начата в 1963 г. и доведена до стадии согласования конструктивно-компоновочных схем.

В дальнейшем разработку ЯБП для УР-500 постигла та же судьба, что и для УР-200.

В середине 1960-х годов правительственная конкурсная комиссия приняла решение, закрепляющее разработку тяжелых МБР за ОКБ «Южное», космическую тематику за ОКБ-1 С. П. Королева, а легкие МБР – за ОКБ В. Н. Челомея. При этом было принято решение, что с ОКБ «Южное» взаимодействует КБ-11, а с ОКБ В. Н. Челомея – НИИ-1011.

#### *Ядерные боеприпасы для легких ракет. Методики испытаний на воздействие ПФЯВ*

В первой половине 1960-х годов в связи с массовым развертыванием в США ракетных комплексов с МБР «Минитмен-1» и определенным прогрессом в создании американцами систем ПРО, сложились тревожные предпосылки утраты Советским Союзом способности к стратегическому сдерживанию США. Было признано необходимым создание ракетных комплексов нового поколения, обладающих такими качествами, как высокая защищенность и боеготовность, пригодность к массовому развертыванию, способность к длительному (не менее 5–10 лет) нахождению в боеготовом состоянии на боевом дежурстве.

В этих условиях В. Н. Челомеем был предложен к разработке ракетный комплекс стратегического назначения с МБР легкого класса (стартовая масса до 100 т) УР-100.

В основе предложенной ОКБ-52 лежали следующие основные решения:

- « построение ракетного комплекса, обеспечивающее повышенную боевую живучесть путем размещения ракет в отдельно стоящих шахтных пусковых установках (ШПУ), разнесенных на расстояние, исключающее поражение двух ШПУ одним боевым блоком атакующих ракет;
- « повышение боеготовности комплекса путем автоматизации процессов предстартовой подготовки и использования ракет с минимальным временем предстартовой подготовки;
- « обеспечение длительного хранения и удобства эксплуатации ракеты в заправленном и боеготовом состоянии в ШПУ путем «ампулизации» ракеты и размещения ее в герметизированном транспортно-пусковом контейнере.

ОКБ М. К. Янгеля были предложены к разработке комплексы с тяжелой МБР Р-36 (стартовая масса около 180 т) и МБР Р-26 (стартовая масса около 80 т).

К одновременной разработке были приняты ракетные комплексы с ракетой УР-100 и ракетой Р-36. Такое решение практически на три десятилетия определило основные пути развития группировок РСН. Ракетные комплексы с УР-100, развертываемые в большом количестве, обеспечивали выживаемость достаточного количества ракет для нанесения ответного удара.

На ракетный комплекс с МБР Р-36, оснащенный более мощной головной частью, возлагалась задача нанесения ответно-встречных и упреждающих действий.

Ракетный комплекс с МБР УР-100 – первый в стране комплекс с рассредоточенными шахтными пусковыми установками типа «одиночный старт». Технические решения, принятые в ракете, впервые в мире обеспечили возможность длительного (7–10 лет) нахождения ее на боевом дежурстве в полностью боеготовом



состоянии. На УР-100 впервые в стране были развернуты средства противодействия противоракетной обороне.

Ракета УР-100 (стартовая масса ~42 т, длина 16,8 м) могла оснащаться двумя вариантами головных частей: легкой, с обеспечением межконтинентальной дальности и тяжелой, с обеспечением средней дальности стрельбы.

Разработка ракеты УР-100 положила начало созданию целого класса ракет этой серии: УР-100М, УР-100К, УР-100У, УР-100Н, УР-100Н УТТХ.

Для ракеты УР-100 в НИИ-1011 с 1963 г. велась разработка двух изделий и с 1965 г. – третьего.

В 1967 г. разработка второго, а в начале 1968 г. и третьего изделия была прекращена.

Разработка первого из вышеназванных изделий – моноблочной боевой части с ядерным зарядом мегатонного класса разработки КБ-11 – продолжалась.

В 1966 г. изделие было принято на вооружение.

За большой вклад в создание этого изделия, обеспечивающего ядерным оснащением вновь разработанный ракетный комплекс для РВСН, большая группа сотрудников института была награждена орденами и медалями, а И. П. Борисову, Л. Ф. Клонову, В. Д. Потеряеву, А. С. Стоцкому, О. Н. Тиханэ присуждена Государственная премия СССР 1967 г.

В 1967 г. во ВНИИТФ началась разработка новой боевой части для ракеты УР-100 с зарядом разработки ВНИИЭФ.

При проектировании нового изделия организации-разработчики стремились к максимальному использованию результатов отработки предыдущего изделия и его основных узлов.

Это стало возможным в результате проведенных расчетно-теоретических исследований по определению зависимости показателей эффективности изделия от точности воздушного подрыва и мощности заряда, проведенных ВНИИТФ совместно с 12-м ЦНИИ МО, по обоснованию возможности применения и вы-

бора параметров инерционного критического датчика.

Принятые при разработке этого изделия схемно-конструкторские решения дали ряд преимуществ по сравнению с предыдущим изделием, основными из которых являются:

- < увеличение мощности изделия в 1,5–2 раза;
- < снижение массы изделия, что дало возможность улучшить систему радиотехнической защиты и довести максимальную дальность стрельбы боевой части до заданной тактико-техническими требованиями;
- < упрощение конструкции и повышение механической прочности корпуса.

Параллельно с отработкой изделия проводился большой объем работ, связанных с подготовкой к созданию нового поколения боевых частей, способных преодолевать систему противоракетной обороны (ПРО) вероятного противника.

В этот период создавались и совершенствовались методики испытаний и измерений на воздействие поражающих факторов ядерного взрыва (ПФЯВ). Были проведены экспериментальные исследования стойкости к воздействию ПФЯВ как для существующих, так и специально созданных для этой цели экспериментальных изделий. При создании этих методик и испытательных установок был решен комплекс научных, технических и производственных задач с участием специалистов теоретических и конструкторских подразделений института, заводов № 1 и № 2, а также Челябинского завода металлоконструкций, на котором изготавливались отсеки большой ударной трубы. Основные задачи были связаны с теоретическим и экспериментальным обоснованием возможности моделирования процессов ЯВ в наземных условиях, с созданием высокопрочных взрывных камер, обладающих необходимым ресурсом. Экспериментальное обоснование методик проводилось на модельных ударных трубах и в полномасштабных опытах с использова-



нием динамических макетов изделий. Актуальность работ была настолько высока, что на этапных экспериментах на внутреннем полигоне неоднократно присутствовали высшие руководители института и министерства и даже министр обороны маршал Советского Союза Д. Ф. Устинов и председатель ВПК при Совете министров СССР Л. В. Смирнов. Созданная в итоге работ научно-экспериментальная база позволила успешно отработать на стойкость к ПФЯВ и сдать на вооружение несколько десятков типов ядерных зарядов, ББ и ГЧ ракет и до настоящего времени широко используются при переаттестационных испытаниях серийных образцов и отработке перспективных изделий. Методики испытаний вошли в отраслевой стандарт (ОСТ) по комплексным испытаниям ЯБП на воздействие механических факторов. На материалах работ защищено 4 кандидатских и 2 докторских диссертации, получено 5 авторских свидетельств на изобретения. Ряд сотрудников удостоен правительственных наград и государственных премий. Наибольший вклад в создание методик и оборудования и испытания изделий внесли Б. В. Литвинов, И. В. Санин, А. В. Бородулин, А. К. Музыря, А. Н. Ткаченко,

А. Н. Щербина, К. К. Крутников, Б. В. Белоусов, А. Н. Мартемьянов, М. И. Ермошин, В. П. Левин, С. И. Карачинский, А. С. Балин, В. И. Букин, В. В. Голиков, Н. А. Бызов.

Достигнутое к этому периоду повышение точности стрельбы ракет позволило существенно снизить требуемую мощность, а следовательно, и массу зарядов.

Снижение массы автоматики было достигнуто вследствие создания целого ряда приборов разового действия. Большую работу в этом направлении проделал коллектив под руководством А. Г. Белявского.

В начале 1968 г. были успешно завершены государственные испытания, и в 1969 г. изделие, о котором шла речь выше, было принято на вооружение.

Для начавшейся в 1966 г. модернизации ракетного комплекса с ракетой УР-100 нашим предприятием были начаты работы по созданию:

- < моноблочной головной части;
- < тяжелой моноблочной головной части;
- < моноблочной головной части повышенной мощности;
- < головной части, разделяющейся на три боевых блока.



Вид участка рабочего поля с ударными трубами взрывного действия



Разработка трех изделий велась с зарядом КБ-11, а четвертого – с зарядом НИИ-1011. Однако разработка ракеты была прекращена, а вместе с ней были прекращены и разработки указанных изделий.

В 1968 г. началась разработка тяжелой моноблочной головной части ракеты УР-100К (с обеспечением возможности применения ее также в ракетном комплексе с ракетой УР-100). В процессе согласования ТТЗ в связи с повышением требований по точности попадания изделия в цель, принятых разработчиком ракеты, необходимость в тяжелой моноблочной части отпала, и разработка этого изделия была прекращена.

#### *Ядерные боеприпасы, стойкие к поражающим факторам ПРО*

В 1970 г. была начата разработка целой группы специальных боевых частей для ракет серии УР-100.

Разработка боевого блока разделяющейся головной части ракеты УР-100К велась по тактико-техническим требованиям МО, предъявившим качественно новые требования по обеспечению работоспособности изделия в более жестких условиях.

Из основных особенностей разработки следует отметить следующие:

1. Впервые в практике института разрабатывалось изделие для оснащения РТЧ, что обусловило особые требования по снижению габаритно-массовых характеристик.
2. В соответствии ТТТ МО головная часть должна была разрабатываться с учетом сохранения своих боевых характеристик при преодолении ПРО с жесткими параметрами воздействия.
3. Впервые в отечественной практике в составе спецаппаратуры были применены узлы одноразового действия.

Среди новых качеств, оказавших определенное влияние на выбор состава системы ав-

томатики, следует указать значительное повышение скорости полета ББ на конечном участке траектории. Увеличение скорости ББ было связано с необходимостью обеспечения высокой точности стрельбы и достигалось за счет существенного уменьшения баллистического коэффициента ББ.

Скоростные ББ обеспечивали сверхзвуковые скорости полета на приземных высотах, что принципиально изменяло баллистические условия функционирования изделия на траектории.

Особенностью описываемого изделия является повышенная стойкость к поражающим факторам ПРО и увеличенный срок между регламентными проверками.

Для этого изделия во ВНИИА был разработан блок автоматики, обеспечивающий работоспособность во взведенном состоянии и исключающий самопроизвольное срабатывание при воздействии факторов ПРО, выбранных на основании расчетов. Здесь впервые в системе автоматики ББ баллистических ракет как РВСН, так и ВМФ нашли применение разогревные источники тока, задействованные от термодатчиков. Это позволяло резко уменьшить массу СА и увеличить срок гарантии изделия, а также увеличить сроки между регламентными проверками и повысить безопасность при эксплуатации изделия. С целью уменьшения массы СА в изделии применены также пиротехнические временные устройства и реле.

Безопасность изделия при хранении, транспортировании и предстартовой подготовке обеспечивалась ступенями предохранения, для снятия которых были выбраны различные по физическому характеру факторы, проявляющиеся только в полете, а также наличием механических и электрических блокировок, обеспечивающих безопасность проведения регламентных работ.

Летные испытания подтвердили работоспособность системы автоматики и изделия в целом во всех условиях боевого применения.



В 1971 г. изделие было передано на вооружение. Принятие на вооружение ракетного комплекса с этим изделием было отмечено Государственной премией СССР. В числе лауреатов от ВНИИТФ был Э. Н. Чубаров.

Параллельно с вышеперечисленной разработкой ББ РГЧ по указанию руководства МСМ от 1969 г. для ракеты УР-100К разрабатывалась также моноблочная боевая часть (МБЧ) с зарядом ВНИИЭФ. Постановление правительства на эту работу вышло в 1970 г.

Требования к МБЧ в вопросах, связанных с обеспечением преодоления ПРО и существенным повышением эксплуатационных характеристик, согласно тактико-техническим требованиям МО, практически совпадают с аналогичными к ББ РГЧ.

Исходя из требований по повышению стойкости к поражающим факторам ПРО и увеличению срока между регламентными проверками, а также с учетом того, что МБЧ является высокоскоростной, принцип построения системы автоматики и ее узлы применены те же, что и в ББ РГЧ за исключением того, что датчики СДУ были заменены на более современные.

С учетом требований, предъявляемых к изделию МБЧ, ракетчиками была разработана оболочка корпуса ЯБП.

МБЧ обладала повышенной стойкостью к воздействию средств ПРО, механического импульса мягкого рентгеновского излучения и перепрузок ударной воздушной волны, что было подтверждено испытаниями. К моменту завершения испытаний МБЧ было принято совместное решение МО, МСМ и МОП о замене входящего в ее состав заряда на вновь испытанный экономичный заряд разработки ВНИИЭФ с повышенными характеристиками к действию поражающих факторов ядерного взрыва. Так как габаритно-присоединительные характеристики зарядов были идентичны, то эта замена потребовала проведения лишь ограниченного объема дополнительных испытаний.

В 1974 г. указанное изделие было принято на вооружение. Его применение в составе ракеты УР-100К обеспечило существенное повышение тактико-технических характеристик ракетного комплекса.

Из целой группы изделий для ракеты УР-100Н (стартовая масса ~105 т, масса ГЧ – 4300 кг), разработка которых началась в начале 1970-х годов, лишь одно изделие было передано в серийное производство – это боевой блок (с зарядом разработки ВНИИЭФ) для разделяющейся головной части индивидуального наведения (РГЧ ИН) модернизированной ракеты УР-100Н.

В отличие от предыдущих разработанных боевых частей, к РГЧ ИН были предъявлены еще более высокие требования по стойкости к поражающим факторам ядерного взрыва средств ПРО.

Эскизный проект изделия был разработан в 1971 г., а в 1973 г. – дополнение к эскизному проекту.

РГЧ ИН, по сравнению с ранее разработанными ГЧ, характеризуется малым значением баллистического коэффициента, что обеспечивало большие скорости движения при спуске в атмосфере.

РГЧ ИН явилось первым изделием разработки ВНИИТФ, в котором ракетчиками была реализована стабилизация ГЧ вращением вокруг продольной оси.

При разработке РГЧ ИН были сохранены принципы и, в основном, приборный состав МБЧ.

Было уделено внимание дальнейшему улучшению эксплуатационных характеристик, а также обеспечению безопасности изделия при эксплуатации.

Корпус изделия был выполнен по аналогии с ранее разработанными изделиями этого класса.

Оболочка корпуса имела радиолокационную защиту, выполненную по специальной схеме, разработанной с участием сотрудников РФЯЦ – ВНИИТФ.



Прочностные характеристики изделия были подтверждены испытаниями на воздействие ударной воздушной волны в ударной трубе.

В процессе наземных и летных испытаний была проверена работоспособность конструкции изделия при транспортировке, предстартовой подготовке, пуске, движении в шахте и в полете; оценена работоспособность и надежность спецаппаратуры; оценена безопасность работ с изделием и пр.

Принятие на вооружение этого боевого блока в значительной мере способствовало повышению боевой эффективности ракетного комплекса с ракетой УР-100Н.

Работы по созданию ракетного комплекса с модернизированной ракетой УР-100Н, оснащенной РГЧ ИН, были отмечены Ленинской и двумя Государственными премиями 1975 г. Среди сотрудников предприятий, участвующих в разработке, звания лауреата Государственной премии был удостоен В. М. Правдин.

#### *Разработка ЯБП для оснащения перспективных МБР*

В 1970-е годы во ВНИИТФ проводились работы по дальнейшему совершенствованию боевого оснащения перспективных межконтинентальных ракет в следующих направлениях:

- < определение возможности и целесообразности повышения уровня стойкости СБЧ к воздействию ПФЯВ средств ПРО;
- < оценка воздействия на изделие неядерных поражающих факторов (осколки, пыль и т. д.);
- < оценка затрат массы для повышения уровня стойкости и приемственность их для ракетного комплекса;
- < повышение точности срабатывания изделия в связи с возможностью существенного повышения точности стрельбы;
- < повышение эксплуатационных характеристик изделий нового поколения.

В 1975 г. было разработано техническое предложение, в котором показана принци-

пиальная возможность создания изделия повышенной стойкости к воздействию ПФЯВ (с зарядом ВНИИЭФ).

У этого изделия уровни стойкости в 3–4 раза превосходили соответствующие характеристики базового изделия, при этом массовые затраты, связанные с повышением стойкости, составляли ~16% по сравнению с базовым изделием.

Работы по этому изделию были завершены в 1977 г. проведением испытаний изделия в натурном физическом опыте. Результаты, полученные в процессе разработки и испытаний, были в полной мере использованы при проектировании следующего изделия, его разработка проводилась во ВНИИТФ с 1974 г. в инициативном порядке на основании указания руководства МСМ и МОМ.

Оно предназначалось для поражения стратегических целей, защищенных развитой противоракетной обороной.

Во ВНИИТФ были проведены компоновочные проработки и составлены предварительные конструктивно-компоновочные схемы боевых блоков с тремя различными зарядами разработки ВНИИТФ.

В разработанном в 1976 г. техническом предложении был представлен оптимальный по эффективности вариант боевого блока, позволяющий довести количество боевых блоков в составе боевого оснащения до 10–12 штук.

Однако совместные проработки ВНИИТФ и смежных предприятий не встретили своевременной поддержки у заказчика, и в соответствии с проектом договора об ОСВ-2 на этот класс носителей было введено ограничение по числу боевых блоков – не более шести.

На основании постановления правительства работы по новому изделию в 1976 г. были прекращены.

В 1976 г. в ЦКБМ В. Н. Челомея, в соответствии с постановлением правительства, были возобновлены работы по комплексу УР-100Н УГТХ.



Ракета УР-100Н УТТХ (с улучшенными тактико-техническими характеристиками) по своей конструкции полностью аналогична ракете УР-100Н. Прирост характеристик достигался за счет внедрения новой системы управления и улучшения боевого оснащения ракеты, в том числе за счет установки на ракету нового комплекса средств преодоления ПРО.

Повышение стойкости элементов ракетного комплекса к поражающим факторам ядерного взрыва обеспечивалось принятием ряда решений в части аппаратуры системы управления, и внедрением шахтной пусковой установки высокой защищенности новой разработки. Для этого комплекса во ВНИИТФ в 1976 г. была начата разработка изделия с зарядом ВНИИЭФ.

Первоначально предполагалось для этого изделия разработать специальный корпус, обеспечивающий высокую скорость полета на конечном участке траектории.

Однако анализ требований заказчика показал, что требуемые характеристики могут быть обеспечены заменой в базовом изделии заряда на более совершенный с увеличением мощности на 25%. При этом основные габаритные размеры, прочностные характеристики зарядов близки, поэтому удалось в значительной мере использовать схемно-конструктивные решения, реализованные в базовом изделии.

При создании нового изделия специалистами ВНИИТФ совместно с ракетчиками были решены задачи баллистического проектирования, позволившие более чем в 1,5 раза повысить точность стрельбы по сравнению с базовым изделием.

Высокая степень унификации по аппаратуре автоматки, корпусу, схемным и конструктивным решениям, а также идентичность аэробаллистических и массовых характеристик обоих изделий позволили полностью распространить на новое изделие результаты летных и (частично) наземных испытаний базового изделия. Это

дало возможность значительно сократить сроки разработки и финансовые затраты.

Достигнутая степень унификации изделий обеспечивала возможность взаимозаменяемости боевых блоков в составе разделяющихся головных частей.

В середине 1979 г. были успешно завершены совместные летные испытания.

#### *Модернизация боевых блоков ракетных комплексов*

Дальнейшие работы по оснащению комплексов РВСН ядерными боеприпасами были направлены на модернизацию боевых блоков в части повышения безопасности эксплуатации и применения, увеличения гарантийных сроков.

Так, в 1983 г. была завершена разработка (начало в 1979 г.) боевого блока с зарядом ВНИИТФ, который по своим техническим и эксплуатационным характеристикам значительно превосходил предыдущее изделие.

Для ракет УР-100Н УТТХ в 1993 г. была начата разработка нового варианта изделия. В новом ББ был использован модернизированный заряд (разработка ВНИИЭФ), обеспечивающий высокую степень безопасности при эксплуатации.

Принятие на вооружение этого изделия обеспечило ракетный комплекс качественно новым боевым блоком, отвечающим современным требованиям по безопасности.

Работа по созданию указанного ББ была отмечена премией Правительства РФ 2001 г. Среди сотрудников института лауреатами стали А. Н. Сенькин, З. А. Горелик, В. А. Страшель, Г. К. Румянцев.

Ракеты УР-100Н УТТХ на сегодняшний день являются наиболее длительно находящимися в мире на боевом дежурстве. В 2004 г. был проведен запуск ракеты, находившейся на боевом дежурстве свыше 25 лет. Работы по продлению сроков эксплуатации были отмечены в 2003 г. Государственной премией РФ имени Маршала





Советского Союза Г. К. Жукова. В составе творческого коллектива звания лауреата указанной премии удостоен сотрудник ВНИИТФ Н. А. Ушаков.

Таким образом, благодаря самоотверженному труду многих сотрудников различных подразделений института, для МБР серии УР-100 были разработаны и сданы на вооружение ЯБП, в числе которых были моноблоки с мощными зарядами мегатонного класса, «средние» и «легкие» ББ для РГЧ.

Разработка ЯБП для ракет РВСН серии УР-100 в разные годы проводилась под руководством главных конструкторов А. Д. Захаренкова, Л. Ф. Клопова, О. Н. Тиханэ, В. А. Верниковского, А. Н. Сенькина, первых заместителей главных конструкторов Н. В. Колесникова, Д. Ф. Вовченко, Н. В. Кариха, начальников секторов (отделений) М. А. Бибикина, Р. Н. Огнёва, А. С. Стоцкого, О. М. Журавлёва, В. Д. Потеряева.

Разработка ЯБП этого класса проводилась в конструкторском отделе возглавляемом

(в разные годы) О. Н. Тиханэ, Р. Н. Огнёвым, Л. С. Сильверстовым, Ю. Ф. Титаренко.

Координация всех работ по разработке в течение более чем 25 лет проводилась ведущим конструктором (главным специалистом) по тематическому направлению Э. Н. Чубаровым, а с 1991 г. – главным специалистом тематического направления С. И. Сабуровым.

Наиболее значительный вклад в разработку ЯБП для ракет серии УР-100 внесли:

- < конструкторы Ю. Ф. Титаренко, Г. А. Лобанов, И. М. Перевозчиков, В. М. Ублинский, О. М. Котецкий, В. И. Степанов;
- < разработчики схем и приборов Н. В. Покровский, И. П. Борисов, В. М. Овчинников, Р. Р. Закиров, А. Г. Белявский, З. А. Горелик, С. Т. Орендаренко, В. В. Балюков, Ю. М. Биянов, О. Н. Борщевский, В. И. Чаадаев;
- < баллистики В. Д. Потеряев, В. М. Правдин, Г. Л. Сегал;
- < испытатели И. Д. Алексеев, А. К. Бакланов, Б. К. Абакулов, В. В. Абрамов, В. А. Попов.

### 1.5. Ядерные боеприпасы для комплексов ПВО

В самый разгар холодной войны возможность ядерного нападения на СССР была чрезвычайно велика. Основным средством доставки ядерного оружия в это время была стратегическая авиация, средством противодействия которой являлись комплексы ПВО в составе истребителей-перехватчиков и зенитных управляемых ракет.

Оснащение ядерными боеприпасами комплексов ПВО осуществлялось с целью повышения боевой эффективности комплексов в условиях массированного нападения авиации, поскольку зенитные управляемые ракеты с ядерным боевым оснащением способны поражать групповые аэродинамические цели, рассеивать группы самолетов, лишая их возможности выйти на боевые курсы бомбомета-

ния, поражать самолеты-постановщики помех (поражение которых осколочными боевыми частями из-за больших промахов проблематично), нейтрализовать ядерные заряды в составе боеприпасов на борту бомбардировщиков. В связи с этим ЦК КПСС и Совет Министров СССР принимают постановление о разработке и оснащении зенитных управляемых ракет войск ПВО страны ядерными боевыми частями. Разработка этих ЯБП была поручена РФЯЦ – ВНИИТФ.

Для комплексов ПВО было разработано три ядерных боеприпаса.

Первые два из них разработаны в период 1958–1964 гг. Заказчиком этих разработок являлось 6-е Управление ВВС, руководителем которого в тот период был генерал-полковник Г. Ф. Байдуков, в прошлом сподвижник Валерия



Чкалова в легендарном полете в Америку через Северный полюс.

Первое изделие разрабатывалось ВНИИТФ для оснащения стационарной системы противовоздушной обороны С-25 г. Москвы. Зенитная управляемая ракета (ЗУР) «218» разрабатывалась филиалом фирмы Лавочкина под руководством главного конструктора Потопалова.

Второе изделие разрабатывалось также ВНИИТФ, оно предназначалось для оснащения системы ПВО С-75 с ЗУР, разработанной фирмой «Факел» (сегодняшнее наименование) под руководством главного, а затем генерального конструктора П. Д. Грушина. Этот комплекс широко известен, поскольку им был сбит (естественно, в комплектации с ОБЧ) в районе Свердловска разведывательный самолет У-2, пилотируемый Пауэрсом.

Отличия в конструкции, составе и схеме этих изделий определяются, в основном, различием носителей и применяемых ядерных зарядов.

Первый ЯБП был собран в собственной капсуле с использованием заряда разработки ВНИИТФ.

Второй ЯБП собирался непосредственно в отсеке ракеты, с использованием заряда разработки ВНИИЭФ. Отсек имел небольшую надкалиберность из-за габаритов заряда.

Разработка ядерных боевых частей для ЗУР поставила ряд проблем, главной из которых являлось обеспечение безопасности боевого применения: комплексы ПВО с ЗУР применяются над своей территорией, служат для обороны военных объектов и административно-промышленных центров. Поэтому необходимо исключить ядерный взрыв БЧ на опасных для наземных объектов высотах как при нормальном полете ракеты к цели, так и в случае промаха или аварийного полета ракеты, в том числе и в случае, когда наземная станция наведения не сможет осуществлять нормальное наведение на цель (в случае сбоя или аварии). Недопустимо также падение ракеты с взведенной ядерной БЧ.

Для обеспечения безопасности боевого применения были приняты комплексные схемно-конструкторские меры в аппаратуре системы автоматики ЯБП и системы управления ЗУР.

Прежде всего, в целях обеспечения безопасности применения ЗУР с ядерной БЧ было предложено увеличить надежность ракет по сравнению с их базовыми вариантами, что было принято и выполнено путем дублирования основных цепей и узлов систем управления ЗУР.

В состав системы предохранения боевых частей были включены специальные устройства, обеспечивающие исключение ядерного взрыва на опасных высотах. В дополнение к системе предохранения в автоматике БЧ была также предусмотрена автономная система «пассивной» самоликвидации БЧ, срабатывающая или в случае промаха (по истечении максимального времени полета до цели) до падения на землю, или при аварийном полете ракеты.

Питание цепей самоликвидации осуществлялось от отдельного источника тока резервного (разогревного) типа. Этот факт заслуживает особого внимания, как первый случай использования источников питания данного типа, нашедших в дальнейшем широкое применение в ядерных боеприпасах, благодаря своим уникальным качествам, основными из которых являются высокая степень эксплуатационной надежности и безопасности.

Летные испытания этих изделий проводились на 4-м ГЦП (г. Капустин Яр) и на 10-м ГНИИП (г. Приозерск, оз. Балхаш) в 1962–1964 гг. Сотрудники ВНИИТФ участвовали в летно-конструкторских испытаниях ракет еще до начала испытаний контрольных комплектаций БЧ с целью исследования систем датчиков и определения достижимой точности их работы. Летные испытания прошли успешно, изделия были рекомендованы к принятию на вооружение. Конструкторская документация передана серийным предприятиям в 1964 г.



Необходимо отметить, что подвижный характер комплекса С-75 потребовал впервые в практике МСМ предусмотреть в эксплуатационной документации проведение полного объема регламентных работ в специальных подвижных базах.

Разработкой конструкций боевых частей и устройств механической стыковки их с носителями занимались Н. В. Колесников, П. П. Додонов, Б. В. Белоусов, В. В. Буздыгар, Н. А. Библикин, Г. Г. Пашнин, Ю. Е. Карпов и др.

В разработке электрических схем этих БЧ, схем электрической стыковки с носителями и организации взаимодействия и эксплуатации участвовали Н. В. Покровский, М. А. Татаринцева, С. В. Смирнов, О. А. Полудина, Я. Х. Еникеев и другие сотрудники.

Барометрические датчики для систем предохранения и самоликвидации БЧ были разработаны во ВНИИТФ О. П. Романовым, Ю. М. Бияновым, О. Н. Борщевским и др.

В летных испытаниях активное участие принимали А. С. Стоцкий, Д. Ф. Возченко, О. М. Журавлёв, А. К. Бакланов, В. В. Абрамов, Н. А. Худотеплов, В. Ф. Иванов, К. А. Беседин, А. Т. Худяков.

Недостатком разработанных изделий было значительное ограничение зоны применения зенитных комплексов с ядерными БЧ по минимальной высоте. По опыту боевого применения ком-

плекса С-75 по Вьетнаме и Египте, а также в связи с освоением предполагаемым противником методов применения самолетов-носителей ЯО на малых и предельно малых высотах, комплекс подвергся глубокой модернизации. В 1967 г. ВНИИТФ получил задание на разработку новой БЧ для модернизированного комплекса С-75М с расширенными возможностями боевого применения.

Это изделие было разработано с зарядом ВНИИТФ, имеющим существенно меньшие габариты, что позволило сконструировать его в собственном корпусе (ампуле) и исключить надкалиберность боевой части. При этом была обеспечена унификация ракеты для ядерной и обычной боевых частей.

При разработке изделия был использован опыт и методический задел, приобретенные ранее. Существенным оказалось и тесное общение с разработчиками ЗУР и комплексов в процессе летных испытаний этих изделий. При проектировании изделия было использовано комплексирование средств ЯБП, ЗУР и наземного оборудования для решения задач расширения зоны боевого применения и обеспечения безопасности наземных объектов и населения.

Летные испытания изделия проводились на 10-м ГНИИП с июля 1971 г. по апрель 1973 г. и прошли без замечаний. Изделие было принято на вооружение, конструкторская документация



Пусковая установка комплекса С-75



РЛС комплекса С-75



передана серийному предприятию в октябре 1973 г. Это изделие существенно повысило боевые возможности войск ПВО страны и длительное время находилось в эксплуатации (до конца прошлого столетия).

## 1.6. Ядерная артиллерия

### *Введение*

Работы по созданию ядерных зарядов для артиллерийско-минометных систем начинались во ВНИИЭФ, еще до организации нового центра – РФЯЦ – ВНИИТФ.

Как известно, первые ядерные заряды в США и СССР были больших размеров (диаметром до 1,5 м). В 1950-е годы во ВНИИЭФ проводились поисковые работы по принципиальному решению проблемы: возможности создания работоспособной физической схемы ядерного заряда в малом калибре. К 1956 г. специалистам в РФЯЦ – ВНИИЭФ (научный руководитель академик М. А. Лаврентьев, газодинамики В. М. Некруткин, А. И. Кузьмич, конструктор А. М. Абрамов и др.) удалось, используя традиционную физическую схему ядерного заряда, разработать и провести натурные испытания малогабаритного (по тому времени) ядерного заряда, вписывающегося в снаряд калибра 406 мм. Однако применения он не получил, поскольку не обладал свойством ядерной взрывобезопасности. К тому же, в сухопутных войсках СА не было и пушек такого калибра. Все дальнейшие работы во ВНИИЭФ по ядерному заряду и снаряду калибра 406 мм были прекращены.

Полномасштабная работа по созданию ядерного оснащения артиллерийских боеприпасов для артиллерийско-минометных систем, находящихся на вооружении сухопутных войск, была начата во ВНИИТФ (тогда НИИ-1011) в середине 1960-х годов, после выхода Постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 30.06.66 № 500–162.

В разработке и испытаниях изделия принимали участие О. Н. Тиханэ, Н. В. Карих, Р. Г. Мударисов, В. В. Логичев, И. П. Борисов, В. П. Герасимов, Б. И. Коротун, Л. В. Малёванный, Г. А. Тарусин, А. П. Кошмин.

Выходу этого постановления предшествовала большая научно-исследовательская работа по поиску возможностей создания малогабаритного прочного, безопасного при обращении в эксплуатации и работоспособного ядерного заряда для артиллерийского снаряда, проведенная в РФЯЦ – ВНИИТФ, начиная с 1960 г.

Для более глубокого изучения проблемы, поиска конструкторских решений и выяснения возможности создания ядерных зарядов нового класса, отличающихся рекордно малыми габаритами и высокой прочностью, по инициативе научного руководителя и главного конструктора К. И. Щёлкина в апреле 1960 г. в РФЯЦ – ВНИИТФ был создан научно-конструкторский отдел во главе с В. Д. Кирюшкиным.

В начальный период при проработке физической схемы и создании образа ядерного заряда приходилось сталкиваться с комплексом противоречивых условий (требований):

- < заряд должен быть безопасным как при обращении с ним, так и в условиях артиллерийского выстрела и в то же время содержать в своем составе пирофорные продукты, взрывчатые вещества и средства инициирования;
- < заряд должен быть ядерно-безопасным, при массе делящихся материалов, близкой к критической;
- < заряд должен сохранять прочность в условиях артиллерийского выстрела, хотя имеет в своем составе хрупкие и непрочные спецматериалы;



« заряд должен сохранять свои боевые свойства (качества) в течение гарантийного срока службы (десятки лет), при том, что в нем используются материалы далеко не коррозионностойкие при воздействии поверхностно-активных сред, в том числе влаги и атмосферных воздействий.

При проведении конструктивно-компоновочных работ необходимо было вписаться в габариты и массу штатного снаряда. При этом уложившись в оптимальные соотношения моментно-массовых характеристик снаряда, т. е. это, в конечном счете, определяет устойчивость снаряда на траектории, направленность его полета и обеспечение максимальной дальности и кучности стрельбы.

Одной из основных проблем, возникавших при создании ЯЗ ствольной артиллерии, являлась проблема исполнения их в рекордно малых габаритах и с высоким уровнем прочности. Для этого делящийся материал детали должен был обладать комплексом высоких прочностных и пластических характеристик, способных противостоять сложным видам нагружения, а также сохранять уровень физико-механических свойств в процессе длительной эксплуатации при силовых, тепловых и климатических воздействиях.

Комплекс лабораторно-конструкторской обработки деталей из этого сплава в составе штатных образцов ЯЗ позволил также ввести сплав этой марки в отраслевой стандарт.

По мере разработки конструкций и сдачи на вооружение, с повышением постоянно возрастающих требований заказчика повышались и требования к исходным материалам и технологиям изготовления.

Комплекс целевых конструкторско-технологических работ, направленных на изучение и улучшение механических свойств существовавших в отрасли спецматериалов и на создание и внедрение в промышленность на их основе новых сплавов, снял проблему конструирова-

ния особо нагруженных деталей ЯЗ, расширил возможности конструирования и позволил создать надежные высокопрочные конструкции ЯЗ для высокودинамичных артиллерийских боеприпасов.

#### *Разработка первых артиллерийских ЯЗ и СБЧ*

В течение 1961–1965 гг. были завершены расчетно-конструкторские работы по разработке нескольких модификаций зарядов калибра 203,2; 180 и 152 мм. Расчетно-теоретические работы по выбору различных физических схем ядерного заряда проводили физики-теоретики Ю. А. Романов и А. В. Говорков, М. Н. Нечаев, Ю. С. Вахрамеев под непосредственным руководством Е. И. Забабахина.

Для разработки первой конструкции малогабаритного ЯЗ была принята физическая схема, расчеты которой проводил Ю. С. Вахрамеев. На основе этой физической схемы, была разработана конструкция первого рекордно малых размеров и веса экспериментального варианта ЯЗ. И уже в октябре 1962 г. были проведены натурные испытания этого заряда. В разработке конструкции принимали участие В. Д. Кирюшкин, Г. А. Введенский, В. И. Ягодников, Б. Н. Семёнов, В. А. Горопашный, А. М. Лясота, В. И. Прохоров. Газодинамические исследования проводили В. К. Орлов, В. П. Ратников и В. П. Пресняков с сотрудниками.

Натурные испытания этого ЯЗ показали прекрасные результаты, превзошедшие теоретические расчеты и ожидания разработчиков. Физическая схема этого заряда была положена в основу технических проектов ЯЗ для инженерной мины и ЯЗ для 152 мм снаряда.

За этот период времени был выявлен круг вопросов, подлежавших более глубокой и тщательной проработке. Выдано ТЗ на разработку сплава с повышенным уровнем механических свойств на основе спецматериала.



К сожалению, работы по этой теме были прерваны примерно на 3–4 года. Причина заключалась в том, что министр среднего машиностроения Е. П. Славский эту тематику не поддерживал. Н. С. Хрущёв, будучи в этот период Генеральным секретарем ЦК КПСС, был «загипнотизирован» перспективой межконтинентальных баллистических ракет и считал тактическое ядерное оружие и, в частности, артиллерию просто не нужными.

В связи с этим работы 1962–1966 гг. по этому направлению проводились как инициативные, на вдохновении творческого коллектива молодых конструкторов, физиков-теоретиков и газодинамиков, полных энергии, оптимизма и творческого задора, во главе с Е. И. Забабахиным, который практически был идеологом в выборе физических схем зарядов этого направления. Он проводил совещания с обсуждением хода конструкторских проработок и газодинамических исследований. С появлением затруднений в ходе работ давал советы и руководящие указания, контролировал сроки и результаты исполнения.

Разработка ядерных зарядов для артиллерийских боеприпасов стала задачей государственной, а для отдела и института актуальной и основной, только после того, как в руководстве ЦК КПСС и правительстве страны произошли изменения. Работы активизировались в связи с принятием постановления Правительства от 30 июня 1966 г. № 500–162.

В этом постановлении, в частности, говорится: «ЦК КПСС и СМ СССР:

- < приняли предложения МО, МСМ и МОМ о разработке в 1966–1969 гг. ядерных артиллерийских выстрелов для 203,2 мм гаубицы Б-4М и 240 мм миномета М240;
- < обязали МСМ и МОМ в 1966–1967 гг. провести НИР по созданию ядерного артиллерийского выстрела калибра 152,4 мм и в I кв. 1968 г. представить в ЦК КПСС и СМ СССР, согласованные с МО предложения по созданию указанного выстрела;

< назначили главными исполнителями:

- НИИ-24 (НИМИ) (главный конструктор В. С. Кренин) – артиллерийские выстрелы для 203 и 240 мм арт. систем;
- НИИ-1011 (ВНИИТФ) (гл. конструктора А. Д. Захаренков, Л. Ф. Клопов) – специальный заряд с автоматикой подрыва».

Во исполнение данного постановления были выпущены проекты ТТЗ на разработку 203,2 мм снаряда и 240 мм мины, а также ТТЗ на проведение НИР по созданию 152,4 мм снаряда и планировки разработки и экспериментальной отработки выше указанных выстрелов и входящих в них конструкций.

Работа по созданию ядерных боеприпасов для штатных артсистем выполнялась совместно с НИМИ, которое

- < разрабатывало корпуса снарядов и мин;
- < занималось отработкой метательных зарядов и комплектованием выстрелов;
- < проектировало специальные контейнеры для размещения скомплектованных выстрелов и разрядника.

ВНИИТФ разрабатывал ядерные заряды и систему автоматики.

После выхода вышеуказанного постановления во ВНИИТФ в составе КБ-2 был сформирован конструкторский отдел по компоновке СВЧ штатных, контрольно-серийных снарядов и мин, опытных образцов для наземной и летной отработки в составе выстрела. Начальником отдела был назначен Р. Н. Огнёв. В последующем, в разные годы, наибольший вклад в создание артиллерийских ЯБП внесли ведущие специалисты этого отдела, конструкторы – П. П. Додонов, Л. С. Сильверстов, Ю. С. Кузьмин, Л. Д. Никифоров, Б. Н. Сирота, В. В. Акинин, Ю. Е. Карпов, Ю. Ф. Титаренко, В. И. Степанов, И. В. Просветов, Е. М. Дмитриев, В. А. Войтов.

Разработка принципиальных и функциональных схем СВЧ была поручена отделу Н. В. Покровского. Эти работы проводили



ведущие специалисты, схемотехники И. П. Борисов, А. В. Качурин, Е. Г. Дьяконов и под их руководством другие специалисты отдела.

Расчеты внутренней и внешней баллистики проводили специалисты отдела В. М. Правдина; В. А. Аугуст, К. А. Беседин, позже В. С. Берендаков и О. В. Смирнов, а также под их руководством другие сотрудники отдела.

Разработка головных контактных датчиков и низковольтной автоматики поручена была отделу А. П. Жукова.

Расчеты на прочность элементов СБЧ проводили Ю. Н. Смирнов, А. К. Коваленко, Е. С. Боброва и сотрудники отдела прочности под их руководством.

Расчеты надежности СБЧ (кроме ЯЗ) проводили В. А. Страшель, С. Ф. Бабин, Н. В. Шубин и сотрудники отдела под их руководством.

Стрельбовые испытания СБЧ было поручено проводить специалистам испытательного отделения НИО-9. Ведущие специалисты отделения, обеспечивавшие организацию и проведение стрельбовых испытаний СБЧ на Донгузском артиллерийском полигоне: И. Д. Алексеев, А. А. Котенко, Ю. В. Карпов, В. В. Наумов, Е. К. Курячий, А. Х. Хабибуллин, Ю. К. Скурихин.

Эксплуатационную документацию на каждый тип СБЧ готовили ведущие специалисты-эксплуатационники С. В. Смирнов, Б. И. Коротун, В. К. Молоканов, В. И. Бобылев и сотрудники эксплуатационного отдела КБ-2 под их руководством.

Ведущим инженером по этой тематике в КБ-2 был назначен И. А. Набойкин.

Первым ядерным боеприпасом, разработанным ВНИИТФ, был 203 мм снаряд для оснащения буксируемой гаубицы Б-4М.

К августу 1967 г. был подготовлен экспериментальный образец заряда, который прошел натурные испытания на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП). Результаты испытаний показали необходимость совершен-

ствования физической схемы и корректировки состава делящихся материалов.

В декабре 1967 г. была начата разработка второй модификации заряда, и уже в апреле 1968 г. этот вариант заряда прошел натурные испытания на СИП. А к 1970 г. были завершены лабораторно-конструкторская отработка и этапы заводских и государственных стрельбовых испытаний.

В этом же году первый ядерный заряд и СБЧ в составе 203,2 мм артиллерийского выстрела были приняты на вооружение СА и переданы в серийное производство. Следует отметить оперативность иностранных служб. На следующий день о принятии на вооружение атомного снаряда 203 мм калибра сообщило радио БиБиСи.

При создании ядерного заряда ряд технических решений, внедренных в конструкцию, был выполнен на уровне изобретений, часть из которых, защищены авторскими свидетельствами, в том числе и нейтронный инициатор.

В. Д. Кирюшкин предложил и с группой сотрудников ВНИИТФ (С. В. Самылов, Е. А. Скворцов, Ю. А. Тимофеев и Ю. Я. Зинин, В. А. Гуд) разработал нейтронный инициатор оригинальной конструкции.

На основе этой конструкции, в последующем было разработано семейство малогабаритных высокопрочных инициаторов, работоспособных в условиях артиллерийского выстрела, и в дальнейшем нашедших применение в зарядах других классов носителей, в том числе и в ядерных зарядах мирного назначения. А их малые габариты и высокая теплостойкость позволили применить их в заряде для тушения газового фонтана на месторождении Памук в Узбекистане.

Здесь уместно отметить, что во ВНИИТФ работы над вариантами инициирования, помимо получения конкретных выходных разработок, создавали здоровую конкуренцию ВНИИА, специализированному научно-исследовательскому институту. Такая конкуренция стимулирова-



ла этот институт на поиск технических решений и разработку уникальных высокопрочных конструкций нейтронных инициаторов с достижением требуемых габаритно-массовых характеристик и параметров инициирования.

ВНИИА, являющийся в этой части ведущей организацией в отрасли, в конечном итоге приобрел опыт в разработке средств инициирования артиллерийских ядерных зарядов и снабдил совершенными конструкциями последние модели зарядов этого класса.

Вскоре, после передачи на вооружение первого ядерного заряда в составе артиллерийского снаряда калибра 203,2 мм, была завершена отработка конструкции ядерного заряда для 240 миллиметровой артиллерийской мины, и в 1973 г. состоялась передача его на вооружение в составе выстрелов для тяжелого миномета М-240 и самоходного миномета 2С4 «Тюльпан».

За разработку и передачу на вооружение первых ядерных боеприпасов в составе 203 мм и 240 мм артиллерийско-минометных выстрелов с габаритно-массовыми и баллистическими характеристиками, аналогичными штатным, группе сотрудников ВНИИП, НИИ-24, В-8291, Г-4146 и МО СССР присуждена Государственная премия 1974 г. В нашем институте лауреатами Государственной премии стали И. Д. Алексеев, В. А. Аугуст, В. А. Верниковский, В. Д. Кирюшкин и Р. Н. Огнёв.

#### *Разработка первого ядерного заряда и СБЧ для 152 мм артиллерийского снаряда*

Особое место в истории создания ядерных артиллерийских боеприпасов занимает разработка ядерного заряда и снаряда для 152,4 мм буксируемых пушек-гаубиц Д-20, МЛ-20 и самоходной гаубицы 2С3М «Акация».

Опыт, накопленный при создании ядерного заряда и снаряда калибра 203 мм, помогал разработчикам при решении многих задач, но

возникали новые, еще более сложные и трудоемкие.

Эта разработка была одной из самых трудных и наиболее продолжительных. Расчетно-теоретические работы над физической схемой этого заряда проводил А. А. Яцук под руководством автора этой схемы Ю. С. Вахрамеева.

В процессе разработки конструкции снаряда должны были учитываться интересы (возможности) соразработчиков ядерного заряда, датчика исполнительной команды (ДИК) и узлов автоматики СБЧ. Объемы и массы, приходившиеся на долю ЯЗ и каждого из узлов автоматики, были настолько малы, что вначале воспринимались неприемлемыми для разработки реальной конструкции. Использовался каждый кубический сантиметр объема под элементы ЯЗ и автоматики. В процессе разработки конструкции ЯЗ, необходимо было проводить многократное последовательное расчетно-проектное сближение физической схемы и реальной конструкции ЯЗ (ни лишнего миллиметра габарита, ни лишнего грамма веса!). В плотной компоновке снаряда заряд сверхмалого габарита потребовалось совместить с узлами автоматики. Снаряд выходил с комплектующего завода и передавался в войска окончательно снаряженным и полностью готовым к боевому применению. Для обеспечения безопасности такого мобильного снаряда потребовался огромный объем испытаний ядерного заряда и СБЧ.

Как уже говорилось, одной из особенностей конструкций малогабаритных зарядов, разрабатывавшихся в РФЯЦ – ВНИИТФ, являлась закладка больших масс делящихся материалов, близких к критической. Поэтому в объем экспериментальной отработки входило проведение критмассовых измерений. Для этого на установке ФКБН физико-экспериментального отделения собиралась физическая система «заряд» и определялась степень ее критичности. Такие работы проводились с каждым зарядом, и не один раз, с варьированием условий





внешнего окружения с помощью различных отражателей. Эти работы, связанные с изучением физической системы, являлись особо опасными и требовали хороших знаний конструкции, высокой самодисциплины и четких действий. Сборки систем первых моделей ЯЗ на установке ФКБН проводили В. Д. Кирюшкин и Л. Б. Порецкий, последующих поколений ЯЗ – В. Д. Пережогин, В. А. Терехин, В. А. Гуд.

При проведении работ с первыми изделиями ответственным руководителем назначался В. Д. Кирюшкин, а ответственным контролером – Л. Б. Порецкий. Позже, в начале 70-х годов прошлого столетия, круг лиц, выполнявших обязанности ответственных руководителей работ, исполнителей и контролеров во ВНИИТФ, расширился. Приказом директора в институте была создана комиссия из руководящего звена производителей для аттестации лиц, ответственных за обеспечение безопасности при проведении работ с зарядом: «ответственного руководителя», «ответственного контролера», «ответственного исполнителя». В состав аттестационной комиссии входили Л. П. Гавриловский, В. И. Никитин, В. Д. Кирюшкин и председатель комиссии Л. Б. Порецкий.

Особое место при разработке конструкции ЯЗ для 152 мм снаряда в вопросе обеспечения безопасности занимало решение проблемы стойкости взрывчатого снаряжения в условиях артыстрела.

Результаты стрельбовых испытаний на стойкость штатных снарядов с обычным снаряжением, ценные для артиллерийской практики, не могли быть использованы нами для выяснения вопроса о величине допустимых воздействий на детали ВВ разрабатываемых конструкций ЯЗ вследствие использования других составов ВВ и иной конструкции заряда.

Для принятия технических решений необходимо было проверить в условиях артиллерийского выстрела прочность силовых элементов конструкции и стойкость взрывчатого снаря-

жения ЯЗ. К тому времени штатные спасаемые комплектации с парашютными системами находились на начальной стадии разработки. Поэтому для испытаний использовали 152-миллиметровый осветительный снаряд. В нем имеется парашют, на котором, при нормальном функционировании этого снаряда по назначению, спускается контейнер с осветительным составом, освещающим местность.

В нашем случае были разработаны специальные конструкции испытательных блоков с деталями ЯЗ из взрывчатого состава. Блоки устанавливались в осветительный снаряд вместо контейнера с осветительным составом. Затем этот блок в составе снаряда отстреливали из пушки-гаубицы Д20, подбирали на местности после спуска его на парашюте, отвозили на техническую позицию. В целях обеспечения безопасности работ с деталями из взрывчатого состава, прошедшими «жесткий» режим нагружения, блок для разборки размещался не в рабочих помещениях технической позиции, а в автофургоне, удаленном на безопасное расстояние. Разборка блока и извлечение деталей ВВ проводились дистанционно. Результаты этих испытаний способствовали ускорению разработки конструкции ЯЗ.

Далее, после положительных результатов натурных испытаний, конструкция заряда прошла полный комплекс лабораторно-конструкторской отработки. Технические решения, внедренные в конструкцию ЯЗ, были выполнены на уровне изобретений, часть из которых защищены авторскими свидетельствами. В 1980 г. в составе 152-миллиметрового артиллерийского выстрела заряд был принят на вооружение артиллерии сухопутных войск СА. В работах принимали участие В. Д. Кирюшкин, Г. П. Минаев (на начальной стадии), В. А. Павлов, В. И. Ягодников, С. С. Ярцев, В. И. Жуков, Б. И. Бережной, Г. А. Асфандияров, Н. П. Вдовкин. Газодинамическую отработку ядерного заряда проводили В. И. Корягин с сотрудниками под руководством В. П. Ратникова.



Для этого заряда во ВНИИА были разработаны блок автоматики и кабельная разводка, а в КБ-2 ВНИИТФ было разработано устройство предохранения (авторы-разработчики В. И. Чаадаев, О. Н. Борщевский, А. Ф. Шуцкий).

За разработку и передачу на вооружение первого ядерного артиллерийского снаряда в составе 152-миллиметрового артиллерийского выстрела группа сотрудников ВНИИТФ, НИИ-24, ВНИИА, «Дельта» и ГРАУ МО награждена орденами и медалями СССР, а в 1984 г. отмечена Государственной премией СССР. В нашем институте лауреатами Государственной премии по этой теме стали О. Н. Борщевский, В. Ф. Бессонов, В. Д. Калинин, В. И. Никифоров, Ю. С. Кузьмин, В. Д. Кучеренко.

#### *Разработка зарядов и СБЧ новых поколений*

Решенные проблемы и приобретенный опыт в процессе разработки ядерных зарядов первого поколения открыли путь к разработке и совершенствованию зарядов новых поколений. По мере постоянно возрастающих требований заказчика, обусловленных изменениями, которые происходили в концепции проведения операции или ведения боя с потенциальным противником и принятием на вооружение новых артиллерийских систем с повышенными энергетическими характеристиками, возникала объективная необходимость создания новых конструкций ядерных боеприпасов для оснащения артиллерийско-минометных систем, обладающих новыми качествами.

Совершенствование ядерных зарядов и СБЧ было направлено на улучшение удельных тактико-технических характеристик.

Пик интенсивной работы приходится на период со второй половины 1970-х и до конца 1980-х годов.

Одновременно с созданием ядерного снаряда для 152,4 мм буксируемых пушек-гаубиц Д-20, МЛ-20 и самоходной гаубицы 2С3М

«Акация», велась разработка такого же снаряда (по отдельному ТТЗ) для пушек 2А36 «Гиацинт-Б» (буксируемая) и 2С5 «Гиацинт-Е» (самоходная). Снаряды по составу и компоновке были совершенно идентичны. Однако из-за более «жестких» внутрибаллистических параметров указанных пушек потребовалось проведение полного объема стрельбовых и части наземных испытаний. Принятие на вооружение в 1981 г. этого снаряда обеспечивало ядерным оснащением все артсистемы калибра 152 мм, находящиеся на вооружении сухопутных войск. В 1989–1990 гг. была проведена модернизация ядерного снаряда калибра 152 мм для возможности применения его из современных гаубиц 2С19 «МСТА-С» (самоходная) и 2А65 «МСТА-Б» (буксируемая). Было проведено большое количество стрельбовых испытаний, подтверждавших работоспособность заряда и автоматики в условиях выстрела из указанных артсистем. В конце 1990 г. снаряд был включен в состав вооружения гаубиц 2С19 и 2А65.

В 1986 г. для оснащения самого мощного 203-миллиметрового самоходного орудия 2С7 «Пион» был принят на вооружение ядерный снаряд третьего поколения, полностью соответствующий габаритно-массовым и баллистическим характеристикам штатного осколочно-фугасного снаряда с обычным снаряжением и с обеспечением максимальной дальности стрельбы, соответствующей штатному снаряду с обычным снаряжением.

Для гаубиц 2С19 и 2А65 и самоходного орудия 2С7 «Пион» в конце 1980-х и начале 1990-х годов были разработаны уникальные конструкции ЯЗ будущего поколения и установки для их натурных испытаний. На базе этих ЯЗ были разработаны новые снаряды, с баллистическими характеристиками и энергетическими возможностями, обеспечивавшими снаряду полукратное увеличение дальности стрельбы по сравнению со штатным снарядом с обычным снаряжением. Разработки были доведены



до стадии эскизного проекта. Однако с закрытием артиллерийской тематики все работы были прекращены.

Работы по созданию для артиллерийско-минометных систем ядерных зарядов третьего поколения в 1984 г. удостоены Ленинской премии. Звания лауреата удостоены Ю. С. Вахрамеев, В. П. Ратников, В. А. Сучков, Б. Н. Семёнов, Г. С. Лбов.

#### *Лабораторно-конструкторская отработка артиллерийских ЯЗ и СБЧ*

Перед коллективом разработчиков стояла задача не только разработать конструкцию ядерного заряда, но и экспериментально подтвердить прочность, безопасность и работоспособность ЯЗ в условиях артиллерийского выстрела.

При выстреле в деталях заряда возникает сложнапряженное состояние в результате комплексного воздействия массовых сил инерции при одновременно действующих линейных (осевых), угловых и центробежных ускорениях. Воспроизвести в наземных условиях динамику нагружения и комплексное действие нагрузок, возникающих при выстреле, не представлялось возможным.

Обычные артбоеприпасы проверяются на прочность стрельбой «со сборкой на местности», то есть стреляют опытным снарядом по местности «на рикошет», чтобы он не заглобился в грунт. А затем находят его и разбирают. А для заключения о стойкости взрывчатого снаряжения избирают статистику отстрелом большого количества снарядов по факту отсутствия разрыва снаряда в условиях артвыстрела. По требованиям техники безопасности к боеприпасу, снаряженному взрывчатым составом и сохранившимся после выстрела, даже подходить запрещается.

Для отработки ядерного заряда такой метод был неприемлем. Методика отработки должна была предусматривать минимальное количе-

ство сложных и дорогостоящих образцов заряда и, в то же время, достаточное для суждения о соответствии конструкции ядерного заряда требованиям тактико-технического задания (ТТЗ) МО СССР.

В отличие от обычной артиллерийской практики образцы ядерных зарядов проходили стрельбовые испытания на предельных нагрузках со спасением зарядного отсека снаряда с помощью парашютной системы. Затем они подвергались разборке и дефектации, тщательному осмотру с необходимыми обмерами.

Для испытываемых комплектаций заряда, содержащих взрывчатые составы, предусматривалась дистанционная разборка. Такая методика проведения испытаний позволяла свести до необходимого и достаточного минимума количество испытываемых макетов.

Для проверки функционирования кинематической схемы исполнительных цепей заряда на траектории, разрабатывались специальные комплектации с подрывом заряда ВВ в заданной точке траектории. Для этого, на последнем звене исполнительной цепи функциональной схемы ЯЗ выдается исполнительная команда на подрыв. Такие испытания проводили в ясную погоду в предутренние часы. Очень эффектно выглядело появление огненного шара на еще темном фоне неба, перед восходом солнца.

Для получения количественных показателей параметров функционирования ЯЗ на траектории и передачи информации о функционировании системы автоматики на траектории, специалистами КБ-2 ВНИИТФ (В. Рязанцев, В. Д. Кучеренко, Б. В. Мокроусов, П. И. Гусев, И. М. Белоконов, И. М. Терентьев, А. Г. Царев, В. С. Артемов) были разработаны новые телеметрические системы. Особой трудностью при разработке этой системы являлось создание антенны, передающей телеметрическую информацию с вращающегося с большой скоростью снаряда. Впервые была разработана принципиально новая кольцевая щелевая антенна, раз-



мещаемая в проточке корпуса телеметрического снаряда.

Метод стрельбовых испытаний на Донгузском артиллерийском полигоне в комплексе с лабораторной отработкой, проводившейся в НИИКе, был впервые применен при разработке и передаче на вооружение первых конструкций артиллерийских ядерных зарядов и СВЧ и получил дальнейшее развитие при разработке и совершенствовании ядерных зарядов и артиллерийских боеприпасов следующих поколений.

В 1969 г., по решению Главного конструктора, обеспечение стрельбовых испытаний ЯЗ было возложено на сектор внешних испытаний НИО-12 КБ-1. Группа внешних испытаний из отдела 066 была переведена в НИО-12, где на ее основе был создан специализированный отдел под руководством А. М. Ульянова. С 1972 г. начальником отдела был В. Д. Калинин. Коллективом НИО-12 (конструкторы, схемотехники и рабочие) был создан комплекс дистанционной разборки изделий, проходивших стрельбовые испытания, – «КОДИР», состоящий из передвижных приборных сооружений, смонтированных на базе автомобилей «Урал».

За 25 лет работы было испытано, разобрано и продефектовано более 1000 образцов ядерных зарядов. Вся эта работа была проведена коллективом испытательного отдела НИО-12 в составе 30 человек при непосредственном участии и под руководством ведущих специалистов отдела Б. А. Андрусенко, В. Л. Татаркина, А. М. Прохорова, В. Е. Лебедева, А. В. Симакова, а также офицеров военно-сборочной бригады Д. М. Беляева, Л. В. Борисова, А. К. Кулабухова, И. С. Толмачева.

В процессе работы системы спасения СТ вывод парашюта обеспечивается через донную часть снаряда, и парашют, раскрываясь позади снаряда, обеспечивает естественное торможение головной части и приземление испытуемого снаряжения в расчетном режиме.

Опыт разборки аварийных артиллерийских изделий положен в основу методик по обращению с аварийными ядерными боеприпасами других классов носителей.

Прочностная отработка ЯАС с улучшенными характеристиками, в том числе для новейших артиллерийских систем была сопряжена с большими проблемами, так как надежность спасения снарядов не превышала 40%, т. е. из 5 снарядов удавалось спасти только 2.

Учитывая недостатки сложившейся практики проведения стрельбовых испытаний снарядов с парашютным спасением на полигоне в Донгузе, в конце 1981 г. научный руководитель института академик Е. И. Забабахин предложил начальнику НИИК А. В. Бородулину рассмотреть возможность решения этой задачи на внутреннем полигоне ВНИИТФ, что избавило бы разработчиков ЯАС от большинства волновавших их проблем испытаний.

Для поиска возможных способов улавливания снарядов дальнобойных орудий на рабочем поле полигона протяженностью менее 300 метров в газодинамическом отделе НИИК, возглавлявшемся А. Н. Ткаченко, была сформирована группа исследователей под руководством С. И. Карачинского и практически сразу начаты опыты с использованием изготовленных в мастерской метательных установок и моделей артиллерийских снарядов.

Первые же опыты, проведенные с использованием «пушки» из бурильной трубы, показали, что классический, применявшийся в том числе во ВНИИЭФ при отработке заряда РДС-41, метод улавливания малокалиберных снарядов с помощью низкоплотных сред (пакли), для спасения натуральных снарядов непригоден из-за значительных нерегламентированных воздействий на снаряд и чрезвычайной трудоемкости его поиска и извлечения из улавливателя. Предварительные результаты послужили основой для последующих исследований, проводившихся уже на специально созданных при участии конструкторов НИИК



под руководством Н. Е. Забабахина модельных установках. К середине 1983 г. после многочисленных опытов было найдено и экспериментально подтверждено оригинальное техническое решение, оптимальное для условий внутреннего полигона и обеспечивавшее надежное торможение снарядов в пределах располагаемой длины рабочего поля с использованием горизонтальной тормозной трассы достаточно простой конструкции. Наглядные результаты модельных исследований убедили руководителей ВНИИТФ, включая и самого директора Г. П. Ломинского – бывшего артиллериста! – в возможности и необходимости их продолжения с использованием штатных артиллерийских орудий, для чего в мае 1984 г. были приобретены противотанковая пушка калибром 100 мм и гаубица калибром 152 мм с комплектами выстрелов. При проектировании тормозной трассы было решено, не останавливаясь на калибре 100 мм, сразу перейти с моделей на калибр 152 мм, что в дальнейшем позволило существенно сократить сроки отработки метода и решения проблемы в целом. В начале октября 1984 г. была изготовлена и смонтирована тормозная трасса. Персонал перед началом стрельб прошел обучение и стажировку на артиллерийских полигонах в Донгузе и Нижнем Тагиле.



Тормозная трасса

16 октября 1984 г. на только что смонтированной установке состоялся первый опыт по спасению осколочно-фугасного снаряда, который был выстрелен из гаубицы со скоростью 350 м/с. Результаты опыта сразу обнадежили своей предсказуемостью, так как путь торможения практически совпал с расчетом, а также хорошим состоянием спасенного снаряда. Уже на следующий день был проведен показательный опыт для оказавшегося в институте по неизвестному стечению обстоятельств заместителя министра А. Д. Захаренкова, а также руководителей института Г. П. Ломинского, Е. И. Забабахина и главных конструкторов В. А. Верниковского и Б. В. Литвинова. Так же, как и накануне, через 15 минут после выстрела еще горячий снаряд был предоставлен для осмотра. Для руководителей, увидевших такое впервые, да к тому же не через амбразуру каземата, а с расстояния 100 метров от установки, впечатление было настолько сильным, что результат не заставил себя долго ждать!

Практически сразу после опыта А. Д. Захаренков поручил Г. П. Ломинскому подготовить задание на проектирование и строительство во ВНИИТФ специального комплекса для стрельбовых испытаний артснарядов, основанного на продемонстрированном принципе. Через



день на территории НИИК с участием главного инженера ВНИПИЭТ была подобрана подходящая площадка, а через месяц на ней уже развернулись строительные работы. Параллельно с этим составлялось задание на комплекс, в работе над которым Г. П. Ломинский участвовал лично, делая упор на минимизацию затрат на удобства, напоминая исполнителям, что «всё созданное ядерное оружие было испытано без теплых туалетов». Для завершения отработки метода спасения снарядов, применительно к современным артсистемам, по указанию А. Д. Захаренкова было открыто целевое финансирование, при этом был установлен порядок обязательной ежеквартальной отчетности по данной теме непосредственно перед главком. Учитывая принципиальную необходимость получения современных артсистем в минимально возможные сроки, академик Е. И. Забабахин лично направил письмо председателю Военно-промышленной комиссии ЦК КПСС Л. В. Смирнову с просьбой о выделении для ВНИИТФ орудий калибром 203 и 152 мм последних разработок, только что начавших поступать в армию. Для разъяснений по их назначению в 5-ое ГУ, ВПК, ГРАУ и Министерство машиностроения были командированы Е. А. Горячев и С. И. Карачинский. После многочисленных переговоров и согласований с представителями различных ведомств, проходивших под руководством и при участии руководителей главка Г. А. Цыркова, Л. Ф. Клопова и главного конструктора ВНИИТФ Б. В. Литвинова, было принято решение ВПК и Госплана СССР о поставке ВНИИТФ уже в IV квартале 1985 г. буксируемой пушки «Гиацинт» калибром 152 мм и самоходной установки «Пион» калибром 203 мм из числа заказанных ГРАУ для армии.

В процессе исполнения этого решения определялись условия использования и комплектация САУ: ВНИИТФ была поставлена только сама пушка, а ее самоходное шасси передано военным для обучения механиков-водителей.

Отдельной проблемой стало получение необходимых элементов выстрела (метательных зарядов, снарядов, средств воспламенения и снаряжения), крешерных приборов, датчиков давления и других специальных средств и методик контроля и измерений, применяемых в артиллерии. Были налажены прямые связи с соответствующими организациями и предприятиями, благодаря которым всё необходимое появилось в нужные сроки. Исследования на опытной установке с гаубицей Д1 успешно завершились впервые проведенными на внутреннем полигоне стрельбовыми испытаниями нескольких макетов снарядов уже со специальным снаряжением. В мае 1986 г., после завершения работ по удлинению тормозной трассы и переоборудованию огневой позиции, начались



Буксируемая пушка «Гиацинт» калибром 152 мм



Пушка «Пион» калибром 203 мм на огневой позиции



опыты с полученной с пермского завода «Мотовилиха» пушкой «Гнацинт» калибром 152 мм, дульная энергия которой в 5 раз превышала энергию гаубицы Д1. 13 июня 1986 г. состоялся опыт по спасению снаряда этой пушки на максимальной скорости. До конца октября были проведены испытания двух измерительных макетов и трех макетов со спецснаряжением, после чего начались работы по переоборудованию тормозной трассы под калибр 203 мм для пушки «Лион». 18 марта 1987 г. из нее был произведен первый выстрел 100-килограммовым снарядом со скоростью 450 м/с. Снаряд без каких-либо повреждений был успешно заторможен на расчетной длине в пределах тормозной трассы. В течение 1987–1992 гг. на фоне драматических событий, протекавших в стране и в институте, из этой пушки было проведено несколько десятков выстрелов со спасением снарядов, включая опыты на максимальной скорости и опыты по испытанию элементов конструкции ЯЗ и СА создававшегося в этот период ядерного снаряда нового поколения. Строительство в НИИК комплекса для испытаний артснарядов за это время в основном было завершено. Однако в 1992 г., после заключения с США соглашения о запрещении тактического ядерного оружия, работы на опытной установке и строительство комплекса были остановлены. Основное здание практически готового комплекса после длительных колебаний перепрофилировали под конверсионное направление, а опытная установка до настоящего времени сохранилась и входит в состав испытательного комплекса в качестве уникального газодинамического копра с возможностью испытаний различных объектов на интенсивные ударные нагрузки.

В 2003 г., за вклад в создание комплекса установок для ударных испытаний различных, в том числе ядерных боеприпасов, в который среди прочих вошла и установка для спасения артснарядов, группе авторов из 15 человек,

включающей 4-х сотрудников ВНИИТФ, а также представителей ВНИИЭФ, МО РФ, ВНИИА и ДРЯБП Минобороны, была присуждена премия Правительства РФ.

#### *Продление гарантийных сроков службы (ГСС) ядерных зарядов*

Одновременно с разработкой новых конструкций ЯЗ, проводились дополнительные исследования ранее разработанных конструкций ЯЗ в части изучения:

- < возможности увеличения ГСС металлоемких и трудоемких, дорогостоящих сборочных единиц из спечматериалов, входящих в ЯЗ;
- < прочности конструкций ранее разработанных ЯЗ в условиях нового артиллерийского выстрела.

Процесс изучения специальных материалов, антикоррозионных покрытий и состояния ЯЗ в целом не ограничивается стадией разработки и внедрения их в конструкцию ЯЗ, а является предметом постоянной заботы конструкторов и проводится на протяжении всего жизненного цикла ЯЗ. Конструктор не выпускает из поля зрения разработанную конструкцию, а с полной ответственностью следит за ней, как мать, родившая дитя: заботится о нем в течение всей его жизни. Этот процесс продолжается постоянно и на стадии отработки конструкции, и после передачи в серийное производство и в процессе длительной эксплуатации заряда в составе ЯБП. Исходным материалом для этой работы являются результаты выборочных контрольных и переаттестационных проверок зарядов и разборок изделий, по завершении их эксплуатации, а также дополнительные исследования по специальным программам, включая и опытное хранение.

Так, например, первые ЯЗ для артиллерийских снарядов и мин были переданы в производство в 1970 г. с установленным гарантийным сроком службы. Позже на базе этих ЯЗ были разработаны новые модификации артиллерий-



ских ЯБП. С истечением гарантийных сроков службы первых модификаций ЯБП, возник вопрос возможности повторного использования ЯЗ из этих ЯБП в составе новых модификаций. Необходимо было провести исследования по выяснению возможного увеличения ГСС.

Результаты проведенных исследований позволили пойти на повторное использование материалоемких, сложных в изготовлении, дорогостоящих сборочных единиц для комплектации вновь изготавливаемых артиллерийских снарядов и мин.

Благодаря таким мероприятиям, были сэкономлены сотни миллионов рублей государственных средств (в ценах 1970–1980-х годов).

#### *Снятие с эксплуатации и разборка ядерных снарядов*

9 марта 1992 г. вышло «Решение 12-го ГУМО и Минатома РФ» № 6-3/119, согласно которому всё ядерное вооружение артиллерийско-минометных систем подлежит изъятию из эксплуатации и уничтожению.

И с этого времени работы по артиллерийской тематике в институте проводились только в части гарантийного надзора и решения технических вопросов по ядерным боеприпасам, находившимся в эксплуатации у заказчика, в части оказания технической помощи серийным предприятиям-изготовителям ЯЗ и их составных частей в подготовке и выдаче технических решений по их запросам при разборке и утилизации зарядов, снимаемых с эксплуатации.

После выхода вышеуказанного «Решения...» из бывших союзных республик объявивших себя безъядерными, в Россию пошел поток ядерных артиллерийских боеприпасов. Потребовалась разработка нормативной документации, регламентирующей безопасность разборки и порядок подготовки предприятий к массовой разборке.

Были проведены дополнительные исследования в целях повышения безопасности транс-

портирования изделий к месту разборки ЯЗ и их составных частей, разборки и утилизации.

Главная задача при демонтаже – безопасное извлечение заряда из корпуса боеприпаса и перевод его в пониженную степень готовности. Разборка заряда артиллерийского боеприпаса является наиболее сложной и особо опасной операцией и проводится она в локализирующих кабинах под наблюдением конструктора разработчика.

В разборках ядерных снарядов и зарядов в разное время участвовали Б. В. Литвинов, И. М. Каменских, В. Д. Кирюшкин, В. А. Гуд, Б. Н. Семёнов, В. А. Павлов, Б. Н. Сирота, В. В. Акинни, В. А. Войтов.

Однажды на комплектующем заводе была проведена «нестандартная» разборка штатного снаряда с использованием так называемого химического фрезерования и специальных кислотных растворов.

Эту нестандартную разборку проводили инженеры О. В. Еловиков, А. Ю. Климов и Д. В. Коротков, ответственным исполнителем был Е. Т. Антошин, ответственным руководителем работ был В. Д. Кирюшкин. Работы проводились под наблюдением главного конструктора Б. В. Литвинова. Работы были успешно завершены и оформлены научно-техническим отчетом.

#### *Приборное обеспечение ЯБП*

За короткий исторический промежуток времени (60 лет), в процессе создания нескольких поколений новых изделий (по назначению, по схемно-конструкторскому решению, по алгоритму работ устройств автоматики) было сформировано научно-техническое направление – ШКОЛА прибористов – разработчиков ЯБП. С первых дней создания приборного отделения его руководителями В. К. Лилье, К. А. Желтым, Д. Ф. Вовченко, А. С. Стоцким был создан творческий коллектив профессионалов различного профиля деятельности. В дальнейшем под





руководством О. М. Журавлёва, А. Н. Сенькина, Ю. П. Фомина, Г. А. Панкратова творческие традиции прибористов были успешно продолжены. С момента своего создания приборное отделение разрабатывает приборы для всех классов изделий. При этом исторически сформировалось три ведущих направления: электромеханические, пиротехнические и электронные приборы. С 2005 г. приборное отделение было разделено на два по направлениям: первое – электромеханические и пиротехнические приборы, под руководством Г. А. Панкратова; второе – электронные приборы, под руководством А. В. Сидорова, далее – И. В. Плетенева.

Электромеханическое приборное направление включает в себя разработку датчиков физпараметров: датчиков ускорения, давления, температуры, в том числе прецизионных, аэродинамических, гидростатических, гидродинамических, электромагнитных выключателей, отрывных термостойких соединителей «борт – ЯБП», датчиков пробития, ударных датчиков и целый ряд других устройств, используемых в системах автоматики ЯБП для обеспечения алгоритмов функционирования и безопасной эксплуатации ЯБП. Основными разработчиками этого класса приборов являются Ю. М. Биянов, О. П. Романов, О. Н. Боршевский, В. М. Антоненко, В. И. Чаадаев, Г. Г. Смирнов, И. В. Глазырин, Ю. Н. Глухов, А. Ф. Щуцкий, А. В. Кибальник, Ю. А. Волков, Э. Н. Кузьмин, А. В. Аникеев, А. Л. Кулакова, Г. А. Панкратов, Е. П. Кирюнин, Ю. Г. Бобков, М. А. Щербаков, В. Н. Китаев, М. В. Михайлов, И. Д. Куликов, С. Н. Зайковский, М. А. Филиппов, Д. И. Сафонов, Г. В. Тенетилов, Т. Б. Войскович, О. Н. Петроченко, М. А. Дремков, В. Н. Перебатов и многие другие.

Пиротехническое приборостроение включает в себя несколько классов приборов: времязадающие устройства, быстродействующие пирореле, магнитоэлектрические генераторы, исполнительно-коммутирующие устройства, системы и средства задействования; датчики

контроля, взрывболты, пироножки, пороховые аккумуляторы давления. В создание этого класса приборов наиболее весомый вклад внесли А. Г. Белявский, Э. А. Горелик, Г. И. Шанов, Ю. Т. Рудь, С. В. Коптяев, А. П. Миловидов, Ю. Б. Кудрявцев, С. Д. Колесников, Н. И. Мещеряков, В. А. Захаров, И. В. Овчаров, А. А. Глазырин, С. В. Баталов, С. Н. Киселёв, Л. Н. Симсонова, П. Н. Коротыч, И. В. Касьяненко, А. А. Алпатов, А. А. Щуцкий, А. Н. Панюшкин.

Основная масса алгоритмических задач, решаемых системами автоматики и управления ЯБП, выполняется электронной аппаратурой как наиболее функционально гибкой и контролепригодной в эксплуатации. Эволюция алгоритмов, реализуемых электронной аппаратурой, изменялась от элементарной задержки подрыва на время доставки боеприпаса к точке срабатывания до счисления пути движения ЯБП по сложному функционалу, основанному на обработке того или иного траекторного физфактора. Соответственно облик электронных приборов изменялся от простейших устройств временной задержки до сложных критических приборов и комбинированных систем неконтактного подрыва.

Пионером в части создания критических электронных приборов в РФЯЦ – ВНИИТФ можно считать Ю. А. Скорикова. Первым его детищем был прибор, работающий на принципе интегрирования осевой перегрузки, возникающей при полете боевого блока на пассивном участке траектории.

В нем, в качестве преобразователя перегрузки служил специально разработанный индуктивно-реостатный датчик. Большой вклад в разработку датчика внесли В. П. Сырский, В. М. Тыртыш.

Позднее, применительно к более скоростным изделиям, был разработан электронный критический прибор, где в качестве измерителя перегрузки применялся вибрационно-частотный датчик. Среди идеологов и создателей этого прибора были В. П. Семикопенко, С. В. Филиппов,



С. Т. Орендаренко, Г. Г. Смирнов, Ф. Б. Халитов, В. Г. Журавлёв, Л. Н. Романов, В. А. Тепляков.

Одним из приоритетных и уникальных для отрасли и РФЯЦ – ВНИИТФ является направление по созданию электронных приборов автоматики для оснащения СпАБ. К числу таких приборов следует отнести различные программно-временные устройства, устройства для измерения скоростного напора и абсолютного давления и т. д., которые задают и определяют необходимые режимы полета и срабатывания СпАБ.

В последнее время к ним добавился новый класс приборов, получивших название устройств дистанции безопасности или временных ступеней предохранения, дополнительно обеспечивающих безопасность самолета-носителя от воздействия подрыва применяемого боеприпаса. Применение этого класса приборов в сочетании с устройствами преобразования информации позволило задавать режимы работы ЯБП автоматически, по каналу информационного обмена, МКИО, непосредственно перед применением. Построение автоматики на основе этих приборов позволило осуществлять бомбометание практически при любом режиме полета самолета-носителя. Большой вклад в создание этого класса приборов внесли Л. А. Днянкова, В. Д. Азаренко, И. В. Плетенев, Г. И. Савинов, В. В. Балюхов, Ю. П. Злоказов, В. Г. Савинов, О. Л. Конохова, Д. А. Жингель, М. В. Муратов, А. В. Пенкин, Ю. А. Арляпов, А. П. Эрман, Э. Г. Лутфуллин, В. О. Туляков.

Постоянное совершенствование тактико-технических характеристик изделий и алгоритмов работы систем автоматики приводит к повышению функциональной сложности создаваемой аппаратуры, возрастанию схемно-конструкторских затрат на ее реализацию. Это естественным образом отражается на ее габаритно-массовых характеристиках (ГМХ) и энергопотреблении, лимитируемых исходя из специфики построения бортовых комплексов.

Проблемы оптимизации ГМХ и энергопотребления ставят перед разработчиками задачи по поиску новых конструктивно-технологических решений по созданию аппаратуры, отвечающей современным требованиям. Одним из возможных путей разрешения этой проблемы является создание аппаратуры на основе специализированных БИС, СБИС функционально ориентированных под конкретную задачу. В свете этого в НКО-820 создан «дизайн-центр» по проектированию специализированных БИС, СБИС, структуры которых создаются самими разработчиками РЭА на основе базовых матричных кристаллов (БМК), выпускаемых отечественными производителями. Неоценимый вклад в развитие этого направления в РФЯЦ – ВНИИТФ внесли В. И. Лаукарт, А. Е. Власов, М. Л. Жеребцов, ставшие впоследствии ведущими специалистами в этом направлении не только на предприятии, но и в отрасли. Применение таких СБИС позволило создать ряд уникальных по своим ГМХ и энергетическим показателям приборов, не имеющих аналогов в отрасли. За время существования «дизайн-центра» спроектировано более 15 проектов СБИС-БМК для более десяти приборов автоматики различного назначения.

Следующим шагом в развитии этого направления является конструкторско-технологическое направление создания аппаратуры на основе СБИС типа «система в корпусе», СВК. СВК представляет собой функционально законченную систему, состоящую из нескольких кристаллов СБИС в едином корпусе, которые в целях экономии объемов располагаются в виде 3D-конструкции.

Процесс становления этого направления происходит в настоящее время. В 2015 г. завершаются ОКР по созданию трех СВК-модулей. Реализация этой технологии в перспективе позволит еще более существенно сократить габариты и вес создаваемой аппаратуры.

Приборными отделениями разработано свыше 900 приборов и устройств. Целый ряд



из них находятся на уровне лучших мировых разработок, и их высокий научно-технический уровень подтвержден более 400 патентами и авторскими свидетельствами СССР и РФ.

Новое время ставит перед разработчиками приборов еще более сложные задачи. Так, с переходом к разработке высокоточного оружия возникла необходимость, кроме работ по созданию приборов для систем автоматки ЯБП, в разработке нового класса приборов для систем наведения изделий: прецизионных акселерометров, датчиков угловых скоростей, блоков и инерциальных систем на их основе.

#### Заключение

Подводя итоги изложению истории разработки ядерной артиллерии в РФЯЦ – ВНИИТФ, можно сказать, что институт успешно решил проблемы одного из направлений ядерного вооружения СА. До конца 1980-х годов на вооружение СА передан целый спектр артиллерийских ядерных боеприпасов для артиллерийско-минометных систем сухопутных войск калибра 152,4; 203,2 и 240 мм, разработанных в РФЯЦ – ВНИИТФ. Тем самым была создана отечественная ядерная артиллерия.

В РФЯЦ – ВНИИТФ сформировался работоспособный профессиональный коллектив конструкторов, физиков, газодинамиков, прочистов-расчетчиков, открывший новое направление в ядерном зарядостроении, разработавший уникальные конструкции ядерных зарядов для артиллерийско-минометных систем, не уступающих созданным в США.

В результате этих работ создан новый класс боевого ядерного оснащения – ядерные боеприпасы для штатных артиллерийско-минометных систем, обеспечивший паритет США в этом виде вооружения.

Коллективом института были достигнуты рекорды:

< абсолютный мировой рекорд – самый маленький ядерный заряд и артиллерийский

снаряд калибра 152 мм (у американцев снаряд минимального калибра – 155 мм);

< самый ударостойкий ядерный заряд.

Комплекс работ по созданию малогабаритных, высокопрочных, безопасных в обращении и надежных в работе ядерных зарядов и на их основе ядерных боеприпасов для артиллерийско-минометных систем был удостоен трех Государственных премий (1973, 1974, 1984 г.) и одной Ленинской премии (1984).

Схемно-конструктивные решения построения артиллерийских ядерных зарядов находят применение при проектировании ядерных зарядов для других классов носителей, вплоть до применения в зарядах мирного использования.

При выполнении работ совершенствовались и создавались конструкции ЯЗ и приборов автоматки СБЧ с рекордно малыми габаритными размерами и высокой стойкостью к перегрузкам высокого уровня, что давало творческий импульс работам по другим системам ядерного оружия и прогрессу зарядостроения в целом.

Выполненные в РФЯЦ – ВНИИТФ научно-конструкторские работы по созданию малогабаритных, высокопрочных, безопасных в обращении и надежных в работе ядерных зарядов и на их основе СБЧ ядерных боеприпасов для артиллерийско-минометных систем представляют одно из основных тематических направлений в ядерном зарядостроении. Это направление научно-конструкторских работ защищено докторскими диссертациями (С. Н. Наумов, В. П. Ратников, М. М. Русаков, В. Д. Кирюшкин) и кандидатскими диссертациями (В. И. Андрушин, В. А. Бехтерев, С. В. Демьяновский, Г. В. Денисов, Ю. Я. Зинин, В. Д. Кирюшкин, В. И. Корягин, В. Д. Кучеренко, М. А. Лебедев, Б. В. Литвинов, С. Н. Наумов, В. Д. Пережогин, В. П. Ратников, В. Рязанцев, С. В. Самылов, В. А. Сибилев, Е. А. Скворцов, Ю. М. Спасибов, В. А. Терехин, В. Н. Щукин).

Успешное создание нового класса ядерных боеприпасов стало возможным благодаря



самоотверженной слаженной работе специалистов всех служб РФЯЦ – ВНИИТФ.

Разработка конструкций ядерных зарядов для ствольной артиллерии проходила под общим руководством научного руководителя института академика Е. И. Забабахина и главных конструкторов в отделениях А. Д. Захаренкова и Б. В. Литвинова, где в разное время были начальниками НКО-6 – П. А. Есин, П. И. Коблов, Н. Н. Криулькин, Ф. Ф. Желобанов, И. М. Каменских (заместители – С. С. Воробьев и А. И. Баламутин); НИО-4 – И. В. Санин и С. В. Самылов (заместитель – В. П. Ратников); НИО-12 – В. А. Верниковский, Е. И. Парфёнов, Б. А. Андрусенко.

## 1.7. Ядерно-взрывные устройства для промышленных применений

### *Вступительные замечания*

Первое официальное заявление о перспективах мирного применения ядерных взрывов было сделано руководителем делегации СССР на Ассамблее ООН в ноябре 1949 г.

В мае 1950 г. было принято закрытое постановление Совета Министров СССР об использовании атомной энергии в мирных целях, где наряду с разработками тепло- и электрогенерирующих установок была поставлена задача расчетно-теоретических исследований и технико-экономических оценок возможных методов мирного использования подземных ядерных взрывов. Ответственность за эти работы возлагалась на КБ-11 (Ю. Б. Харитон, Д. А. Франк-Каменецкий).

В конце 1950-х годов появились и открытые публикации, содержащие предложения об использовании атомных взрывов для вскрышных работ, прокладки каналов, строительства плотин и т. п.

В США Комиссия по атомной энергии летом 1957 г. приняла программу невоенного использования ядерных взрывов под назва-

В разные годы разработкой артиллерийских ядерных СВЧ руководили главные конструктора Л. Ф. Клопов, О. Н. Тиханз, В. А. Верниковский, А. Н. Сенькин, начальники отделений НКО-7 – М. А. Бибкин, Р. Н. Огнёв, НКО-8 – А. С. Стоцкий, НКО-14 – В. Д. Потеряев, НКО-9 – О. М. Журавлёв, И. И. Бабанин.

Наземная отработка артиллерийских ЯЗ и СВЧ проводилась в НИИК прочинстами-исследователями А. Ф. Васильевым, Е. А. Горячевым, В. П. Лаушкиным, В. В. Патокиным, Л. А. Смолюком, А. П. Иванеевым, А. Н. Фамбуловым, А. А. Шаховым и коллективами сотрудников, ими руководимых.

нием «Flowshare» («Плуг»). Общее время выполнения этой программы заняло период с 1961 по 1973 г., в течение которого было проведено 27 мирных ядерных взрывов.

В 1959 г. на совещании специалистов-создателей ядерного оружия, проходившем под председательством министра среднего машиностроения Е. П. Славского, были обсуждены вопросы разработки специальных ядерных зарядов для промышленных целей и проблемы развертывания работ по мирному использованию ядерных взрывов.

Во второй половине 1960-х годов была разработана государственная Программа № 7 «Ядерные взрывы для народного хозяйства», руководителем которой был назначен А. Д. Захаренков, а научным руководителем – О. Л. Кедровский. Она выполнялась с 1965 по 1988 г. За это время было проведено 124 мирных взрыва.

В РФЯЦ – ВНИИТФ с самого момента его подключения к работам по мирным ядерным взрывам (1962 г.) было принято принципиальное решение о разработке и преимущественном использовании специализированных



ядерно-взрывных устройств для этих целей. В аналогичных проектах ядерных лабораторий США и РФЯЦ – ВНИИЭФ применялись как специализированные ядерно-взрывные устройства, так и ядерные заряды, выбранные из числа предназначенных для военных целей.

Отработка специализированных ЯВУ осуществлялась, в основном, на испытательных полигонах в 1964–1984 гг. Всего для целей отработки было разработано и испытано 38 зарядов, из них 23 ЯВУ – ВНИИТФ.

Итогом проведенного комплекса научно-исследовательских и конструкторско-технологических работ по созданию специальных ядерных зарядов для мирных взрывов стала разработка «чистых» взрывных устройств с очень малым выходом энергии за счет реакции деления (менее 1% от суммарного энерговыделения). Такие заряды можно было использовать для экскавационных работ. Были разработаны специальные заряды малого диаметра, выдерживающие высокие температуры и давления, – для тушения аварийных газовых фонтанов; взрывные устройства малого диаметра с малым выходом остаточного трития – для интенсификации добычи нефти и газа.

Из проведенных в СССР 124 мирных взрывов в 75 случаях было использовано 80 ЯВУ ВНИИТФ.

В процессе реализации Программы мирных ядерных взрывов были разработаны уникальные методы снижения радиоактивного загрязнения окружающей среды путем отвода радиоактивных продуктов из полости взрыва в «пустые» породы на расстояние до 100–200 м от места взрыва.

История создания специальных ядерных взрывных устройств для народнохозяйственных целей – это бесценный опыт творческих поисков, достижений и неудач, без которых не обходится ни одно новое дело, на которых учатся и растут высококвалифицированные специалисты в любой области науки и техники.

### *Общие характеристики ядерно-взрывных устройств мирного назначения*

Ядерное взрывное устройство, используемое для опытно-промышленных и промышленных работ, является техническим объектом, разработанным в соответствии с заданными техническими требованиями и позволяющим осуществлять ядерные взрывы в целях, определенных проектом на проведение таких работ.

В состав любого ЯВУ должны входить ядерный заряд, системы его подрыва и контроля за его работой. Эти сборочные единицы должны быть объединены в прочном и герметичном корпусе в единое изделие, которое для взрыва следует помещать под землю, соединив его с наземной аппаратурой подрыва специальными кабелями. Из этого следует, что система подрыва ядерного заряда должна состоять из двух частей: подземной, или бортовой, то есть находящейся в одном корпусе с ядерным зарядом, и наземной. Естественно, при ядерном взрыве первая уничтожается, а вторая может использоваться многократно. Чтобы система подрыва ядерного заряда начала действовать, она должна быть подсоединена к источнику питания. Это может быть бортовой источник питания, который по соображениям безопасности включается непосредственно перед подрывом. Источник питания может быть и наземным. В этом случае система подрыва имеет две ступени включения, которые используются на последней стадии подготовки ЯВУ к подрыву.

Система контроля за работой ядерного взрывного устройства тоже состоит из двух частей – бортовой и наземной. Задачей этой системы является контроль за последовательностью поступления в систему подрыва и во вспомогательные системы ядерного заряда соответствующих командных сигналов, а также сообщение на пульт управления данных



о выполнении команд. Любой сбой в системе контроля квалифицируется как сбой в работе системы подрыва. Причины сбоя должны быть обязательно выявлены, причем на время проведения этой работы подача очередных управляющих сигналов на бортовую систему подрыва прекращается. Иногда в систему контроля включается и аппаратура контроля за собственно физикой развития ядерного взрыва. Эта аппаратура, как правило, помещается вне корпуса ядерного взрывного устройства и имеет самостоятельную связь с наземной аппаратурой, но ее запуск осуществляется по тем же сигналам, по которым запускается система подрыва. Благодаря этому обеспечивается единая привязка всей задействованной аппаратуры к нулевому моменту времени, за который принимается момент подачи импульса высокого напряжения на капсули-детонаторы ядерного заряда. Порядок выдачи сигналов управления аппаратурой подрыва и контроля ядерного взрывного устройства, а также их характеристики (полярность, амплитуда, длительность) задаются в техническом задании на проведение ядерного взрыва.

Таким образом, ядерное взрывное устройство является полностью оснащенным техническим изделием, с помощью которого можно решать самые сложные задачи опытно-промышленного или промышленного применения взрывной ядерной энергии.

#### *Основные технические требования к ЯВУ*

Технические требования к ядерным взрывным устройствам отражают специфику их применения и ожидаемые производственные эффекты. Поэтому эти требования не могут быть одинаковыми для ядерных взрывных устройств разного назначения. Это вытекает из разнообразия задач, решаемых с помощью подземных ядерных взрывов. Такие взрывы можно использовать:

- < для взрывов наружного действия с выбросом грунта (строительство каналов, водохранилищ, насыпных плотин, гаваней и т. п.);
- < обрушения горной породы (с полезными ископаемыми или пустой) при добыче или ведении подземных горных работ;
- < интенсификации добычи нефти или газа;
- < создания подземных емкостей для хранения углеводородов;
- < глубинного сейсмического зондирования земной коры;
- < ликвидации аварийных газовых или нефтяных фонтанов;
- < глубинного захоронения биологически вредных промышленных отходов.

В приведенном перечне задач ядерные взрывы расположены в порядке уменьшения возможных доз облучения людей при их контакте с тем радиоактивным загрязнением окружающей среды, которое нельзя полностью исключить после любого ядерного взрыва. Невозможно исключить также сейсмические эффекты и напряженно-деформированное состояние горной породы вокруг места взрыва, но всегда можно, опираясь на понимание разнообразных процессов, протекающих во время ядерного взрыва и после него, создать технологии, практически безопасные для людей и окружающей среды. Поэтому разрабатываемые меры безопасности должны соответствовать этим процессам.

Ядерный взрыв, как известно, – это не единственный акт, а последовательность ряда процессов, протекающих в разные по продолжительности интервалы времени в разных по масштабам пространствах. Первоначально он развивается в пределах делящегося материала, переведенного через критическое состояние в состояние цепной взрывной реакции, в ходе которой лавинообразно нарастает число нейтронов и продуктов деления, что эквивалентно выделению огромного количества энергии в весьма малом объеме, занимаемом



делящимся материалом. Так, шар из урана-235, как одного из делящихся материалов, с массой 1 кг имеет диаметр около 4,5 см. Если разделятся все ядра урана-235, находящиеся в этом объеме, то за время, равное примерно  $10^{-7}$  с (т. е. одна десятимиллионная доля секунды!) выделится энергия, эквивалентная энергии взрыва почти 20 тысяч тонн тротила – одного из мощных химических взрывчатых веществ. Заметим, что 20 тысяч тонн (или 20 килотонн) тротила занимают объем куба со стороной, равной примерно 22 м! Взрыв такого «дома» из тротила объемом около 10 000 м<sup>3</sup> будет длиться  $10^{-3}$  с (то есть одна тысячная секунды). Эти же оценки справедливы и для другого делящегося материала, применяемого в ядерных взрывных устройствах, а именно – плутония-239. Из приведенных данных можно сделать вывод, что ни одно взрывное устройство, в котором применено самое мощное химическое взрывчатое вещество, не может конкурировать с ядерным взрывным устройством по концентрации энергии взрыва.

Однако, проектируя ЯВУ, нельзя было забывать и о том, что при делении ядер урана или плутония образуются радиоактивные продукты деления с разной продолжительностью существования, испускающие опасные для человека и животных радиоактивные излучения. Так, при делении 1 кг урана-235, по данным К. Гудмена, образуется «около 989 г продуктов деления, 10 г нейтронов, выделяется 700 мг кинетической энергии (в эквивалентах массы-энергии) и 100 мг энергии в виде излучения... от радиоактивных продуктов распада».

Наибольшую опасность для окружающей среды представляют так называемые подземные ядерные взрывы наружного действия, то есть взрывы с выбросом грунта, поэтому разработке требований безопасного проведения таких взрывов уделялось особое внимание.

Основными требованиями, которым должны были удовлетворять ядерные взрывные устрой-

ства, предназначавшиеся для таких взрывов, являлись:

- < образование при взрыве минимально возможного (или достижимого) количества осколков деления;
- < снабжение ЯВУ защитой, поглощающей максимальное количество нейтронов, возникающих при термоядерном взрыве;
- < возможность доставки (транспортировки) конструкций ЯВУ в полностью или частично собранном виде в любое, сколь угодно удаленное и малонаселенное место без ограничения дальности перевозки, вида транспорта и времени года;
- < подготовка ЯВУ к использованию на месте взрывных работ в условиях отсутствия специальных капитальных зданий и сооружений;
- < герметичность корпуса ЯВУ при давлении бурового или цементного раствора до 5 МПа.

И наконец, о калибре ядерного взрывного устройства, предназначавшегося для осуществления взрывов на выброс. Очевидно, что калибр определял диаметр скважины. Однако особых требований к этому параметру заказчиком не предъявлялось, поскольку скважины глубиной до 300–400 м без особого труда можно было сделать диаметром до 1020 мм и даже до 1420 мм. Таким образом, следует отметить, что каких-либо строгих требований ни к калибру, ни к размеру (длине) ЯВУ, предназначавшегося для проведения взрывов на выброс, не предъявлялось.

Требования к ядерно-взрывным устройствам, предназначавшимся для интенсификации добычи углеводородов и создания емкостей для их хранения, существенно отличались от требований, сформулированных для ЯВУ, которые использовались при взрывах на выброс и для обрушения пород. Отличие определялось тем, что ЯВУ первого из вышеназванных типов применялись на очень больших глубинах. При ядерном взрыве в таких условиях создаются



значительные количества испаренной и расплавленной породы, которой захватывается практически вся возникающая радиоактивность. Не захватываются только газообразные радиоактивные изотопы. Среди них наиболее опасными является самый тяжелый радиоактивный изотоп водорода – тритий.

Специальными исследованиями установлено, что при снижении массы остаточного трития примерно до 0,1 г можно не применять сложных мер предосторожности при вскрытии полостей и не сжигать в факелах газ сразу после проведения работ по интенсификации месторождений. Итак, масса остаточного трития должна быть не более 0,1 г независимо от энерговыделения (мощности) ЯВУ.

Ядерные взрывные устройства, не удовлетворяющие этому условию, не рекомендовалось использовать для интенсификации добычи нефти и газа и строительства емкостей-хранилищ углеводородов.

Промышленное применение камуфлетных ядерных взрывов было связано с опусканием ЯВУ на глубины от сотен метров до двух-трех тысяч метров, поэтому калибр такого устройства не мог быть произвольным. Его следовало выбирать, исходя из возможностей проводки (бурения) скважины определенного и не очень большого диаметра на рабочую глубину.

Работа по техническому обоснованию выбора калибра ЯВУ для камуфлетных мирных ядерных взрывов (МЯВ) во ВНИИТФ была выполнена Б. В. Литвиновым и А. П. Васильевым. При выборе оптимального калибра учитывались глубина заложения ЯВУ, температура среды на этой глубине, оценка суммарных затрат на проходку скважины требуемого диаметра и на изготовление ЯВУ соответствующего энерговыделения, соотношенная с глубиной заложения. Итоги проведенных исследований в сжатой форме представлены далее в таблице.

Основные характеристики промышленных ядерных зарядов

Внешний диаметр обсадной трубы скважины, мм	Энерговыделение заряда, кт ТЭ	Допустимое давление, атм	Допустимая температура, °С	Глубина заложения заряда, м	Относительная стоимость системы «заряд+скважина»
299	1,5–50	450	80	1000	0,75
				2000	1,00
	3,5–20	450	80	1000	0,73
				2000	0,98
	3,5–20	500	90	1000	0,45
				2000	0,65
219	2–30	650	80	1000	0,70
				2000	0,83
				3000	1,15
	2–30	650	80	1000	0,67
				2000	0,80
				3000	1,12
	2–50	650	150	1000	1,25
				2000	1,40
				3000	1,70





Видно, что для камуфлетных ядерных взрывов целесообразно иметь четыре типа ядерных взрывных устройств. Первый тип – для применения в скважинах с обсадными трубами наружным диаметром 299 мм и с температурами в забое до 80°C, второй – для скважин такого же диаметра, но с температурой в забое 90–120°C, третий – для применения в скважинах, обсаженных трубами 219 мм и с температурой в забое до 80°C и четвертый – тоже под трубы диаметром 219 мм, но с температурами в забое до 120–150°C. Корпус таких ЯВУ должен был выдерживать давления до 75 МПа.

При реализации некоторых проектов необходимо было осуществлять два или даже три камуфлетных ядерных взрыва в рядом расположенных скважинах с разницей во времени от нескольких минут до нескольких часов или в одной скважине, когда ЯВУ размещались гирляндой одно над другим. Это означало, что ядерное взрывное устройство, взрываемое вторым, испытывало нагрузку (или нагрузки) ударной волны предыдущего взрыва. Сопоставление результатов исследований перегрузок, скоростей и смещений, создаваемых ударной волной подземного ядерного взрыва на разных расстояниях от места взрыва, с требованиями по размещению ядерных взрывных устройств для групповых последовательных во времени взрывов позволило установить уровни ударных перегрузок, которым подвергается ядерное взрывное устройство, ожидающее очередного взрыва, и соответственно требуемый уровень стойкости ЯВУ к этим нагрузкам.

В отличие от ЯВУ, используемых при проведении камуфлетных ядерных взрывов для интенсификации добычи нефти или газа, к ядерным взрывным устройствам для глубинного сейсмического зондирования и захоронения биологически вредных отходов никаких требований по количеству выделяющегося при ядерном

взрыве трития не предъявлялось. Оставались лишь требования, направленные на снижение стоимости выполнения взрывных работ, а также на увеличение стойкости ЯВУ к температурам, внешнему давлению и ударным перегрузкам при групповых последовательных взрывах. Естественно, что для глубинного сейсмического зондирования земли с успехом можно было применять ядерные взрывные устройства, разработанные для интенсификации добычи нефти и газа, а также создания емкостей для хранения углеводородов.

Несомненный интерес представляют требования, предъявляемые к главной характеристике ядерного взрывного устройства – к энерговыделению. Разнообразие задач, решаемых при камуфлетных ядерных взрывах, а также стремление предельно сократить номенклатуру ядерных взрывных устройств при одновременном удовлетворении всех технологических запросов заказчиков определили еще одно важное требование к ЯВУ. Необходимо было еще при изготовлении ядерных взрывных устройств предусмотреть возможность регулирования энерговыделения для некоторых из них, чтобы тем самым обеспечивать решение задач при реализации любого конкретного проекта.

Все сказанное выше позволяет обобщить технические требования, которым должны были отвечать ЯВУ, предназначавшиеся для проведения камуфлетных взрывов:

- < при использовании ЯВУ для интенсификации добычи нефти или газа количество образующегося при ядерном взрыве трития не должно превышать 0,1 г. Для ЯВУ, используемых при проведении подземных ядерных взрывов для других целей, эта величина не регламентируется;
- < ядерное взрывное устройство должно иметь прочный и герметичный корпус, способный выдерживать внешнее давление не менее 75 МПа;



- < допускается изготовление ядерных взрывных устройств отдельно как для применения при температурах до 80°C, так и при температурах 120–150°C. При этом конструкции ядерных зарядов и бортовой аппаратуры ЯВУ могут существенно отличаться;
- < ядерное взрывное устройство должно выдерживать значительные ударные перегрузки;
- < в каждом типе ядерных зарядов должна быть предусмотрена возможность устанавливать энерговыделение, требуемое для решения конкретных задач;
- < транспортировка ядерного взрывного устройства должна осуществляться любыми видами транспорта и на любые расстояния;
- < габариты ядерных взрывных устройств должны допускать их применение в обсадных трубах технологических скважин диаметром 219 и 299 мм;
- < конструкция ядерного взрывного устройства должна быть максимально простой, не требующей при подготовке к использованию сложной и нетранспортируемой оснастки и позволяющей выполнение всех необходимых операций при подготовке его к использованию в простейших сборочных и передвижных средствах и строениях легкого типа.

Представленные в этом разделе технические требования к ядерным взрывным устройствам разного назначения возникли не сразу. Они уточнялись и видоизменялись по мере накопления опыта проектирования, конструирования и производства ЯВУ, а также опыта их применения для решения конкретных технических задач с помощью ядерных взрывов. Они являются результатом совместной работы всех тех, кто принимал участие в их разработке, сборке, транспортировке и использовании. Это ученые, специалисты и рабочие ВНИИТФ, ВНИИЭФ, КБ АТО и ВНИПИПТ. Только такой совместный труд обусловил успех как в разработке ядерных взрывных устройств, так и в их применении.

### *Ядерные взрывные устройства, применяемые при подземных ядерных взрывах наружного действия*

Как уже отмечалось, наиболее трудно выполнимым было первое требование к ЯВУ наружного действия, а именно: при ядерном взрыве таких ЯВУ должно было образовываться минимально возможное (или минимально достижимое) количество осколков деления. Это требование с самого начала применения ядерных взрывных устройств в промышленных целях не было количественным, поскольку никто из специалистов тогда не мог определенно сказать, с каким же приемлемым количеством осколков деления можно создать первичный инициирующий узел. Выражение «приемлемая величина количества осколков деления», подразумевает возможность создания необходимых условий для протекания термоядерных реакций во вторичном узле при минимальном количестве осколков деления в первичном. От количества осколков деления и степени загрязнения окружающей породы зависело время, по истечении которого можно начинать выполнение запланированной работы на месте взрыва. От величины энерговыделения вторичного узла зависит конечный эффект ядерного взрыва: размеры воронки, ширина рва (канала), количество обрушенной породы и т. п. В начале 1960-х годов считалось приемлемым, если из 100% энерговыделения 95% будет выделяться в результате термоядерных реакций и только 5% – в результате реакции деления. Другими словами, при таких долях из общего энерговыделения, равного 100 кт, только 5 кт будут приходиться на энерговыделение за счет реакции деления и образование 290 г осколков. Результаты измерений уровня радиоактивного загрязнения окружающей среды после наземных ядерных взрывов с разным энерговыделением, а также после подземного ядерного взрыва, произведенного 15 января 1965 г. для создания воронки выброса под будущее водохранилище, позволили



сделать вывод, что 5% энерговыделения за счет реакции деления допустимо, однако уменьшение его на порядок, то есть до 0,5%, позволило бы значительно снизить стоимость последующих работ. ЯВУ повышенной «чистоты» необходимо было проектировать с учетом выполнения всех требований и возможностей производства, удобства и безопасности транспортировки и подготовки их к применению не только в малонаселенной местности. Такой многофакторный подход к разработке ядерных взрывных устройств в сочетании с изобретательностью их создателей привел к успеху: уже 11 мая 1965 г. на Семипалатинском испытательном полигоне был проведен первый взрыв экспериментального ядерного устройства, физическая схема которого была предложена начальником теоретического отдела ВНИИТФ Ю. С. Вахрамеевым. Опыт прошел успешно, а предложенная физическая схема оказалась настолько удачной, что дала возможность создать несколько конструкций, с помощью которых были решены как задачи создания «чистых» ЯВУ для ядерных экскавационных взрывов и обрушения полезных ископаемых, так и задачи многих физических опытов.

При разработке «чистого» первичного узла особое внимание уделялось не только конструкции и подбору веществ центрального узла, содержащего делящиеся материалы, но и различным внутренним деталям и сборочным единицам, материалы которых в процессе ядерного взрыва могли активироваться, увеличивая тем самым выход радиоактивности в окружающую среду.

Результаты испытаний ядерных взрывных устройств на Семипалатинском полигоне, многочисленных сложных физических расчетов и опытно-конструкторских работ по созданию «чистых» зарядов показали, что первичный узел этих ЯВУ работает стабильно. Но эти успехи в создании первичного узла не решили проблему создания мощного «чистого» ЯВУ для взры-

вов наружного действия. Первые результаты расчетно-теоретических исследований указывали на возможность получения термоядерного энерговыделения требуемой величины. Однако эксперименты (ядерные испытания) не подтверждали результатов исследований, проводившихся в обоих ядерных центрах страны в 1961–1964 гг.

Таким образом, перед специалистами этих центров (ВНИИТФ и ВНИИЭФ) оставались актуальными задачи поиска путей использования термоядерных реакций в ЯВУ для взрывов наружного действия. Пути эти были разные.

Так, физики-теоретики ВНИИЭФ А. Д. Сахаров, Ю. Б. Харитон, Ю. А. Трутнев, В. Н. Мохов, В. С. Пинаев, В. С. Лебедев, А. В. Певницкий и другие предложили заряд, который был разработан и успешно испытан 16 ноября 1964 г. на Семипалатинском полигоне. Примерно через два месяца после этого испытания с помощью такого же заряда (в режиме полного энерговыделения) в районе слияния рек Чаган и Ащи-Су 15 января 1965 г. была образована воронка, которая впоследствии стала частью искусственного водохранилища. Радиационная безопасность проведения такого экскавационного взрыва обеспечивалась особо высокими параметрами использованного ядерного взрывного устройства. Однако для получения более высоких энерговыделений потребовалось бы увеличить расходы трития, что экономически было невыгодно, так как значительно повышалась стоимость заряда.

Специалисты уральского ядерного центра – ВНИИТФ – сначала тоже предполагали при создании «чистых» ЯВУ для взрывов наружного действия использовать предложения ВНИИЭФ. Однако в 1963 г. возникли новые идеи. Так, физики-теоретики ВНИИТФ Е. Н. Аврорин, Е. И. Забабахин, Л. П. Феоктистов, А. К. Хлебников, А. А. Бунатян и другие предложили провести физический опыт, в ко-



тором осуществить «зажигание»<sup>\*</sup> большого количества трития и дейтерия. Для этого были разработаны проект и конструкция специальной физической установки группой специалистов ВНИИТФ (В. Д. Кирюшкин, А. С. Красавин, Н. Г. Захарова, В. И. Прохоров) под руководством Б. В. Литвинова и П. А. Есина. Физический опыт с использованием этой установки был проведен 4 февраля 1965 г. на Семипалатинском полигоне. В этом эксперименте, возможно, впервые в мире было осуществлено зажигание большой массы газообразного дейтерия. Практическим результатом опыта явилось подтверждение правильности теоретических представлений о работе таких конкретных конструкций.

Развивая идеи, реализованные при проведении этого опыта, Е. Н. Аврорин предложил новую физическую схему промышленного заряда. Конструкции этого экспериментального термоядерного заряда для промышленного применения, не имевшего аналогов, также как и уникальной физической установки оригинальной конструкции для предшествовавшего опыта, разрабатывались в отделе В. Д. Кирюшкина.

В процессе разработки вышеуказанных конструкций вырабатывалась стратегия конструирования термоядерных зарядов нового направления. Необходимо было исследовать «коварное» поведение изотопов водорода при высоком давлении и взаимодействии их с различными конструкционными материалами. Главная особенность водорода и его изотопов заключается в его удивительной проникающей способности. Молекулы газообразного водорода способны проникать в малейшие металлургические микродефекты металла конструкции, как-то раковины, неслитины и, особо, микротрещины,

непровары и т. п. Молекулы водорода, последовательно насыщая микротрещины, создают расклинивающий эффект и способствуют раскрытию микротрещин, дальнейшему увеличению их размеров, вплоть до доведения конструкции до разрушения.

К тому времени, в отечественной науке и технике вопрос воздействия при высоком давлении изотопов водорода на конструкционные материалы не был достаточно изучен. Это является предметом специальных глубоких и длительных исследований. К тому времени было достаточно много публикаций, посвященных этой проблеме. Но они в основном носили академический характер. Наиболее близкими по прикладному значению оказались исследования в химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Как показывал анализ публикаций, грамотные конструкторско-технологические решения, направленные на исключение или снижение отрицательного влияния водорода на прочность несущих конструкций, должны учитывать химический состав материала силовых деталей, структуру металла, необходимость выбора оптимального соотношения пластических и прочностных свойств металла и исключение в конструкции контактирующих с водородом зон концентрации напряжений. Новое направление работ в ядерном зарядостроении потребовало качественно новых подходов к конструированию, к разработке и внедрению новых технологий и материалов. С учетом вышеизложенного, материал конструкции и технология создания ее должны были обеспечить выполнение двух основных требований. Во-первых, при исходном состоянии заряда конструкция должна противодействовать «коварству» изотопов водорода. Во-вторых, при работе заряда радиоактивность в материале конструкции, наведенная от термоядерных нейтронов, должна быть минимальной.

Во ВНИИТФ под руководством Б. В. Литвинова были развернуты конструкторско-технологические исследования (Н. Г. Захарова,

<sup>\*</sup> Зажиганием физики называют осуществление термоядерной реакции с заметным энерговыделением, которое способно привести к устойчивому течению термоядерных реакций.



В. Д. Кирюшкин, А. С. Красавин, В. И. Гаврин, А. А. Горновой, Ю. П. Гринёв, Э. Ш. Миньяров, В. П. Брусенцов и др.). К научно-исследовательским работам были подключены ВИАМ, НИИ-9 и ПО ЧМЗ. Были заключены договоры с ВИАМ, с НИИ-9 и ПОЧМЗ на получение новых сплавов и деталей из них. Технические решения, разработанные и использованные в конструкциях физической установки и первого экспериментального термоядерного заряда, нашли дальнейшее применение и развитие в штатных конструкциях мирных ЯЗ. В дальнейшем, при разработках термоядерных зарядов промышленного применения, решению вышеописанных проблем был посвящен многолетний труд многочисленного коллектива конструкторов, технологов, производственников, испытателей и руководителей всех рангов в РФЯЦ – ВНИИТФ.

Проверка экспериментального варианта конструкции термоядерного заряда, проведенная 13 февраля 1966 г. на Семипалатинском полигоне, была успешной и полностью подтвердила результаты физических расчетов.

Компоновка испытанного заряда, а также собственно испытанная конструкция отсека нашли широкое применение при разработке конструкций особо чистых (доля делительной энергии <1%) термоядерных зарядов промышленного назначения.

Дальнейшая разработка всех промышленных зарядов проводилась во вновь сформированном в 1966 г. в конструкторском отделе КБ-1, руководителем которого был назначен П. А. Есин.

Следует отметить, что требования, предъявляемые к ЯВУ для подземных ядерных взрывов наружного действия, были применимы и к ЯВУ, которые использовались при проведении ядерных взрывов под землей для обрушения горных пород или добычи полезных ископаемых. Это обусловлено тем, что с обрушенной рудой или породой необходимо было начинать работы вскоре после обрушения. Существенное отличие ЯВУ, предназначавшихся для взрывов на

выброс грунта, от ЯВУ, применяемых при взрывах под землей для обрушения породы при подземной добыче полезных ископаемых, состояла в том, что достаточно эффективное обрушение могло быть достигнуто при существенно меньших энерговыделениях, чем требуются для создания воронки выброса. Так, согласно результатам расчетов специалистов ВНИИПромтехнологии, двумя-тремя взрывами с энерговыделением в каждом 1,0–1,5 кт можно обрушить 1,5–2,0 млн т рудного тела, используя всего 0,3–0,4 км горной проходки, тогда как для производства той же работы с помощью обычного химического ВВ необходима проходка штольни длиной 2,5–5 км. Если учесть, что 30–50% стоимости руды составляет ее дробление, то ядерно-взрывная технология позволяет снизить стоимость одной тонны добытой руды в 1,5–2 раза. Расчетная эффективность обрушения рудного тела ядерным взрывом требовала экспериментального подтверждения. Местом опытно-промышленного изучения эффективности ядерной отбойки руды был выбран апатитовый рудник Кузльпорр в Хибинах.

Для этих работ специально было сконструировано ЯВУ, в котором были использованы «чистый» первичный узел и термоядерный вторичный узел, физическую схему которого предложили физики-теоретики Л. И. Шибаршов и Е. Г. Гамалий. Этот узел прошел проверку в физическом опыте, который был проведен 9 ноября 1968 г.

Ядерное взрывное устройство было применено для дробления руды. Это был взрыв «Днепр-1», произведенный в Мурманской области 4 сентября 1972 г. Чтобы максимально снизить загрязнение руды продуктами взрыва, ЯВУ было размещено на границе рудного тела и покрывающих пород. Заряд был дополнительно экранирован слоем карбида бора. Полученные экспериментальные данные подтвердили расчетную эффективность использования ядерных взрывов для дробления рудных тел. После этого



взрыва общий объем загрязненной руды и выход негабаритных фракций составлял не более 13% от всей раздробленной массы руды; каких-либо осложнений в работе близлежащих предприятий (до 14 км) не было отмечено; жилой поселок, расположенный на расстоянии 2 км от района взрыва, не получил никаких повреждений.

Ядерные взрывные устройства, разработанные для отбойки руды, применялись еще в двух опытно-промышленных взрывах: один – при взрыве со вспучиванием мерзлой породы для создания плотины хвостохранилища отходов кимберлитовой руды в Якутии (взрыв «Кристалл» 2 октября 1974 г.), второй – на площадке Муржик Семипалатинского ядерного полигона (взрыв «Лазурит» 7 декабря 1974 г.) для создания набросной плотины на горном склоне.

В Мурманской области (в Хибинах) 27 августа 1984 г. был произведен еще один взрыв для отбойки руды («Днепр-2»), но это уже был групповой взрыв двух ЯВУ. В этом эксперименте был использован эффект столкновения ударных волн, что существенно увеличивало выход раздробленной руды. Кроме того, как и в эксперименте «Днепр-1», здесь был эффективно применен отвод в пустую породу даже той малой доли радиоактивности, которая образуется при взрыве таких ЯВУ.

Представленные выше данные свидетельствуют о том, что задачи создания ядерных взрывных устройств для подземных взрывов наружного действия были полностью решены, а именно:

- < создано несколько типов ЯВУ, полностью удовлетворяющих основному требованию – требованию предельно малого энерговыделения за счет реакций деления;
- < созданные ЯВУ с успехом были применены в опытно-промышленных ядерных взрывах, в том числе и с использованием систем вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва;

- < были сконструированы и опробованы в условиях работ в малонаселенной и труднодоступной местности приспособления и оснастка, необходимые для подготовки таких ЯВУ к применению.

#### *Ядерные взрывные устройства для камуфлетных взрывов*

Первым ядерно-взрывным устройством, специально созданным для камуфлетных мирных взрывов, было ЯВУ, изначально предназначенное для ликвидации аварии пережатием ствола газоносной скважины на большой глубине.

Разработка такого ЯВУ была поручена ВНИИТФ министром среднего машиностроения Е. П. Славским в 1966 г., когда на месторождении Памук (Каршинская обл. Узбекистана) произошли разрывы стенок обсадной трубы, вследствие чего газ начал распространяться по приповерхностным пластам и вырываться на поверхность в обширном районе вокруг устья скважины. Ежесуточный бесполезный расход газа составил от 2 до 3 миллионов кубических метров.

Никакими традиционными методами аварии устранить не удавалось. Апробированный в сентябре 1966 г. на месторождении Урта-Булак (Бухарская обл. Узбекистана) способ тушения газового фонтана, когда был применен ядерный заряд ВНИИЭФ калибра 400 мм с термостойкостью 70–80°C, в этом случае не годился: температура в районе заложения ЯВУ превышала 100°C, давление доходило до 550 атм, внутренний диаметр обсадной трубы наклонной технологической скважины для доставки ЯВУ на проектную отметку составлял 274 мм.

Потребовалось разработать специализированное термо- и гермостойкое ЯВУ соответствующего калибра, которая должна была гарантировать надежное пережатие ствола аварийной скважины при максимально прогнозируемом расстоянии от нее до технологической



скважины на проектной глубине заложения ЯВУ (около 2200 м).

Первый вариант такого заряда, который разрабатывался не только для проведения работ в условиях газового месторождения Памук, но и в подобных ему условиях, был успешно испытан на Семипалатинском ядерном полигоне 15 июля 1967 г. По сути это была разработка не просто ядерного заряда, а ядерного взрывного устройства и всех его элементов; ядерного заряда, аппаратуры для контроля за его работой и подрывом, корпуса и гермовводов. Обсуждалась и возможность подрыва ЯВУ от датчиков глубины, встроенных в него, то есть без связи с наземной аппаратурой. Однако этот вариант не был принят из-за малой его надежности, а для связи бортовой аппаратуры с наземной был выбран стандартный многожильный кабель, применяемый в геофизических работах. Под него были разработаны гермовводы, принятые вскоре в качестве стандартных к применению в ЯВУ, разрабатываемых как во ВНИИТФ, так и во ВНИИЭФ.

Ядерный взрыв для ликвидации перетоков газа из залежи в выше расположенные горизонты на Памукском газовом месторождении был произведен 21 мая 1968 г. Эффект пережатия аварийной скважины (существенное уменьшение количества выходящего газа) стал наблюдаться только спустя полтора месяца после взрыва, когда накопившийся ранее газ вышел из насыщенных горизонтов.

Результаты работ по ликвидации аварийных газовых проявлений являлись убедительным доказательством необходимости создания специальных ЯВУ для проведения промышленных камуфлетных ядерных взрывов. В разработке технических требований к таким устройствам принимали участие специалисты ВНИПИПромтехнологии.

Созданное для ликвидации аварии на Памукском газовом месторождении ЯВУ после введения в него элементов, повысивших безопасность

его использования, а также после незначительных доработок было принято в качестве основного для применения в скважинах с обсадной трубой диаметром 299 мм при температурах в месте его завески свыше 80°C.

Для применения в скважинах с обсадной трубой диаметром 299 мм при температурах в месте его завески не более 80°C во ВНИИТФ было разработано еще одно ЯВУ с более экономичным по расходу делящихся материалов зарядом, энерговыделение которого можно было регулировать. Регулировка обеспечивалась добавлением или изъятием соответствующих деталей ядерного заряда вплоть до последнего этапа подготовки ЯВУ к использованию в полевых условиях. Такие заряды были использованы при взрывах серий «Вега» (15 взрывов для создания подземных емкостей для хранения газа) и «Батолит» (2 взрыва для глубинного сейсмозондирования).

Гарантированное время пребывания\* в скважине всех ЯВУ, разработанных во ВНИИТФ, от момента их завески до подрыва составляло 18 суток. Этого времени было вполне достаточно, чтобы выполнить все работы, необходимые для подготовки и проведения ядерного взрыва.

Следует отметить высокую надежность всех комплектующих элементов, разработанных для условий длительного воздействия гидростатического давления на ЯВУ. Например, подрыв двух зарядов в 1987 г. (проект «Гелий-4» и «Гелий-5») был произведен через 20 месяцев после их завески в скважинах. Работа прошла в заданном режиме, обеспечив полное выполнение задач проектов. Эта вынужденная проверка работоспособности ЯВУ в нерегламентированных условиях указала на возможность расширения, при необходимости, отдельных параметров ЯВУ с подтверждением их достоверности результа-

\* Гарантированное время пребывания ЯВУ в скважине определяется, как время, до истечения которого гарантируется нормальная работоспособность всех составляющих ЯВУ.



тами дополнительных лабораторно-конструкторских исследований.

Для обеспечения выполнения требований по снижению массы остаточного трития была разработана и проверена специальная технология сборки деталей из делящихся материалов. Это позволило уменьшить массу остаточного трития значительно ниже установленного уровня.

В начале 1980-х годов на Семипалатинском ядерном полигоне были испытаны разработанные во ВНИИТФ экспериментальные образцы новых ядерных зарядов для проведения камуфлетных промышленных ядерных взрывов. Эти заряды были экономически более выгодными, чем ранее созданные, кроме того, их можно было применять в скважинах, обсаженных трубами с наружным диаметром 219 мм, а также использовать для работы в двух диапазонах температур. С созданием таких зарядов был достигнут тот минимальный набор ЯВУ, который позволял решать любые задачи, связанные с применением камуфлетных ядерных взрывов в промышленных целях.

Результаты реализации различных проектов, связанных с промышленным использованием подземных ядерных взрывов, показали, что необходимость в серийном производстве соответствующих ядерных взрывных устройств отсутствует. Каждое ЯВУ могло изготавливаться одновременно с выполнением других работ по реализуемому проекту, например: геологической разведкой будущего места взрыва, бурением скважины, обустройством будущего места взрыва. Таким образом был снят вопрос о массовом изготовлении и длительном хранении ядерных взрывных устройств до их практического применения.

За 20-летний период (1964–1984 гг.) во ВНИИТФ было разработано 18 типов ЯВУ промышленного назначения с энерговыделением от 0,24 до 150 кт, 10 из которых использовались для выполнения реальных проектов.

#### *Особенности разработки и применения некоторых ЯВУ*

Как отмечалось выше, для использования при подземных взрывах наружного действия (экскавация, обрушение, вспучивание и т. п. проекты) требуются ядерно-взрывные устройства с минимальным количеством осколков деления первичного узла. К такому узлу предъявляются противоречивые требования: он должен гарантированно обеспечивать инициирование термоядерной реакции во вторичном узле и иметь возможно меньшее «делительное» энерговыделение. Задача создания такого иницирующего устройства с рекордно малым количеством делящихся материалов была решена при реализации физической схемы, предложенной Ю. С. Вахрамеевым. Был разработан первичный узел «СИНУС», использование которого в ЯВУ для взрывов наружного действия обеспечивает требование минимизации радиоактивного заражения окружающей среды.

В итоге, в 1972 г. было создано и испытано ядерно-взрывное устройство, в котором только 0,15% энергии получается за счет реакций деления.

Основные идеологи и участники разработки этого ЯВУ с рекордными параметрами: Е. И. Забабахин, Л. П. Феохтистов, Е. Н. Аврорин, Б. В. Литвинов, Ю. С. Вахрамеев, В. А. Кибардин, А. А. Бунатян, А. К. Хлебников, Е. Г. Гамалий, П. А. Есин.

Прототип этого устройства с несколько худшими параметрами по «чистоте» годом раньше (1971 г.) был использован при групповом экскавационном взрыве на трассе проектировавшегося Печеро-Колвинского канала для переброски вод северных рек в Волгу (операция «Тайга»). В этом опытно-промышленном взрыве применялось три ЯВУ, размещенных на глубине 128 м в скважинах, расположенных линейно с шагом 165 м.

Эксперимент был проведен 28 марта 1971 г. Ему сопутствовали лабораторные опыты по





моделированию формы и размеров траншей (теоретическое обоснование опытов разрабатывалось Ю. С. Вахрамеевым, С. В. Демьяновским, Н. Г. Михальковым; эксперименты на установке ЭКАП проводились Ю. А. Кучеренко, Е. В. Котляром и др., а на вакуумной установке – И. М. Блиновым, Ю. М. Корепановым и др.). Проектные размеры траншей получены не были, т. к. примененные ЯВУ сработали с почти вдвое меньшей мощностью и параметры заложения (глубина, расстояния между скважинами) оказались неоптимальными. В результате взрыва получилась мелкая (глубина ~15 м) траншея длиной 700 м с пологими откосами (ширина до 340 м); объем выброшенной породы составил около 1 млн м<sup>3</sup>. Параметры, полученные при лабораторном моделировании, совпали с реализовавшимися в эксперименте «Тайга» с погрешностью не более 20%. Радиационная обстановка в районе эксперимента сразу после взрыва была близка к ожидавшейся по проекту. В настоящее время дозы радиации вне навалов вокруг траншей (~200–250 м от гребней) не превышают фоновых значений.

Ведущими специалистами по подготовке и проведению эксперимента «Тайга» были Ю. С. Вахрамеев, Е. И. Парфёнов, В. И. Жучихин, Л. П. Волков, Ю. Ф. Половинкин, В. И. Гаврин.

В экспериментах «Днепр-1» (1972 г.) и «Днепр-2» (1984 г.) применялись ядерно-взрывные устройства, обеспечившие обрушение и дробление массивов апатитовой руды при минимальном загрязнении ее радиоактивными осколками. В этих опытно-промышленных взрывах в дополнение к используемым «чистым» ЯВУ применялась система вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва вне рудного тела. Эта система представляла собой комбинацию из воздушного канала вывода активности (КВА) и камеры захоронения (КЗ). Труба КВА соединяла собой концевой бокс (с размещенным в нем ЯВУ) с камерой захоронения. Длина КВА выбира-

лась с учетом мощности ЯВУ такой, чтобы камера захоронения находилась вне зоны трещиноватости породы, образующейся при взрыве. Диаметр трубы КВА выбирался тоже с учетом энерговыделения ЯВУ таким, чтобы, с одной стороны, обеспечивался максимально возможный вывод осколков деления в КЗ, а с другой, чтобы деформируемая взрывом окружающая порода надежно пережала трубу на участке, прилегающем к КЗ, и тем самым предотвратила бы обратный выход активности из КЗ в котловую полость взрыва.

В обоих экспериментах примененные ЯВУ и системы вывода и захоронения радиоактивных продуктов взрыва сработали нормально. Измерения во время проведения экспериментов, последовавшие затем наблюдения за радиационной обстановкой на месте взрывов и анализ отобранных радиохимических проб показали, что более 90% возникших при взрыве осколков деления было выведено из центральной зоны и надежно захоронено вне рудного тела. Раздробленную апатитовую руду можно было безо всяких опасений выдавать на-гора и доставлять на обогатительную фабрику.

Основными разработчиками и участниками реализации экспериментов «Днепр-1» и «Днепр-2» от ВНИИТФ были Е. Н. Аврорин, Л. И. Шибаршов, Б. П. Мордвинов, Е. Г. Гамалий, В. А. Верниковский, Н. Н. Капустин, Н. Г. Костецкий, Н. П. Волошин, Б. К. Водолага, Ю. Ф. Половинкин, И. Ф. Фальков и др.

Для камуфлетных взрывов был разработан более широкий набор ядерно-взрывных устройств, различающихся калибром, термостойкостью, величиной энерговыделения, содержанием делящихся материалов и остаточного трития.

Первым в ряду этих ЯВУ был заряд для ликвидации аварии на месторождении Памук. Как отмечалось выше, на этом месторождении температура среды в зоне заложения заряда



превышала 100°C. При этом, доставлять заряд к проектной отметке необходимо было по стволу скважины, обсаженной трубой внутренним диаметром 274 мм. То есть ЯВУ должен был вписываться в размер внутреннего диаметра трубы. Ядерных зарядов ни с таким малым диаметром, ни обладающих такой высокой термостойкостью в нашей отрасли (МСМ) не было.

В кратчайшие сроки при благожелательной поддержке А. А. Бунатяна и самоотверженной работе математического сектора было выполнено очень большое число математических расчетов.

Решением вопросов, связанных со схемой заряда и выбором основных элементов его конструкции, руководили А. Д. Захаренков и Б. В. Литвинов.

Конструкция изделия в целом разрабатывалась в отделе П. А. Есина, отдельные ее узлы создавались в конструкторских группах Ю. А. Иванова, А. С. Красавина, И. С. Путникова.

Газодинамическая отработка первичного узла и нейтронного запала для инициирования ядерного взрыва в заданное время проводилась М. М. Русаковым, В. П. Ратниковым, И. И. Евгеньевым, С. В. Самыловым, Е. А. Скворцовым, Ю. А. Тимофеевым и другими специалистами под руководством И. В. Санина.

В испытательном секторе под руководством Е. И. Парфёнова создавалась для этого заряда своя система автоматики подрыва и контроля (А. А. Соколов, В. Ф. Прохоркин, Ю. И. Рыбаков и др.). Проверка и отработка всех узлов при высоких температурах проводилась под руководством А. В. Бородулина на стендах испытательного комплекса.

Из-за большой глубины заложения заряда и высокой температуры возникли трудности в обеспечении работы аппаратуры подрыва и измерительных методик. По предложению Е. И. Парфёнова впервые был использован каротажный трехжильный бронированный кабель КТБФ-6. Предложение Л. П. Волкова исполь-

зовать этот кабель и для измерительных методик, в том числе для регистрации движения ударной волны, было сначала встречено с недоверием. В декабре 1967 г. непосредственно на платформе железнодорожной станции Озёрная были проведены тщательные исследования переходных характеристик этого кабеля, и дано заключение о возможности его использования для передачи сигналов от датчиков к регистраторам. Были созданы контактные термостойкие герметичные датчики (отдел А. П. Зверева) с использованием гермовводов для каротажного кабеля, разработанных в отделе А. С. Фёдорова.

В этом опыте впервые предполагалось измерить мощность взрыва в скважине по скорости ударной волны. Этим занимались В. А. Симоненко (у теоретиков), Л. П. Волков и Н. П. Волошин (у экспериментаторов). Расчеты проводились в отделах Н. Н. Анучиной и В. Ф. Куропатенко с использованием уравнения состояния грунта, полученного в отделе К. К. Крупникова.

Ознакомившись с первыми результатами расчетов, Е. И. Забабахин попросил подготовить эксперименты для уточнения картины пережатия скважины ударной волной. Расчетные исследования проводили В. А. Симоненко и Н. И. Шишкин. Опытами занялись Ю. М. Корепанов, И. М. Блинов и другие сотрудники газодинамического сектора. На одном из уральских заводов достали тонкие стальные и никелевые капилляры, из которых изготавливали иглы для шприцев. Они вполне подходили для имитации стальных труб в скважинах. В шахтах Соликамска в массиве каменной соли закладывали маленькие заряды ВВ, а вокруг располагали эти трубочки из разных материалов, с разными относительными толщинами стенок и т. д. Из-за сложности проведения опытов в шахте и ограниченности времени, оставшегося до взрыва на Памуке, было принято решение о проведении модельных опытов на внутреннем полигоне. В институт были срочно доставлены





В. И. Жучихин



В. А. Верниковский



Н. В. Птицына



Е. И. Парфёнов





многотонные соляные блоки, необходимые для взрывных экспериментов. Руководство института, в виде исключения, разрешило их проводить при морозах, превышающих допустимые по правилам работ с ВВ (не ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ ). Зимой 1968 г. морозы доходили до  $-50^{\circ}\text{C}$ !

По результатам опытов в шахте и экспериментов на внутреннем полигоне находили критические давления, гарантирующие пережатие обсадной трубы. Это позволило уточнить требования к мощности ЯВУ.

Была у этого заряда и еще одна особенность, требовавшая большого количества расчетов и экспериментов. Первичный узел состоял из двух основных частей, которые в исходном состоянии были раздвинуты так, что обеспечивалась глубокая подкритичность системы. Необходимое раздвижение зависело от окружения заряда.

Весной 1968 г. в лаборатории Л. Б. Порецкого была проведена большая серия критизмерений для заряда в окружении различных грунтов, которые могли встретиться при опускании заряда в скважину. Однако не все варианты окружения были исследованы при лабораторных измерениях. Для того, чтобы гарантировать критмассовую безопасность опускания заряда в скважину, требовалось провести эксперимент в реальной геометрии оголовка скважины, состоявшего из нескольких соосных стальных труб и слоев бетона между ними.

Это выяснилось тогда, когда ЯВУ уже было доставлено на место работ. Вести изделие обратно и сооружать макет скважины в институте – это огромная потеря времени – не меньше месяца. Поэтому родилось предложение соорудить макет скважины на месте и провести необходимый эксперимент с изделием.

Постановка эксперимента была утверждена Е. И. Забабахиным и Б. В. Литвиновым, все необходимые расчеты заданы А. П. Васильевым, а в лаборатории Л. Б. Порецкого подготовили

необходимую аппаратуру и оснастку для проведения опыта.

Результаты измерений подтвердили правильность расчетов, и комиссия (председатель В. Г. Заграфов; М. И. Кувшинов, А. П. Васильев, Л. Б. Порецкий, А. К. Хлебников – члены комиссии) подписала протокол о критмассовой безопасности спуска.

21 мая был произведен взрыв, и аварийная скважина была перекрыта. Через некоторое время прекратилось и истечение газа на всей площади месторождения.

В дальнейшем подобный ядерный заряд использовался для перекрытия еще нескольких аварийных скважин (в 1972 г. в Туркмении вблизи г. Мары на месторождении Майское и на Западно-Крестищенском месторождении вблизи Полтавы, в 1981 г. в устье р. Печоры).

Следующий заказ на применение ЯВУ ВНИИТФ поступил только через два года. На Дадуровском месторождении в Оренбургской области ядерным взрывом на глубине 700 м нужно было создать полость в толстом слое каменной соли для хранения газоконденсата. Он добывался вместе с газом.

Большая герметичная полость емкостью в несколько десятков тысяч кубических метров дала бы возможность прекратить экономически убыточные и экологически вредные сжигания этого нужного для химической промышленности продукта.

Эксперимент «Сапфир» на этом месторождении был проведен 22 октября 1971 г. По результатам измерений стало ясно, что мощность в два раза больше расчетной. Газовики, кстати, от такого отклонения крупно выиграли. Полость взрыва получилась почти в два раза больше, т. е. она могла вмещать 50 тыс. м<sup>3</sup> конденсата. Этот объект до сих пор находится в эксплуатации; радиационная обстановка – на уровне естественного фона.

Для объяснения результатов полигонной отработки и обоих применений ЯВУ (на Памуке



и в Дедуровке) была проведена большая серия расчетов. На их основе были выбраны параметры ЯВУ для следующих проектов.

Результаты этих расчетов были подтверждены измерениями в пяти последовавших мирных взрывах и помогли лучше разобраться в сложных процессах этого заряда, что пригодилось вскоре при разработке нового ЯВУ еще меньшего калибра.

После полигонной отработки это ЯВУ впервые было применено в 1977 г. для сейсмозондирования земной коры (проект «Метеорит-2»). За последующее десятилетие заряд был использован еще 54 раза в проектах по сейсмозондированию, созданию подземных полостей и для интенсификации нефте- и газодобычи. Последнее применение этого ЯВУ в 1987 г. характерно тем, что, как выше отмечалось, заряды были взорваны через 20 месяцев после их заложения. ЯВУ сработали нормально, выдав точно расчетную мощность и подтвердив тем самым свою высокую надежность.

В разработке и многочисленных применениях этого ядерного взрывного устройства принимали участие А. Л. Васильев, Б. К. Водолага, В. А. Лыков, Э. С. Куропатенко, В. Д. Фролов, В. П. Ратников, В. И. Андришин, Л. Л. Лебедев, Ф. Ф. Желобанов, А. И. Котлов, Ю. А. Иванов, И. С. Путьков, А. С. Красавин, В. А. Блюм, Ю. И. Рыбаков, В. Ф. Прохоркин, Л. П. Волков, Н. П. Волошин и многие другие специалисты института.

В 1983 г. была испытана еще более экономичная модификация этого ЯВУ, в которой первичный узел, основанный на разработке Б. М. Мурашкина и Н. В. Птицыной, был заменен на новый, авторами которого были А. В. Полнонов и И. Е. Забабахин. Это ЯВУ было применено для сейсмозондирования земной коры в опыте «Кварц-4» в сентябре 1984 г.

Для применений на больших глубинах, в зонах с повышенной температурой и в труднодоступных местах оказалось более выгодным использовать термостойкое ЯВУ меньшего ка-

либра, несмотря на его высокую стоимость. Перед ВНИИТФ встала задача разработки ЯВУ, проходящего внутри обсадной трубы диаметром 219 мм и выдерживающего температуру 150°C.

Вновь был предложен заряд на основе используемого в ядерном артиллерийском снаряде. Нужно было убавить его калибр и использовать схему с установкой вторичных узлов, позволяющую относительно легко варьировать значение энерговыделения. Такой малогабаритный и термостойкий заряд был разработан и применен в проектах с «горячими» скважинами три раза.

Его экономичная модификация (в том же калибре, но с термостойкостью 85°C) была проверена в двух испытаниях на Семипалатинском (1984 г.) и Новоземельском (1987 г.) полигонах, но в промышленных проектах не использовалась.

Итак, для камуфлетных мирных ядерных взрывов во ВНИИТФ было разработано: два ЯВУ в калибре 250 мм, два ЯВУ в калибре 260 мм (в том числе с малым (менее 0,1 г) количеством остаточного трития) и два ЯВУ в калибре 182 мм повышенной и нормальной термостойкости.

#### *Взрывная дейтериевая энергетика как вариант мирного использования «чистых» ядерно-взрывных устройств*

Мировое научное сообщество в преддверии энергетического кризиса осуществляет исследования многих, альтернативных традиционно используемым (сжигание угля, газа, нефти, гидроэлектростанции и т. п.) способов генерации тепловой и электрической энергии. Россия участвует в международном проекте установки ИТЭР, использующей реакцию синтеза дейтерий-тритиевой смеси; исследуются возможности зажигания такой смеси в мишенях лазерных установок. Продолжаются разработки новых и совершенствования имеющихся



энергоустановок, использующих так называемые возобновляемые источники энергии (излучение солнца, ветер, морские приливы и т. п.).

В ряду таких альтернативных способов находится еще одно предложение специалистов, занимающихся ядерно-взрывными устройствами. Как уже говорилось, в 1963 г. в РФЯЦ – ВНИИЭФ был выпущен отчет-предложение о стационарной установке для получения активных материалов и электроэнергии с помощью подземных ядерных взрывов. Отчет был рассмотрен и опубликован в 2002 г.

В 1966 г. вышел сборник для служебного пользования «Наука будущего. Некоторые прогнозы о перспективах развития науки», в заключительной статье которого А. Д. Сахаров указал, что «одним из способов промышленного использования термоядерных реакций может явиться термоядерный взрыв в сохраняющейся камере; он возможен при определенном соотношении массы стенок камеры и энергии взрыва... С использованием термоядерных зарядов малой мощности и малой стоимости на единицу энергии такие камерные взрывы могут оказаться очень важными для «большой» энергетики...»

Развивая эти идеи и опираясь на успехи в разработке «чистых» зарядов, специалисты ВНИИЭФ предложили более экологичную и экономичную схему производства энергии.

Суть предлагаемой схемы заключается в следующем.

Энергозаряд, состоящий из малого количества делящегося материала (ДМ) – плутония-239 или урана-233, который служит запалом, и дейтерия, который дает основную долю энергии, взрывается в прочной полости, названной авторами котлом взрывного сгорания (КВС). В момент взрыва корпус котла защищается толстым слоем жидкого натрия (защитной стенкой) от высокой температуры, импульсного давления и проникающей радиации. Натрий одновременно служит теплоно-

сителем. Полученная тепловая энергия далее передается паровым турбинам для выработки электроэнергии по обычной схеме. При взрыве происходит выделение 43,2 МэВ энергии на шесть атомов дейтерия с образованием двух нейтронов. Эти нейтроны обеспечивают наработку плутония-239 или урана-233 (из урана-238 или тория-232) в количествах, превышающих расход ДМ при работе запала энергозаряда. Нарботанный делящийся материал можно использовать для запалов следующих энергозарядов и как топливо для реакторов вторичной ядерной энергетики. Таким образом, взрывная дейтериевая энергетика (ВДЭ) сможет давать дешевую электроэнергию и тепло.

Для создания КВС необходимы обычные материалы: сталь, бетон, натрий. Количество радиоактивных отходов на единицу произведенной энергии оказывается в десятки раз меньше, чем при работе традиционных АЭС. Запасы дейтерия огромны (1 кг D содержится в 5,9 м<sup>3</sup> морской воды), а стоимость его низка. Урана, уже добытого из недр, хватает для запалов на тысячелетие. Это позволяет считать ВДЭ относящейся, по определению А. Д. Сахарова, к «большой» энергетике. Термоядерные установки, использующие тритий, даже в случае успешной реализации не имеют шансов стать основой такой энергетики.

«Чистый» дейтериевый заряд – принципиальный элемент рассматриваемой концепции. Несколько вариантов таких зарядов разработано и успешно испытано в 70-х годах прошлого столетия.

Наличие прототипа энергозаряда для КВС является решающим преимуществом взрывной дейтериевой энергетике перед другими концепциями глобального энергообеспечения. Технические и технологические проблемы, которые просматриваются при обсуждении ВДЭ, человечество либо решило, либо способно решить.



Результаты почти пятидесятилетней истории разработки источника энергии с использованием реакции синтеза ядер дейтерия и трития, возбужденной энергией магнитного поля (токамаки) или энергией излучения лазера (ЛТС) свидетельствуют о том, что человечество всё еще очень далеко от реализации этой идеи. Пока в соответствующих экспериментальных устройствах удается получить энергию, эквивалентную долям микрограмма вещества. Кроме того, величина выделяющейся в экспериментах энергии не превышает затраченную на инициирование реакции синтеза.

Еще сложнее обстоит дело с инициированием реакции синтеза только ядер дейтерия, идущей при более высоких, чем в смеси дейтерия с тритием, температурах. А в специально сконструированных ядерно-взрывных устройствах удалось сжигать дейтерий в массах свыше килограмма.

Взрывы термоядерных зарядов предлагается проводить в подземной полости диаметром 150–200 м, облицованной стальной оболочкой и слоем железобетона и заполненной инертным газом. Облицовку от испарения и прямого воздействия ударной волны, как уже говорилось, защищает льющаяся завеса жидкого теплоносителя, создаваемая незадолго до очередного взрыва. Взрывы проводятся с оптимальной частотой, зависящей от мощности заряда и режима теплообмена в период передачи энергии от теплоносителя в последующие контуры электростанции. Диапазон ожидаемых частот взрывов находится в интервале от 1 раза в час до 1 раза в сутки.

Известно, что при взрывах в подземных полостях проявляется так называемый эффект декаплинга, заключающийся в существенном снижении сейсмического воздействия ударной волны на окружающую горную породу.

Эксперименты с ядерными взрывами в полостях доказали снижение сейсмического воздействия в десятки раз.

Опыт проведения подземных ядерных взрывов так называемого полного камуфлета (без выхода радиоактивных продуктов в атмосферу) накоплен ядерными державами за многие годы соответствующих испытаний. Отработана технология многократного использования одного и того же места в горном массиве для повторных ядерных испытаний. Всё это подтверждает вывод об осуществимости взрывной дейтериевой энергетики.

Сверхпрочный корпус КВС, защищенный соответствующим слоем грунта и рассчитанный на работу в условиях периодически повторяющихся ядерных взрывов, может быть разрушен только внешним ядерным взрывом. В этом смысле энергостанция с КВС выгодно отличается от ныне действующих ТЭС, ГЭС, АЭС, безопасности которых угрожают многие техногенные и природные источники (обычная взрывчатка, падение самолета, наводнение и т. п.).

Проработка представленного выше предложения проводилась во ВНИИТФ в инициативном порядке. Пока остается неясным ряд инженерно-технических и технологических вопросов, таких как подтверждение долговременной прочности корпуса КВС, эффективность передачи выделяемой при взрыве энергии теплоносителю первого и второго контуров, технологии очистки теплоносителя первого контура и выделения из него наработанного делящегося материала и др.

Разработка детального технического предложения, а затем и проекта энергоустановки на основе этой идеи может стать задачей общенационального масштаба, а реализация проекта могла бы заменить экспорт органического топлива на экспорт продукта высокой технологии, т. е. электроэнергии.

В разработке концепции ВДЭ активное участие принимали Г. А. Иванов, Н. П. Волошин, А. С. Ганеев, Ф. П. Крупин, С. Ю. Кузьминых, Б. В. Литвинов, А. И. Свалухин, Л. И. Шибаршов





и некоторые другие сотрудники математического и экспериментально-физического отделений ВНИИТФ.

#### *Заключение*

РФЯЦ – ВНИИТФ по существу является широкопрофильным научным центром, имеющим опыт разработки специализированных ядерно-взрывных устройств промышленного назначения.

При выборе и обосновании физической схемы, проведении расчетов, конструировании, разработке технологий изготовления и сборки, выборе материалов, производстве и применении этих ЯВУ, конечно, понадобились знания и опыт создания ядерных зарядов оборонного назначения и, кроме того, учет специфики условий и задач соответствующих мирных проектов.

Понадобилось существенное уточнение и детализация нейтронных констант, используемых в расчетах на ЭВМ, адаптация имевшихся и разработка новых расчетных методик, создание и применение новейших технологий получения особых сплавов металлов и других материалов, необходимых для изготовления деталей сложной конфигурации и обладающих меньшими активационными свойствами. Потребовалась существенная модернизация ранее применявшихся и разработка новых схем, аппаратурных комплексов, оснастки и оборудования для лабораторных испытаний и применений при использовании по назначению.

Отработка мирных ядерно-взрывных устройств проводилась в основном на испытательных полигонах (21 заряд ВНИИТФ был испытан на Семипалатинском полигоне и 2 – на Ново-земельском). В некоторых случаях отработка совмещалась с первым применением ЯВУ в том или ином проекте.

Ядерные взрывные устройства ВНИИТФ в 1968–1988 гг. использовались:

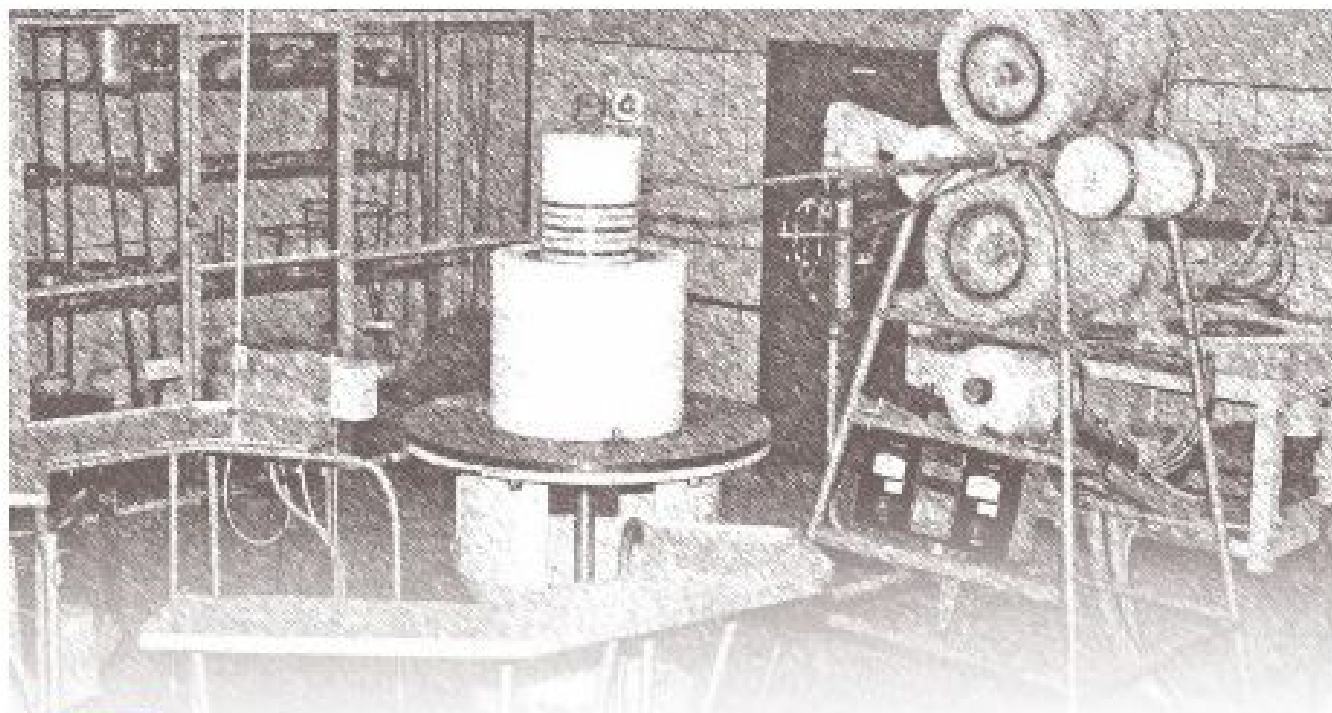
- < для создания водохранилищ (2 опыта из 4 проведенных в СССР);
- < сброса грунта по горному склону (1 опыт);
- < глубинного сейсмозондирования (22 взрыва из 39);
- < интенсификации нефте- и газодобычи (16 взрывов из 22);
- < создания подземных емкостей (24 из 25);
- < перекрытия газовых аварийных скважин (3 из 5);
- < дробления рудного тела (2 опыта);
- < захоронения отходов (2 опыта);
- < создания хвостохранилищ пустой породы (1 опыт);
- < создания траншей-выемки (2 опыта).

Всего в 75 взрывах (7 – на выброс и 68 – камуфлетных) использовано 80 ЯВУ ВНИИТФ. При этом только в одном случае (сейсмозондирование по проекту «Кратон-3», Якутия, 24 августа 1978 г.) возникла нештатная радиационная ситуация с выходом радиоактивных продуктов на поверхность, произошедшая из-за нарушения технологии забивки скважины. Остальные взрывы проведены в полном соответствии с проектами: безопасность исполнителей и населения обеспечивались полностью даже тогда, когда взрывы проводились в непосредственной близости от населенных пунктов.

Из разработанных 18 ЯВУ в промышленных взрывах были применены 10 типов.

ЯВУ особой «чистоты», в принципе, могут быть использованы в подземных энергоустановках с периодическими ядерными взрывами для получения электроэнергии, т. е. при реализации так называемой взрывной дейтериевой энергетики.

Все проверенные на практике ЯВУ могут быть в любое время изготовлены и вместе с необходимой оснасткой доставлены на место выполнения соответствующего проекта.



## **ЧАСТЬ II. ИССЛЕДОВАНИЯ, ИСПЫТАНИЯ, КОНТРОЛЬ И НАДЗОР**

### **2.1. Расчетно-математическое и экспериментальное моделирование**

Работы по расчетно-математическому, газодинамическому и физическому моделированию протекающих при ядерном взрыве и сопутствующих ему процессах, как правило, сопровождают разработку новых конструкций и подготовку натурных испытаний. Указанные работы проводятся в теоретическом, математическом, газодинамическом и физико-экспериментальном подразделениях и кратко представлены в нижеследующих параграфах.

*Вычислительные средства,  
физико-математическое моделирование,  
комплексы программ*

**Вступительные замечания**

Математический сектор НИИ-1011 был учрежден приказом министра среднего машиностроения А. П. Завенягина от 5 апреля 1955 г. одновременно с другими основными секторами нового объекта. Начальниками математического сектора (а потом отделения) были:

< Н. Н. Яненко – с 1955 по 1958 г., с 1958 по 1963 г. – научным руководителем сектора;

< А. А. Бунатян – с 1958 по 1978 г.;

< В. Н. Огибин – с 1978 по 1988 г.;

< В. Ф. Куропатенко – с 1988 по 1996 г.

Начальником НИО-3 с 1996 г. по настоящее время является В. М. Крюков.

Сотрудники математических отделов бывшего НИО-3 были объединены 1 апреля 1996 г. с физиками-теоретиками созданного в 1995 г. НТО-2, начальником которого был А. В. Андрияш. Предполагалось, что объединение специалистов по математическому моделированию и физиков-теоретиков в одном отделении создаст условия для более тесного их взаимодействия.

1 января 1999 г. А. В. Андрияш был назначен начальником НТО-1, а М. Ю. Козманов – начальником НТО-2.

Развитие моделей, методов и алгоритмов математического моделирования ведется с 1996 г. в математических отделах НТО-2, а вычислительные средства, системное и прикладное программирование развиваются в рамках НИО-3.



Основные задачи математического подразделения менялись по мере развития вычислительной базы предприятия и модификации направлений работы всего института, но главными из них всегда оставались следующие:

- < участие в расчетно-теоретической разработке специзделий и обычных вооружений;
- < создание и совершенствование методов математического моделирования ядерного взрыва и сопровождающих его физических процессов;
- < реализация методов и алгоритмов математического моделирования в виде производственных программ на имеющейся вычислительной технике и применение их к решению сложных задач, возникающих при работе ЯЗ;
- < теоретическое и численное исследование методов математического моделирования;
- < развитие вычислительной базы института, обеспечение ее высокой надежности, совершенствование систем энергообеспечения средств вычислительной техники;
- < разработка, развитие и внедрение современного системного программного обеспечения (операционных систем, систем программирования, инструментальных средств программирования, систем визуализации, обработки и хранения результатов расчетов);
- < внедрение современных научных достижений в практику расчетной разработки ЯЗ и поиск возможностей применения методик математического моделирования работы ЯЗ для решения общенаучных и технических задач.

Зародившись в середине XX века, математическое моделирование совершило головокружительный скачок и сегодня, в начале XXI века, органично вошло в самые различные области знания. С появлением высокопроизводительных ЭВМ математическое моделирование стало неотъемлемой составной частью процесса разработки основных изделий

института. Оно применяется на всех стадиях их создания, начиная от поиска оптимальных научно-технических решений до испытания опытных образцов.

Компонентами математического моделирования являются:

- < вычислительная техника,
- < физические и математические модели, прикладные программы,
- < системные программы и средства программирования.

Время создания института фактически совпало с началом становления каждого из этих компонентов. Первые руководители математического отделения – Н. Н. Яненко, А. А. Бунатян, В. А. Дорофеев, Ю. И. Морозов сформировали сильный коллектив, и их немалая заслуга в том, что и математики, и специалисты-электронщики, и программисты сектора достигли высокого уровня в своей области, и работы сотрудников сектора были известны в СССР и за рубежом. Н. Н. Яненко был одним из первых ученых, осознавших, что создание программ и проведение по ним массовых расчетов – это важное звено в технологической цепочке решения сложной физической или технической задачи. Он показал наличие тесной взаимосвязи между структурой алгоритмов решения задач физики и механики сплошной среды и собственной структурой вычислительной машины. Он относился к этим вопросам как к большой научной проблеме, требующей серьезного исследовательского подхода.

Все компоненты математического моделирования на современном этапе тесно связаны в рамках математической технологии, но каждый из них в отдельности требует и глубоких теоретических исследований, и практических разработок, позволяющих получить конечный продукт.

Остановимся на истории развития каждого из компонентов математического моделирования.



Развитие вычислительной базы института

15 июня 1955 г. началось строительство здания вычислительного центра. Первая очередь здания была сдана только 7 июня 1957 г., но в январе 1957 г. в машинном зале уже стояла полностью смонтированная и частично отлаженная ЭВМ «Стрела». В. А. Дорофеев взял на себя смелость вести наладку своими силами, хотя все другие экземпляры монтировались и налаживались заводом-изготовителем.

Наладку «Стрелы» провели всего за 4 месяца, и уже 26 марта 1957 г. был подписан акт о сдаче ее в эксплуатацию. Монтаж и наладку «Стрелы» обеспечили В. И. Мальцев, Н. П. Емельянов, М. С. Старостин, Н. В. Заводов, Ю. И. Вантрусев, Н. Н. Баринев, Р. А. Пашкевич, В. Кострюков, В. Г. Белокрылов, М. Г. Баландин, А. Е. Галунчик, Е. В. Алексеев. «Стрела» с быстродействием всего 2000 операций в секунду занимала без энергооборудования зал площадью 430 м<sup>2</sup>. Низкая надежность машины и нестабильность электропитания требовали в обязательном порядке присутствия за пультом управления специалистов по устройствам, начальника смены и математика. За время эксплуатации «Стрелы» с 1957 по 1963 г. полезное машинное время увеличилось с 10 до 19 ч/сутки (беспрецедентно для машины этого типа), быстродействие возросло в 1,5 раза. Эксплуатация машины в последние годы проводилась силами всего трех техников. С этого времени все поступающие в сектор ЭВМ налаживались собственными силами без привлечения организации-разработчика, а постоянное совершенствование ЭВМ стало традицией сектора.

В ноябре 1957 г. начался монтаж и наладка машины М-20 (И. Д. Алексеев, А. Е. Краснопольский, Л. М. Ленинник, А. Д. Шалфеев, С. Г. Карелин, Л. Я. Павликов). Уже в сентябре 1959 г. машина М-20 была сдана для решения первых производственных задач. Сорока четырем участникам монтажа и освоения машины была объявлена благодарность министра. Для

своего времени М-20 была одной из самых быстродействующих (20 тыс. оп/с) серийных машины в мире. При наладке второй М-20 наряду с опытными специалистами (А. А. Деситков, А. К. Золотилин, Ю. Н. Мазурин, В. А. Мишурицкий, М. П. Пахолкин, Н. Н. Онищук, Н. Н. Петрушко, А. П. Трофимова, А. Д. Шалфеев) получила «боевое крещение» молодежь: Б. Н. Аверин, А. Ф. Котов, И. В. Павлов, С. И. Булатов, Н. П. Кибардина, Г. Г. Русак. Машина была успешно отлажена и сдана в эксплуатацию 28 декабря 1961 г. В период 1961–1965 гг. М-20 стали основными машинами сектора. Их успешной работе во многом способствовало повышение надежности энергетического оборудования, эксплуатируемого в секторе. Активно велись работы, расширяющие возможности М-20. На М-20-1 в 1962 г. было сдано в эксплуатацию второе МОЗУ, а в конце 1963 г. – первый «большой барабан» с удвоенной плотностью записи (С. А. Козодой, Л. Я. Павликов, Ю. А. Петрушко и др.). В конце 1961 г. сдается в эксплуатацию первый, а через полгода второй автоматический построитель графиков (Л. Я. Павликов, Г. Н. Дергилев, Е. И. Дьяченко, Д. З. Мишурицкая, Е. Н. Рыбакова, Е. Н. Столярова).

4 ноября 1962 г. была обработана первая производственная деталь на станке с программным управлением (СПУ). Создатели электронных устройств – Л. В. Стрюч и Б. М. Песляк, программисты – З. В. Алексеева, Л. П. Строцева. С использованием СПУ деталь, для изготовления которой ранее требовалось два месяца, была изготовлена за один день.

Математический сектор набирает силу. Нарастает парк вычислительной техники, развиваются методы расчета, совершенствуются программы. Значительный вклад математических расчетов в создание ЯЗ был отмечен присуждением в составе авторского коллектива в 1963 г. звания лауреата Ленинской премии начальнику сектора А. А. Бунатяну.



Руководство сектора принимает решение о замене ламповых машин на полупроводниковые. В 1966 г. была введена в строй машина такого класса М-220 на полупроводниках. Для М-220 была разработана операционная система МОК, подключены магнитные диски, разработано устройство УАВО, обеспечившее подключение до 90 удаленных терминалов. Основные участники разработки: Б. Н. Аверин, В. М. Крюков, Ю. Н. Мазурин, Н. Я. Моисеев, Г. В. Орлов. В течение десятилетия М-220 успешно функционировала при решении задач автоматизированного управления предприятием.

Несколько сотрудников сектора подключаются к разработчикам Института точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) для участия в наладке головного образца БЭСМ-6 с целью приобретения первых же промышленных образцов новой машины. Для наладки БЭСМ-6 и подготовки схем по усовершенствованию машины был организован отдел 32 больших вычислительных машин во главе с А. Д. Шалфеевым. Специалисты сектора после практики при наладке головного образца сдали в 1967 г. свой экземпляр БЭСМ-6 первым в Союзе из малой серии в 4 машины.

БЭСМ-6 была первой советской ЭВМ, достигшей быстродействия в 1 миллион операций в секунду (показатель, превзойденный отечественными ЭВМ последующих выпусков только в начале 1980-х годов при значительно более низкой, чем у БЭСМ-6, надежности в эксплуатации). Ввод в эксплуатацию БЭСМ-6 открыл широкие возможности для создания более мощных программ, в том числе и двумерных, с использованием языков высокого уровня. Можно сказать, что с появлением БЭСМ-6 в институте впервые создались реальные возможности для оперативного применения двумерных газодинамических расчетов в исследованиях процессов, происходящих при работе изделий.

Технические условия для наладки и пуска БЭСМ-6 обеспечивал коллектив, руководимый

Л. Ф. Вороновым. Были смонтированы системы кондиционирования воздуха, установлена система вентиляции воздуха в столярной мастерской и у радиомонтажников, в помещениях механиков и на участке гальваники (Н. П. Емельянов, Л. Ф. Воронов, В. Р. Будалов, Э. П. Переломов, В. Л. Поруцкий и др.).

При подготовке к использованию БЭСМ-6 была установлена первая операционная система (ОС) Д-68 для БЭСМ-6, разработанная под руководством Л. Н. Королёва и А. Н. Томилина в ИТМиВТ. В. Ф. Тюрин в процессе эксплуатации Д-68 обнаружил и исправил много ошибок, провел такую модификацию ОС, что стало возможным полученную систему ДТ (диспетчер Тюрин) считать собственной разработкой. ДТ выгодно отличалась от Д-68 своей надежностью, именно поэтому поступила просьба установить ее в ИПМ. В 1967 г. по приглашению ИПМ В. Ф. Тюрин и Н. И. Шулепов приняли участие в разработке большой универсальной ОС для БЭСМ-6. Тогда же В. Ф. Тюрин предложил проект создания собственной операционной системы. Принятая в начале 1971 г. в опытную эксплуатацию ОС стала называться ДИСПАК (ДИСпетчер ПАКетной обработки задач), название также подчеркивало, что впервые в СССР в ОС была реализована работа с магнитными дисками. Первыми разработчиками системы ДИСПАК были В. Ф. Тюрин, Н. И. Шулепов, Ю. В. Озорнин, Л. В. Шинкарева, С. А. Зельдинова, И. Д. Бокова, В. И. Зуев.

Сила ДИСПАК состояла в весьма тщательном сбалансировании имевшихся в то время возможностей аппаратуры БЭСМ-6 с потребностями вычислительной практики сектора. Пропускная способность потока задач на ДИСПАК была в два раза выше, чем на Д-68. В ОС ДИСПАК впервые в стране было реализовано обслуживание МД, подключенных к БЭСМ-6 через коммутатор собственной разработки. Высокая надежность и стабильность в работе, простота в эксплуатации привели



к высокой популярности системы в нашей стране. Массовая установка системы во многих организациях страны завершилась осенью 1973 г. принятием ОС ДИСПАК заводом-изготовителем БЭСМ-6 в качестве основной серийной операционной системы вместе с Коммутатором магнитных дисков (КМД) для подключения МД к БЭСМ-6. Создание ДИСПАК – яркий пример плодотворного сотрудничества специалистов-электронщиков и системных программистов.

Пятилетка 1971–1975 гг. была периодом бурного развития производственных мощностей сектора и его научного потенциала. В 1970, 1972 и 1975 г. были сданы в эксплуатацию, соответственно, вторая, третья и четвертая машины БЭСМ-6. Работы вели сотрудники отделов 32, 30, 38 и 34 под общим руководством А. Д. Шалфеева.

В 1971 г. был сдан в эксплуатацию сумматор перфокарт собственной разработки (Г. А. Колесникова). Завершены исследования по удвоению емкости магнитных барабанов. Участники разработки С. А. Козодой, А. Ф. Котов, С. П. Иванов, Г. И. Барулин получили авторское свидетельство на изобретение. Основой этой работы послужила новая технология проточки и покрытия МБ (Ж. В. Торопова, В. М. Стародумов). В дальнейшем все поступающие БЭСМ-6 переоснащались барабанами новой конструкции. Для подключения к БЭСМ-6 магнитных дисков было разработано устройство управления магнитными дисками (УУМД). Разработка была передана на Московский завод САМ, и в дальнейшем все вновь выпускаемые машины БЭСМ-6 комплектовались этим устройством. С увеличением числа БЭСМ-6, для более эффективного использования ЭВМ и самих дисков потребовалось создание общей дисковой памяти. Для этого был разработан коммутатор внешней памяти и вычислительных машин – КВПиВМ (Ю. Н. Мазурия, А. Д. Шалфеев, А. К. Золотилин, Ю. А. Петрушко, Г. П. Охрименко, М. А. Папков).

Работами технических отделов была заложена основа для использования терминалов и создана возможность работы математиков в режиме диалога. 20 августа 1974 г. были сданы в эксплуатацию аппаратура сопряжения с терминалами (АС) и первые 7 терминалов «Видеотон-340», подключенные через АС к БЭСМ-6. Устройство АС было внедрено во многих вычислительных центрах страны (В. П. Лузганов, В. А. Туманов, Г. Г. Русак, Н. П. Кибардина и др.).

В 1976 г. была введена пятая БЭСМ-6, а в 1977 г. – шестая. Следует особо отметить, что шестая БЭСМ-6, используя КВПиВМ, была подключена к общей внешней памяти на базе магнитных дисков, работала с терминалами, с магнитными барабанами с удвоенной плотностью записи и с переоснащенными накопителями на магнитной ленте.

В 1978 г. была завершена разработка и сдача в эксплуатацию принципиально нового графопостроителя РПГ-3, не уступающего по характеристикам зарубежным, и создан графопостроительный комплекс БЭСМ-6. Работу выполнили В. С. Пакин, Г. В. Узенцова, Г. А. Колесникова, Н. С. Симонова под руководством Л. Я. Павликова.

В функции технических отделов входило также обеспечение работоспособности периферийных вычислительных комплексов сектора 1, КБ-1, КБ-2, сектора 5, завода 1, НИИК, МСО-15.

В 1980 г. к БЭСМ-6 было подключено 68 новых терминалов KDE-810. В секторе функционировал многомашинный комплекс с большой дисковой памятью, современной архитектурой, развитыми диалоговыми возможностями. Этот комплекс не был простой совокупностью ЭВМ. Он включал общий узел обработки, общую внешнюю память (дисковую и ленточную), общие устройства ввода-вывода, средства телеобработки с возможностью доступа любого абонента к любому из ресурсов комплекса. Помимо ЭВМ БЭСМ-6, комплекс содержал ряд мини-ЭВМ, выполняющих технологические связанные функции, и ЭВМ М-220, выполняющую функции



промежуточной обработки. Установкой, наладкой и обслуживанием мини-ЭВМ занимались Н. Н. Онищук, О. В. Попова, С. А. Пичугин, Н. А. Головинов, Т. А. Бурлакова. Программное сопровождение обеспечивали Г. П. Охрименко, С. А. Петунин, А. С. Самойлов, Т. А. Калякина. На многомашинном комплексе БЭСМ-6 установлена новая операционная система ДИАПАК (ДиАлого-ПАКетной обработки), созданная коллективом системных программистов под руководством Н. И. Шулепова, разработана и внедрена система управления данными УПД ДИАПАК (совместная разработка В. И. Зуева и В. М. Крюкова). Высокая эффективность работы вычислительной техники сектора, позволяющая вести огромный объем расчетов изделий института, была заслуженно оценена: в 1981 г. М. С. Старостин за создание новой спецтехники был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР.

Отдел, возглавляемый Л. Я. Павликовым, занимался эксплуатацией внешних устройств, их доводкой и модернизацией, а также созданием новых устройств, которые не выпускались нашей промышленностью. Ядро отдела составляли опытные и высококвалифицированные работники: В. Г. Белокрылов, В. Н. Карпов, М. Г. Баландин, С. К. Таскин, Н. П. Люшин, В. В. Надточий, В. А. Вашурин. По сравнению с 1970 г. значительно выросло количество устройств, находящихся в эксплуатации, и в 1980 г. составило 440 единиц оборудования 50 типов.

С 1980 г. в сектор стала поступать вычислительная техника линии ЕС ЭВМ. Первая ЭВМ ЕС-1035 была успешно сдана в эксплуатацию в 1980 г. (Г. Н. Шутов, В. Ф. Долгов, С. В. Гамоля, Е. В. Гладиллин, Е. В. Невраева). В 1981 г. приступили к наладке ЕС-1060. По традиции все работы по монтажу и наладке машин ЕС-1060 велись силами сотрудников сектора под руководством А. Ф. Котова. С энтузиазмом работали такие опытные специалисты, как С. И. Булатов, В. А. Вашурин, В. И. Миронов, В. П. Лебедев, Г. Г. Лебе-

дева, И. В. Павлов, В. С. Пакин, Э. А. Плакунов, А. В. Францев, С. Р. Чаплыгин, А. Н. Шахов. Хорошо показала себя в наладке и молодежи: С. В. Ггарин, Е. В. Гладиллин, О. В. Зубов, Ю. И. Конотоп, Ф. Н. Нигматуллин, В. М. Сиушкин, А. Л. Смолок, С. И. Шадских, В. А. Яскевич, системщики С. В. Загребельный и В. П. Ушakov. Во время наладки машины оперативно помогали монтажники (руководитель Е. В. Алексеев) и электрики (бригадир И. Г. Худяков). К 1 июня первая машина ЕС-1060 была сдана в эксплуатацию, а через месяц и вторая. Эти машины были объединены в комплекс, имеющий общую внешнюю память на дисках и лентах и хорошую оснащенность оперативной памятью (по 4 мегабайта на каждой ЭВМ) и внешней памятью (24 накопителя на магнитных дисках по 100 мегабайт каждый).

Основные вычислительные мощности института были сосредоточены в секторе 3. Этим определялась его ведущая роль в проведении численных экспериментов и компьютеризации. В 1986 г. математический сектор приказом по институту был преобразован в научно-исследовательское отделение НИО-3.

В 1986 г. была завершена наладка первой машины ЕС-1066, несмотря на большое число неисправных элементов, неполную документацию и недоработанные средства микродиагностики, что сильно осложняло работу коллектива наладчиков, возглавляемого А. Ф. Котовым. Хорошую школу при наладке машины прошли специалисты отделов 33, 30 и лаборатории 341. Наладка всех последующих машин ЕС-1066 проводилась в сжатые сроки, хотя и совмещалась с эксплуатацией уже работающих машин.

В 1986–1991 гг. были введены в эксплуатацию два спецпроцессора СВС, «Эльбрус-1-К2», а также новые высокопроизводительные машины: четыре ЭВМ ЕС-1066 и новый 10-процессорный комплекс «Эльбрус-2» (Э-2). Эти новые ЭВМ в десятки раз (по числу операций в секунду) увеличили вычислительные ресурсы НИО-3.



Особенно большой скачок вычислительных мощностей произошел с вводом МК Э-2. Его производительность составляла 125 млн оп/с. Это был первый в стране многопроцессорный комплекс с общей памятью. Хранение и доступ к данным в неоднородном вычислительном комплексе с общей внешней памятью обеспечивались системой управления данными СУД ЦВК, разработанной В. М. Крюковым, В. В. Фёдоровым, Л. Н. Шабановой.

В отечественной практике комплекс с указанными возможностями был создан впервые. Л. Ф. Воронов, Ю. Н. Мазурин, Ю. В. Озорнин, Л. Я. Павликов и Н. И. Шулёпов за создание высокопроизводительных вычислительных комплексов были удостоены звания лауреатов Государственной премии СССР 1986 г.

С большой нагрузкой работали сотрудники машинных отделов и системные программисты, в сложных условиях добиваясь качественного и своевременного выполнения работ по освоению машин, созданию средств комплексирования и развитию многомашинных комплексов.

Коллектив лаборатории 302, возглавляемый Ю. Н. Мазуриным, уже во время наладки новых машин выполнял подготовительные работы по включению этих машин в состав ЦВК (М. А. Папков). В 1988–1990 гг. было реализовано включение машин СВС и Э-2 в состав ЦВК и разработана система передачи данных.

В отделе 33 была введена в промышленную эксплуатацию модификация устройства сопряжения с терминалами (Е. В. Гладилец, С. В. Гамоля, Ю. И. Конотоп, Г. М. Борисова). В условиях действующих ЭВМ проводились работы по обеспечению надежности и эффективности их функционирования. Все эти работы позволили объединить различные типы ЭВМ (БЭСМ-6, СВС, ЕС, Э-2) в локальную сеть с общей информационной базой для хранения результатов счета, передачей данных между ЭВМ и общими пунктами ввода-вывода типа IBM PC и их программного обеспечения.

1991–1995 годы характеризуются развитием и освоением двух ветвей вычислительной техники: Э-2 и персональных компьютеров (PC). С Э-2 были связаны большие надежды на резкое увеличение вычислительных мощностей отделения. В Э-2 казались привлекательными декларируемая память, многопроцессорность и высокая по тем временам тактовая частота. К сожалению, Э-2 не оправдывал ожиданий. Высокая сбойность процессоров Э-2 затрудняла производственный счет и внедрение новых программ. Кроме того, Э-2 был плохо оснащен современными трансляторами. Несмотря на это, переход на Э-2 дал по сравнению с БЭСМ-6 новые возможности по быстрдействию и ресурсам для моделирования двумерных течений.

С 1986 г. в отделении шло освоение персональных ЭВМ. Линия PC внедрялась медленно в первую очередь из-за финансовых проблем. Инфляция и финансовые трудности значительно тормозили оснащение рабочих мест отделения персональными компьютерами. Руководство отделения использовало все пути для обеспечения математиков персональными компьютерами. Была введена в действие первая компьютерная сеть – зародыш современных вычислительных сетей зданий 125. К ЦВК были подключены периферийные вычислительные комплексы и отдельные абоненты подразделений (пользователи НИПА, КБ-2, завод № 1 и др.)

С 1988 г. начались работы по освоению новой суперЭВМ – матрично-конвейерного процессора (МКП). К 1993 г. оборудование в основном было поставлено. Началась наладка на автономных тестах, но в связи с создававшимися в стране трудными экономическими условиями освоение МКП к 1995 г. было прекращено.

29 февраля 1996 г. математическое отделение было реорганизовано. Основная часть сотрудников математических отделов была переведена в отделение теоретической физики и прикладной математики. Задачами НИО-3 оставалось развитие вычислительной базы



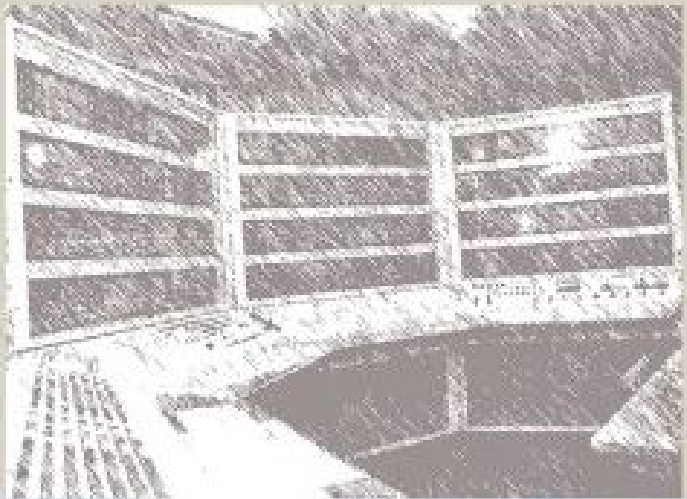


Н. Н. Янко



А. А. Бунатян

М. С. Старостин, В. А. Дорофеев, А. А. Бунатян





В. Н. Огибин



В. Ф. Куропатенко

В. М. Криков представляет разработанный во ВНИИТФ суперкомпьютер «Зубр»





РФЯЦ – ВНИИТФ, разработка и внедрение современного системного и сервисного программного обеспечения для разрабатываемых в институте приборов, проведение серийных расчетов.

Вычислительный центр продолжал оснащаться высокопроизводительными многопроцессорными вычислительными системами, архитектура которых разрабатывалась электронщиками и программистами. Внедрялись технологии параллельного программирования, обеспечивающие эффективное использование вычислительных ресурсов, существенное перевооружение произошло и в инженерной инфраструктуре, системах энергообеспечения, кондиционирования и др.

В 2004 г. В. М. Крюков и Ю. Н. Мазурин были удостоены звания лауреатов премии Правительства РФ за создание высокопроизводительных вычислительных систем. Многие сотрудники были награждены орденами и медалями.

Подводя итог деятельности математического отделения в области освоения и модификации вычислительной техники, следует отметить, что в основном значительное увеличение вычислительной мощности было связано с вводом в эксплуатацию новых отечественных ЭВМ. Институт не только получал вычислительную технику, но и внёс свой вклад в ее разработку и освоение.

Начало последнего десятилетия XX века характеризовалось застоем в электронной промышленности в стране, и институту пришлось ориентироваться на использование импортных средств вычислительной техники. Этот выбор был вынужденным и обеспечивал необходимый уровень вычислительной мощности для проводимых в институте исследований и разработок.

В условиях запрещения ядерных испытаний возрастает необходимость значительно увеличить вычислительные ресурсы РФЯЦ – ВНИИТФ. Сегодня эта задача успешно решается коллективом НИО-3. Вместе с тем, совместно с другими институтами изыскивается возможность

создания супервычислителя, обеспечивающего эффективное решение специфических задач ЯОК на ближайшую и далекую перспективу.

#### Физические и математические модели.

##### Прикладные программы

В работах НТО-2 и НИО-3 используются следующие группы моделей и соответствующие им комплексы прикладных программ:

- < адиабатическая механика сплошных сред;
- < механика сплошных сред с большими тепловыми потоками;
- < взаимодействие излучений с веществом, энерговыделение.

Отдельное место занимают модели описания термодинамических свойств веществ (уравнения состояния) и параметры взаимодействия излучений с веществом. При разработке новых ЯЗ происходило совершенствование физических моделей, обогащение их новыми физическими процессами, повышение точности описания этих процессов. Шел переход от одномерных моделей к двумерным и трехмерным. Одновременно совершенствовались модели, описывающие свойства веществ. По мере развития вычислительной техники все модели реализовывались в новых программах с более широкими возможностями.

Технология расчетов, основанная на фрагментации конструкции по узлам и физическим процессам и на обеспечении каждого типа задач отдельными моделями и программами, сложилась исторически еще в Отделении прикладной математики Математического института им. В. А. Стеклова АН СССР, ныне Институт прикладной математики Математического института (ИПМ МИ РАН). Первые расчеты задач на ЭВМ СТРЕЛА (в основном одномерных) проводились в институте по программам, созданным в ОПМ (под руководством К. А. Семендяева, И. М. Гельфанда, А. Н. Тихонова, А. А. Самарского) или во ВНИИЭФ.

Освоение привезенных программ выявило ряд недостатков в методиках, поэтому под ру-



ководством Н. Н. Яненко по ряду направлений началось усовершенствование старых и разработка новых методик и создание собственных программ.

*Развитие методик и программ расчета газодинамических задач в одномерной постановке*

Комплекс ВОЛНА

Расчеты кумуляции энергии в слоистых системах по программам, использующим метод Годунова, показали, что методика имеет ряд недостатков. В. Ф. Куропатенко под руководством Н. Н. Яненко разработал метод расчета ударных волн (1962 г.) и неоднородный разностный метод расчета ударных и детонационных волн и волн разрежения (1963 г.). Последний до настоящего времени не имеет аналогов за рубежом. Созданные методы были реализованы в серии программ (В. Ф. Куропатенко, Б. К. Потапкин, В. И. Кузнецова, М. О. Бурдейная, Г. И. Михайлова, Г. М. Молодцова, Т. Е. Еськова, Г. Н. Сапожникова).

После запрещения в 1964 г. воздушных, наземных и подводных испытаний ядерного оружия появилась необходимость в разработке методов определения мощности подземного ядерного взрыва. Расчеты по программе 3-СО (сжатие одномерное, версия 3) были положены в основу «метода грунтового шара» (МГШ), с помощью которого определялась мощность ядерного заряда при подземном испытании. В. Ф. Куропатенко в составе авторского коллектива за создание этого метода был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР (1968 г.). Позднее был создан атлас МГШ, использующий результаты расчетов по программе 3-СО практически для всех горных пород, в которых проводились подземные испытания ЯЗ.

В рамках межведомственной темы «Персей» был создан комплекс ПРИЗ-К, включающий программу 3-СО и программу расчета переноса фотонов методом МК. Комплекс

ПРИЗ-К использовался при подготовке ФО-4, ФО-12, ФО-28 и других и был утвержден в качестве руководящих технических материалов, обязательных к исполнению на предприятиях МСМ, МОМ и АН СССР при проведении расчетов воздействия излучения на различные объекты. Комплекс создавали В. Ф. Куропатенко, А. Т. Сапожников, Г. В. Коваленко, Э. С. Куропатенко, Н. А. Павлова и др. Методика и комплекс ПРИЗ-К были переданы в две организации МОМ.

В результате развития программы 3-СО, обогащения ее новыми физическими процессами и повышения точности разностного метода под руководством В. Ф. Куропатенко был создан комплекс программ ВОЛНА (Б. К. Потапкин, В. И. Кузнецова, Г. Н. Сапожникова, Г. И. Михайлова, М. О. Бурдейная, Г. М. Молодцова, Т. Е. Еськова, Г. В. Коваленко). Разработка уравнений состояния вещества, начатая еще в 1964 г., привела к созданию таких уравнений состояния, которые с хорошей точностью описывали экспериментальные и теоретические данные о поведении веществ в максимально широком диапазоне изменения аргументов, были экономичны и надежны в эксплуатации и описывали равновесные фазовые переходы. Работой по уравнениям состояния под руководством В. Ф. Куропатенко занимались А. Т. Сапожников, И. С. Минаева, Г. В. Коваленко, Л. Н. Болотова, Н. К. Голубева, А. В. Першина, Е. Е. Миронова.

При переводе в 1990 г. комплекса ВОЛНА на персональные ЭВМ были сохранены основные модели старого комплекса и разработан новый сервис с широкими возможностями по обработке результатов численного моделирования. К концу 1991 г. под руководством Г. В. Коваленко начались расчеты задач на персональных ЭВМ. В 1999 г. Г. В. Коваленко был удостоен звания лауреата премии Правительства РФ.

В середине 1990-х годов возросшая производительность ЭВМ сделала возможным усовершенствование существующих в программе



ВОЛНА моделей. Для обеспечения в условиях действия ДВЗЯИ повышенных требований к точности и предсказательности численного моделирования необходим был более детальный учет особенностей поведения и свойств конструкционных материалов при взрывном нагружении. В комплекс ВОЛНА были внедрены новые модели: кинетики детонации (Г. Н. Рыкованов, Ю. А. Аминюв, Ю. Р. Никитенко, К. Ф. Гребенкин, А. Л. Жеребиов, М. В. Тараник), высокоскоростной упруговязкопластической деформации, неравновесных фазовых превращений, роста микрповреждений и разрушения (А. В. Петровцев, В. Н. Ногин). Реализацией моделей и разработкой необходимых алгоритмов в последние десятилетия занимались Г. В. Коваленко, Д. Г. Модестов, Д. А. Барфоломеев, М. Н. Якимова.

*Развитие методик и программ расчета газодинамических задач в двумерной постановке*

В самом начале становления в институте математического моделирования, когда было еще очень много нерешенных проблем в одномерных расчетах, начальник отделения Н. Н. Яненко широким фронтом развернул работу по созданию методик для двумерных задач, привлекая к этому наиболее сильных математиков. В секторе 3 под руководством Н. Н. Яненко были получены многие важные автомоделные решения, которые затем были широко использованы для проверки и обоснования точности математических методов, реализованных в прикладных программах. Был опробован метод продольно-поперечной прогонки, явившейся трамплином к созданию метода расщепления, позволяющего сводить решение двумерной задачи к последовательному решению ряда одномерных задач.

Некоторые двумерные программы были взяты в других организациях, освоены и модернизированы. Далее в таблице отражены характеристики привезенных двумерных программ и модификация их сотрудниками отделения.

**Программа «ВУЛКАН»**

В 1963 г. В. Н. Огибина и Г. Н. Мустафина под руководством А. И. Жукова начали работу по созданию методики и программы для расчета одномерных и двумерных течений сплошных сред с учетом упругопластических свойств. Позднее эту работу по созданию программы ВУЛКАН до своего отъезда в Новосибирск в 1967 г. возглавлял А. Н. Коновалов. С 1970 г. работами по теме ВУЛКАН занимался В. В. Башуров. ВУЛКАН использовался по теме «Захоронение».

**Комплекс МЕЧ**

В 1965 г. Н. Н. Анучина по предложению А. А. Бунатяна и А. И. Жукова начала анализ метода частиц в ячейке Ф. Харлоу и разработку алгоритмов расчета смеси веществ этим методом для его реализации на ЭВМ М-20 в виде программы расчета двумерных газодинамических течений. Были проведены оценки точности метода на модельных задачах. В апреле 1970 г. комплекс, получивший название МЕЧ, был сдан в промышленную эксплуатацию. Создатели первого комплекса МЕЧ: Н. Н. Анучина (руководитель и непосредственный участник работ), З. В. Лузанова, В. Н. Огибина, Г. Н. Мустафина, З. С. Карпечина, Е. И. Куриаева. Версий комплекса было 8 только на БЭСМ-6. К созданию более поздних версий и проведению расчетов подключались Н. С. Еськов, В. П. Елсуков, Р. С. Дудник, Н. В. Кулябина, Л. Н. Марфенкова, А. Е. Гусева, В. И. Куренбина, В. Ф. Золотова, В. И. Волков. В 1973 г. Н. Н. Анучиной и Н. С. Еськовым в программу был введен учет физической вязкости.

В 1975 году по комплексу МЕЧ впервые было проведено прямое численное моделирование гравитационного турбулентного перемешивания. В последующие годы исследовались влияющие кривизны возмущенной контактной поверхности, интенсивности ударной волны на развитие неустойчивости Рихтмайера–Мешкова,



изучался процесс сепарации, развития перемещения веществ в системах с тонкими слоями (Н. Н. Анучина, В. Н. Огибина, В. И. Волков и др.). Оснащение комплекса пакетом программ УКС (выбрасывание областей с постановкой граничных условий, перестройка сетки, изменение числа частиц, добавление любого куска области интегрирования) позволило эффективно и с достаточной точностью решить ряд уникальных задач с большими деформациями слоев.

В 1975 году по инициативе Л. П. Феоктистова была начата отработка задач на соударение. Одной из успешно завершённых работ по этому направлению было расчетно-теоретическое обоснование по МЕЧ защиты космических аппаратов в проекте ВЕГА (Н. Н. Анучина, В. В. Гаджиева, В. П. Елсуков и др.).

Со временем обновился состав сотрудников, работающих с комплексом МЕЧ. Выросли до ведущих специалистов Е. Н. Котлованова,

Комплексы, программы (периоды активного применения)	Назначение, методика	Ведущие разработчики	Примечания
Двумерный вариант программы Д-0 (1957–1960 гг.)	Двумерные расчеты адиабатического сжатия ядерного заряда на ЭВМ «Стрела»	Н. А. Дмитриев, И. Д. Софронев (ВНИИЭФ) Л. В. Дмитриева (основные)	Разработка ВНИИЭФ
Программа Д-1 для ЭВМ «Стрела» (1959–1963 гг.)	Двумерные расчеты сжатия ЯЗ с улучшенным учетом контактных границ (предложение Н. Н. Яненка)	Л. В. Дмитриева, В. Ф. Куропатенко, З. В. Луговая, Г. Н. Мустафина	Модернизация проведена на основе Д-0
Программа Б-12 (1963–1965 гг.)	Разработка ОПМ для М-20. Расчеты движения вещества в двумерной постановке. Были значительные ограничения по геометрии	Освоение под руководством А. И. Жукова (А. С. Жариков, Т. М. Козодой)	Были сняты ограничения по геометрии
Б-36 (1965–1967 гг.)	Модификация Б-12 для М-20 с улучшением методики	Н. Н. Анучина, А. С. Жариков, Л. Ф. Жарикова, Т. М. Козодой, А. Ф. Никулина, К. Ш. Токарева, О. М. Козырев и др.	За 1965–1967 гг. проведено 60 двумерных расчетов на М-20. В это время каждый такой расчет был событием.
Б-31 (1967–1975 гг.)	Версия Б-36 для БЭСМ-6. Это была первая производственная программа для расчета двумерных адиабатических течений с различными граничными условиями.	Перечисленные выше и Л. В. Елизарьева, Ф. С. Гарипов, Л. А. Новикова, Л. С. Ярлыкова	За 1971–1975 гг. сочтано около 250 двумерных задач. Проведена оценка ЯВБ нескольких конструкций
Комплекс FAN (с 1975 г. по наст. время)	Отработка методики и внедрение проводилось совместно с ИПМ и ВНИИЭФ (программа В-71). Разработка ИПМ АН СССР.	А. В. Забродин и др.; отработка методики: Н. Н. Анучина, А. С. Жариков, Т. М. Козодой, К. Ш. Токарева, Ф. С. Гарипов, Л. А. Новикова, Л. В. Елизарьева, Н. Я. Моисеев, А. И. Граных, А. С. Углов	Повышена точность расчетов; внедрена модель кинетики горения ВВ; создана диалоговая система «Мастер» для оперативного управления счетом



Е. А. Могиленских, Т. А. Мухамадиева. С появлением РС, а затем и более мощных вычислительных станций увеличился поток производственных расчетов, возросли и требования к точности расчетов. Пришло молодое поколение – Д. А. Краснослабодцев, И. А. Вазиева, А. Е. Николаева, Е. А. Шестаков. Новым составом были проведены работы по введению в метод учета дополнительных физпроцессов, повышена точность разностной схемы метода, отработан более эффективный клеточный способ распараллеливания счета задач и улучшены сервисные возможности комплекса.

Всё это позволило расширить класс решаемых задач и получать результаты с приемлемой точностью. Комплекс МЕЧ в вычислительном центре института остается востребованным и достаточно надежным инструментом для решения разнообразных задач.

#### Комплекс ГРАД

В 1971–1975 гг. группа во главе с В. А. Сучковым разрабатывала модели двумерной детонации, алгоритмы и структуру программных модулей расчета взаимодействия границ в системах со сложной геометрией, расчета скольжения границ и закрытия вакуумных зазоров. Над программой работали В. А. Сучков, А. С. Шнитко, Г. Ф. Савельева, В. Н. Уваров, А. В. Вронский, Г. А. Лилниенко, Г. А. Шишкина. В итоге этой работы в 1975 г. был создан двумерный комплекс ГРАД для производственных расчетов. Без преувеличения можно сказать, что комплекс ГРАД обладал наилучшими эксплуатационными характеристиками среди двумерных газодинамических комплексов того времени. В версии комплекса ГРАД-85 был реализован расчет упругопластических течений с образованием трещин и разрушением среды (В. А. Сучков, А. С. Шнитко, А. О. Игнатьев) и контроль распространения нормальной детонационной волны в невыпуклых областях (А. В. Вронский).

В 1984 г. за работы по численной отработке газодинамики малогабаритных изделий начальник лаборатории В. А. Сучков был удостоен Ленинской премии.

На МВК «Эльбрус-2» комплекс ГРАД-86 около 10 лет успешно эксплуатировался в режиме параллельного счета. Астрономическое время счета задач основного цикла сократилось в среднем в 30 раз.

С вводом персональных компьютеров был разработан и введен в эксплуатацию мобильный двумерный комплекс ГРАД-96, предназначенный для расчета систем со сложной геометрией. С внедрением новой технологии существенно сократилось календарное время численной отработки новых изделий. В создании этой версии комплекса ГРАД принимали участие А. С. Шнитко, С. К. Царенкова, Т. Б. Тимофеева, Е. В. Зуев, Л. Р. Исламова и др.

#### Комплекс СПРУТ-Д

В связи с запрещением в 1964 г. воздушных, наземных и подводных испытаний ядерного оружия возникла необходимость в разработке программ, включающих учет упругопластических свойств материалов и разрушения.

В. Ф. Куропатенко и В. В. Гаджиева с участием В. А. Симоненко опробовали в отделе 36 модель разрушаемой среды на базе программы 3-СО, родственную опубликованной Майнченном и Саком. Были разработаны новые принципы организации библиотеки УРС и формул (позднее получившей название библиотеки СПРУТ). В 1973–1974 гг. группа В. В. Гаджиевой в отделе В. Ф. Куропатенко начинает разработку двумерного комплекса программ СПРУТ-Д. Решено было создавать его сразу универсальным, ориентированным на произвольные геометрии и различные классы задач. Новый двумерный комплекс создавался в отделе одномерных задач, так что начальнику отдела и разработчикам пришлось отстаивать право на эту разработку. Над программами РНД, об-



работок, создания библиотек УРС, формул граничных условий, бесформатного ввода данных работали В. В. Гаджиева, Т. Н. Алексеева, О. В. Буряков, В. Н. Орлова, С. А. Санникова. В комплексе были реализованы методика и программа расчета инерциального разлета грунта (В. Ф. Куропатенко, Т. Н. Алексеева), расчет детонации (В. А. Быченков). Ориентация на произвольные геометрии позволила весьма быстро превратить комплекс в производственный. СПРУТ-Д явился первой в РФЯЦ – ВНИИТФ методикой, позволившей осуществлять расчеты широкого класса задач механики сплошной среды с учетом упругопластических свойств материалов.

По предложению А. Д. Гаджиева была начата стыковка СПРУТ-Д с комплексом  $\Omega$ -3 для получения методики расчета газодинамики с теплопроводностью и КПД на произвольных сетках из четырехугольников, что было актуально. Новый комплекс получил условное наименование СД-ОМЕГА. Поскольку первый этап предполагал стыковку СПРУТ-Д с теплопроводностью ТОМ, то в последующем разработка стала именоваться СД-ТОМ (до подключения кинетических процессов дело не дошло).

Работы по СД-ТОМ (В. В. Гаджиева, В. Н. Писарев) были начаты в 1979 г. В 1983 г. в комплексе СД-ТОМ были реализованы метод концентраций и перестройка сеток. Это заметно расширило возможности комплекса по моделированию течений с большими деформациями. В частности, с учетом упругопластики были рассчитаны задачи по проекту «Вега». По существу, в 1985 г. комплекс СД-ТОМ представлял собой двумерную многоблочную методику для математического моделирования газодинамики с упругопластикой и теплопроводностью на сетках из произвольных четырехугольников. В методике был реализован метод концентраций и эффективный алгоритм перестройки сеток на основе метода дробного проектирования (В. В. Гаджиева). Значительная часть этих достижений за-

тем вошла в новый комплекс ФЕНИКС, который с уходом В. В. Гаджиевой из отдела 36 стал развиваться в другом отделе.

Комплекс СПРУТ-Д развивался в последние десятилетия в отделе, руководимом В. А. Быченковым. Значительный прогресс в развитии комплекса связан с возможностью учета новых физических процессов и с введением различных подходов к описанию течения. После 2000 г. по инициативе В. А. Быченкова были созданы программы расчета течений с большими сдвиговыми деформациями: программа расчета с использованием нерегулярных сеток в отдельных областях в лагранжевом счете (А. В. Сковпень) и программа расчета течений на неподвижных эйлеровых сетках (В. К. Мустафин и М. В. Доднова).

Класс решаемых задач расширился с реализацией методов расчета течений с учетом кинетики фазовых переходов, кинетики релаксации сдвиговых и растягивающих напряжений. Была реализована возможность расчета течения многокомпонентной среды с одной из двух моделей: термомеханического равновесия или равенства скоростей деформирования компонентов смеси. На базе численных экспериментов по программе СПРУТ было выполнено широкомасштабное исследование проблем ДВЗЯИ (договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний). Основной вклад в развитие методики и программы СПРУТ внесли В. А. Быченков, В. В. Гаджиева, Н. С. Жилева, Т. М. Козодой, И. И. Кузнецова, А. В. Сковпень, Н. Д. Соколова, Л. В. Хардина. Автор ряда сервисных процедур для комплекса СПРУТ – И. В. Селиванов.

За последнее десятилетие было выполнено значительное количество двумерных расчетов задач различного класса. В частности, это были задачи по проблеме ДВЗЯИ, задачи в рамках контрактов с американскими национальными лабораториями по изучению свойств материалов, созданию эффективной взрывной технологии разрезания толстостенных стальных





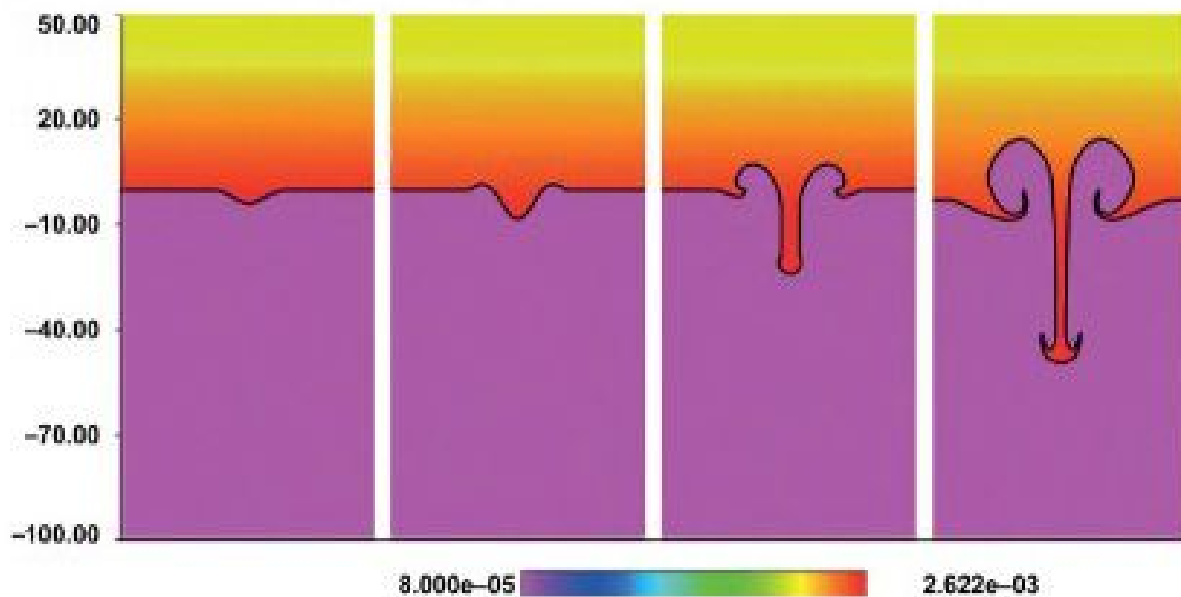
и железобетонных конструкций, разработке способа раскатки стальных дисков методом локального деформирования, задачи по основной тематике института.

#### Комплекс МАХ

В 1975 г. для обеспечения расчетами темы «Измерения», где значительно возросли требования к точности определения двумерных эффектов, была создана программа МАХ (Н. Н. Анучина, Н. С. Еськов). С 1976 г. начались расчеты по теме (Н. С. Еськов, Л. С. Ярлыкова, Н. Н. Кошкина, В. И. Волков, В. П. Воронина, О. Н. Петрова). В основу программы был положен переработанный метод Амслена-Херта, реализован расчет детонации, вихревых течений с сильными деформациями контактных границ. Была проведена такая модификация схемы, что можно сказать, была создана более точная, с новыми свойствами разностная схема. В 1983 г. вышла на производственный счет вторая версия комплекса МАХ, имеющая широкие возможности для расчета двумерной

газодинамики и детонации. В версии комплекса МАХ-87 была введена возможность расчета сильно деформируемых контактных границ с помощью частиц-маркеров, что дало новое качество и позволило проводить расчеты таких задач, которые не могли быть решены по другим комплексам или требовали много больших затрат времени. Вставлена и отработана на экспериментах модель кинетики горения ВВ. Проведены исследования новой полностью консервативной разностной схемы уравнений газовой динамики для лагранжева этапа метода; в новую схему введена физическая вязкость. В 2002 г. создана параллельная версия программного комплекса МАХ, в которой реализован крупноблочный метод распараллеливания на многопроцессорной вычислительной системе с распределенной памятью.

Возможности численных методов комплекса МАХ широко используются для расчета наиболее сложных задач, решение которых стало возможным лишь с появлением комплекса на новой вычислительной базе, позволившего су-



Локальное возмущение. Поле плотности и форма контактной границы в моменты времени  $t = 0, 400, 800, 1200$  мкс



ществено повысить точность математического моделирования:

- < численное исследование гидродинамической неустойчивости и турбулентного перемешивания (см. рисунок);
- < моделирование работы промышленных кумулятивных зарядов;
- < трехмерные расчеты давлений и импульсов от аварийных взрывов в разных местах хранилища. Результаты расчетов используются при оценке устойчивости хранилищ по отношению к внутренним аварийным взрывам.

При появлении сразу нескольких программных комплексов с широкими возможностями для моделирования двумерных течений сплошных сред стало возможным для различных разработок института использовать МЕЧ, FAN, MAX, СПРУТ-Д, ГРАД. Кроме того, впервые появилась очень важная и для заказчиков, и для математиков возможность сравнения результатов расчетов, полученных по разным методикам. Это способствовало развитию и совершенствованию методик.

*Развитие методик и программ расчета газодинамических задач в трехмерной постановке*

В 1990 г. СССР в одностороннем порядке объявил о прекращении ядерных испытаний. Это изменило требования к программам и качеству проводимых расчетов. На новый уровень вышли работы по уточнению методик расчета и параметров взаимодействия излучения с веществом, совершенствованию уравнений состояния продуктов взрыва, конструкционных и делящихся материалов. Некоторые задачи потребовали изменения технологии расчетов, расширения методических возможностей комплексов, разработки и реализации более совершенных физико-математических моделей.

Когда в математическом отделении был введен в действие «Эльбрус-2», который по сравне-

нию с БЭСМ-6 имел значительно большую оперативную память и высокое быстродействие, появилась реальная возможность численного моделирования трехмерных газодинамических течений.

*Комплекс ГРАД-3*

В 1988 г. В. А. Сучковым и А. А. Брагиним была разработана разностная схема, положившая начало созданию трехмерного комплекса программ ГРАД-3. Первые трехмерные расчеты по новому комплексу были проведены уже в 1991 г. на МВК «Эльбрус-2» в параллельном режиме с высоким коэффициентом распараллеливания. ГРАД-3 была первой трехмерной программой в институте, по которой в 1992 г. начался производственный счет. Дальнейшее развитие комплекса было направлено на совершенствование математических моделей, повышение безаварийности и создание программ визуализации результатов трехмерных расчетов. Основные разработчики ГРАД-3 А. Ю. Ададуров, А. А. Брагин, Е. В. Зуев стали в 1998 г. лауреатами премии им. А. А. Бунтяна для молодых ученых. В комплекс внедрялись новые модели детонации, поведения материалов при ударно-волновом нагружении, формирования отколов. Факультативно проводились работы по трехмерному моделированию взрывной резки железобетонных конструкций для работ с изделиями повышенной взрывоопасности, по исследованию развития неустойчивости Рихтмайера–Мешкова. В 2000–2013 гг. Н. В. Вахитов, Л. И. Тараник, Н. А. Андреева, Е. Б. Грачева, Н. Л. Губина и др. вели напряженный производственный счет. Работа коллектива получила высокую оценку: были награждены орденом Почета начальник отдела А. С. Шнитко (2009) и Л. И. Тараник (2012), С. К. Царенкова, Е. В. Зуев и А. Ю. Ададуров медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» (2012). А. А. Брагин стал лауреатом премии Правительства РФ (2012).



### Комплекс МАХ-3

1995–1996 гг. – программная реализация комплекса МАХ-3 с возможностью расчета вихревых течений многокомпонентной среды методом концентраций. Было обеспечено такое важное свойство вычислительного алгоритма, как сохранение всех видов симметрии при дивергентности разностных уравнений (О. М. Козырев, Н. С. Еськов). Выбранный по инициативе Н. Н. Анучиной адаптирующийся вычислительный алгоритм позволял моделировать детонацию и нестационарные трехмерные газодинамические течения, в том числе и вихревые с сильными деформациями контактных поверхностей и их разрушением. На основе априорной информации о задаче использовалось сочетание разных методов, входящих в алгоритмы, для получения оптимальным путем результатов с достаточной точностью (О. М. Козырев, Н. С. Еськов, В. И. Волков, В. А. Гордейчук, О. С. Илютина).

По комплексу МАХ-3 было проведено численное моделирование развития одномодовых и многомодовых возмущений границы раздела газов под действием гравитационного импульсного ускорения в случае двух и трех пространственных переменных. Результаты расчетов показали хорошее согласие с известными экспериментальными данными и результатами численных исследований по другим методам.

В 2006 г. Н. С. Еськов за создание программных комплексов был удостоен звания лауреата премии Правительства РФ.

Комплекс МАХ-3 был применен для моделирования физических процессов в трехмерной постановке в разнообразных задачах, связанных с проблемой разработки модели магистрального транспорта природного газа. Под руководством Мих. Г. Анучина в комплекс для турбулентной вязкости была введена модель Прандтля, которая используется сейчас и для других классов задач.

На рисунках показано развитие неустойчивости Рихтмайера–Мешкова. На первом из них для четырехмодового возмущения даны изоповерхности массовой концентрации ксенона для системы гелий–ксенон, а на втором – динамика развития возмущения контактной границы.

*Развитие методик и программы расчета задач газовой динамики с теплопроводностью в одномерной постановке*

### Комплекс INB

Первые расчеты задач газодинамики с теплопроводностью проводились на «Стреле» по программам, привезенным из ОПМ. В 1960 г. для М-20 была создана И-123 – первая программа, сделанная своими силами (В. А. Мурашкина, Т. В. Симонова, Н. А. Курцаев, Ю. Е. Бояринцев, Л. Х. Вазалов).

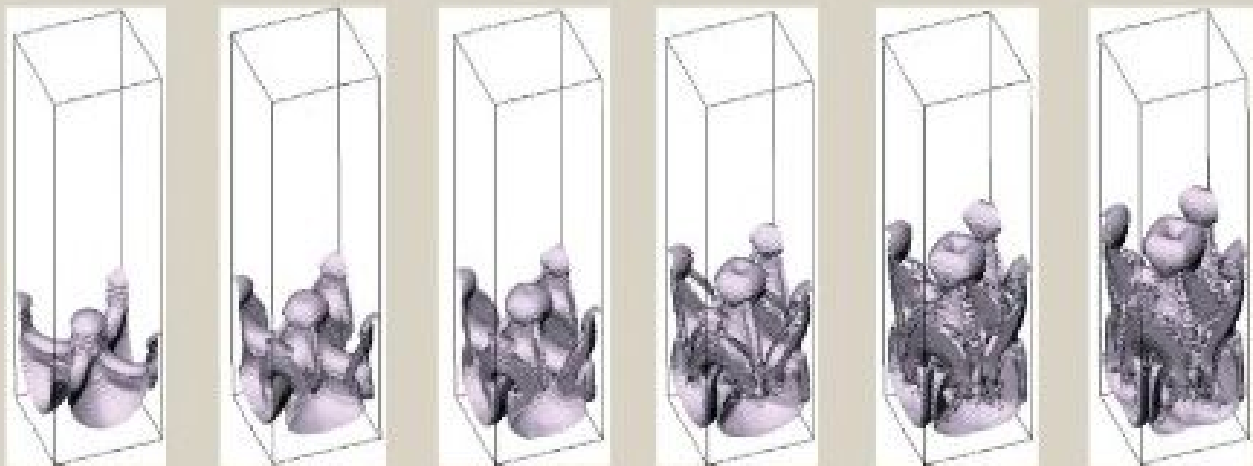
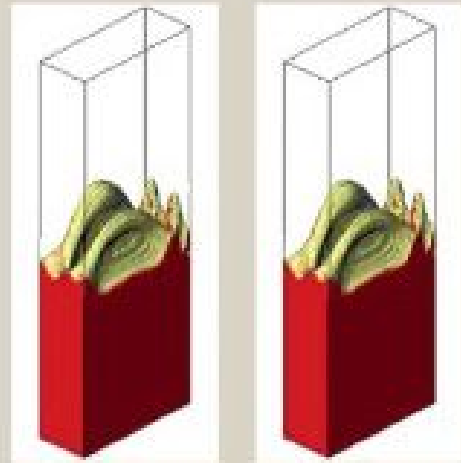
В 1961 г. в программе IN-3 реализована схема последовательных прогонок (авторы методики Н. Н. Яненко, В. Е. Неуважаев), что дало возможность увеличить число точек и областей, усложнить используемые уравнения состояния. К 1963 г. IN-3 стала одной из основных производственных программ сектора.

1967-й – год создания для БЭСМ-6 программы INB с широкими методическими возможностями при участии большого коллектива программистов под руководством В. И. Легонькова и В. А. Мурашкиной. Проводились массовые расчеты с итерацией результатов по программам И-0 и INB: сначала вручную, а затем через магнитную ленту (МЛ).

В 1971–1972 гг. В. Е. Неуважаевым и В. Г. Яковлевым был впервые введен в численный расчет учет турбулентного перемешивания. В 1972 г. были проведены первые расчеты задач по проблеме лазерного термоядерного синтеза (ЛТС) в двухтемпературном приближении.

Программа INB-73 явилась базовой для создания ее модификаций в дальнейшем на других

Четырехмодовая неустойчивость Рихтмайера–Мешкова



$t = 0,012 \text{ мс}$

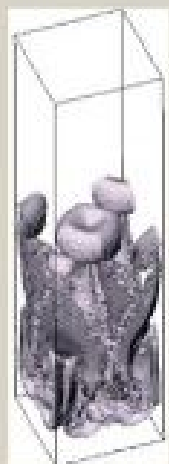
$t = 0,02 \text{ мс}$

$t = 0,024 \text{ мс}$

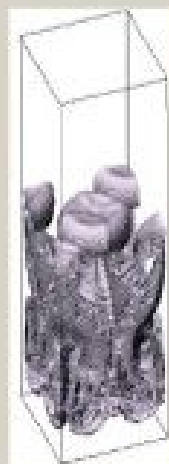
$t = 0,036 \text{ мс}$

$t = 0,048 \text{ мс}$

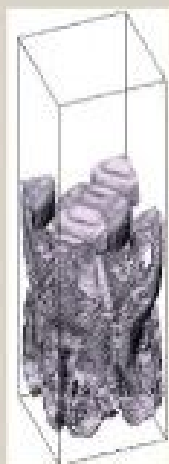
$t = 0,056 \text{ мс}$



$t = 0,064 \text{ мс}$



$t = 0,072 \text{ мс}$



$t = 0,080 \text{ мс}$



$t = 0,108 \text{ мс}$



$t = 0,140 \text{ мс}$

Развитие неустойчивости Рихтмайера–Мешкова для одной моды



ЭВМ (ЕС, «Эльбрус», РС) в качестве отдельного модуля для сложных комплексов.

Для турбулентного перемешивания была рассмотрена  $(k, \epsilon)$ -модель, по созданной версии TURINB проведены расчеты ряда натуральных опытов, а также опытов А. М. Василенко и Ю. А. Кучеренко.

1975 г. стал годом рождения двух комплексов с INB, которые обеспечили проведение наиболее массовых расчетов по основной тематике института: комплекс KINO (И-0–225 и INB) и комплекс KIT (INB и T-75). Эффективным было использование INB в качестве модуля также в комплексах ДУЭТ-81 (INB + Монте-Карло), ВИНТ (INB + ЗСО).

#### Программа ЭРА

В 1970 г. под руководством А. И. Зуева начались работы по созданию методики для расчета спектрального переноса излучения совместно с решением уравнений газовой динамики. Для расчетов на БЭСМ-6 была создана программа РАДУГА (А. И. Зуев, Н. П. Ситников, А. А. Чичулаев, В. Е. Черняков, Н. Н. Барышникова, Н. И. Сидманова, Н. М. Барышева, Л. В. Таскина). В 1973 г. в связи с проблемой ЛТС на основе программы РАДУГА по заданию В. А. Лыкова была разработана программа ЭРА, и в 1974 г. был выполнен первый расчет сжатия и горения термоядерной мишени. Позднее была отработана методика расчета изображений мишеней в рентгеновском спектре и в линиях, реализованы две  $(k, \epsilon)$ -модели турбулентного перемешивания: по заданиям В. Е. Неуважеева и М. И. Авраменко (Н. Г. Карлыханов, А. А. Софронов, Р. Н. Ахмадуллин) и разработаны эффективные методы решения уравнений переноса теплового излучения. В программу ЭРА были также включены одномерные уравнения магнитной радиационной газовой динамики (МРГД). Расчеты с учетом МРГД были использованы при проведении работ по проекту «СИНАРА».

#### *Развитие методик и программ расчета задач газовой динамики с теплопроводностью в двумерной постановке*

##### Комплекс ТИГР

На основе метода «полного расщепления» под руководством Н. Н. Яненко в 1959 г. В. Д. Фролов и А. И. Зуев начали разработку методики для расчета двумерных течений теплопроводного газа в слоистых системах. К работе по созданию программы для ЭВМ М-20 были подключены программисты В. М. Грибов, В. И. Легоньков, Л. И. Хохрякова. Первый производственный расчет по программе ТИГР (тепловые и газодинамические расчеты) был осуществлен в 1965 г. Даже при малой производительности ЭВМ М-20 появилась возможность в результате одномерных расчетов в секторном приближении внести рассчитанные по ТИГР поправки на двумерность.

Созданная в 1967 г. большим коллективом (Н. Н. Боков, В. М. Грибов, В. Е. Неуважеев, А. Ш. Нурбаков, Н. В. Первиненко, К. И. Смирнова, Л. П. Строцева, В. Д. Фролов, Л. И. Хохрякова, А. А. Шевченко) программа ТИГР-67 для БЭСМ-6 обладала высокой экономической эффективностью.

В 1975 г. по комплексу ТИГР были проведены расчеты сжатия микромишени для ЛТС с учетом двухтемпературности. В том же году по просьбе руководства математического отделения ВНИИЭФ комплекс программ ТИГР-67 был передан в этот институт, где в дальнейшем успешно эксплуатировался и развивался.

При всех достоинствах модуль ТИГР-67 требовал соблюдения принципа «звездности» для системы своих координатных линий, что для расчета некоторых задач становилось существенным ограничением. В. Д. Фроловым и Л. И. Хохряковой разрабатывался вариант методики ТИГР-72, позволяющий более точно рассчитывать удлиненные элементы конструкций, В. Д. Фроловым и Н. В. Первиненко разрабатывалась методика ТИГР-77 для расчета газодинамики с теплопро-



водностью с большей свободой по геометрии. Программный модуль ТИГР-77 был создан силами специалистов отдела программирования под руководством Н. А. Курцаева.

С увеличением вычислительных мощностей на базе программного модуля ТИГР-67 началось создание комплекса блочный ТИГР (БТ). Рассчитываемая сложная система геометрически разбивалась на простые фрагменты (блоки), связанные между собой так называемыми обменными граничными условиями. Эта идея была заимствована из комплекса СИГМА (ВНИИЭФ). Задание на программирование БТ было написано В. М. Грибовым и В. Е. Неуважаевым, программная реализация осуществлена В. М. Грибовым. В 1972 г. комплекс БТ-67 вышел на пробные расчеты. Создание БТ позволило существенно расширить возможности по описанию геометрии и приступить к проведению «сквозных» расчетов газодинамики с теплопроводностью. В 1972 г. Н. Н. Яненко, В. Е. Неуважаев, В. Д. Фролов, А. С. Жариков, Г. В. Думкина стали лауреатами Государственной премии СССР за успехи в развитии прикладной математики. Работы по развитию двумерных методик расчетов, начатые Н. Н. Яненко на заре становления вычислительной математики, получили достойную оценку.

В начале 1970-х годов по предложению А. Д. Гаджиева, поддержанному А. А. Бунатяном, была начата разработка первого двумерного комплекса для расчета энерговыделения ТИГР-ОМЕГА-1, в который ТИГР-67 вошел как модуль расчета процессов газодинамики и теплопроводности. От лаборатории ТИГР в создании комплекса участвовали В. М. Грибов, Н. Н. Боков, А. Ш. Нурбаков. В дальнейшем для решения тех же задач использовался модуль ТИГР-72 при создании комплексов ТИГР-ОМЕГА-2 и ДУЭТ-83 (А. Д. Зубов и А. Ю. Бисярин)

Для более мощных ЭВМ типа ЕС и «Эльбрус-2» В. М. Грибовым, А. Д. Зубовым, А. Ю. Би-

сяриным и др. был разработан новый комплекс БТ-80, включающий в себя две различающиеся методики: ТИГР-72 и ТИГР-77. Эти работы были успешно выполнены, в результате чего появился комплекс, обладающий большими возможностями по типам рассчитываемых геометрий. В 1979 г. Л. П. Строцева была удостоена Государственной премии СССР за разработку новых образцов спецвооружения.

А. Д. Зубовым был разработан комплекс ТИГР-72-МП, в котором учитывались некоторые типы магнитных полей. Н. Н. Боковым совместно с Л. А. Гущиной был разработан комплекс ТИГР-67-ТП, учитывающий явления турбулентного перемешивания. В модуль ТИГР-77 по аналогии с методикой МАХ были введены маркеры для выделения границ раздела (А. В. Пономарев, Н. В. Первиненко, В. Н. Тараник). В. В. Кузнецов реализовал  $(k, \epsilon)$ -модель турбулентности в модуле ТИГР-77, и в 1990 г. были проведены первые расчеты.

В 1991 г. В. М. Грибов был удостоен Государственной Премии СССР за разработку прикладных программ.

Новые возможности вычислительной техники позволили в счетных модулях ТИГР и объединяющего их комплекса – блочный ТИГР (БТ) – снять ограничения на число расчетных точек в каждом из блоков, повысить точность расчетов и даже оценивать сходимость результатов при измельчении разностной сетки по пространству и времени.

Большое значение имело создание на базе комплекса БТ комплексов БТ-ДУЭТ и БТ-Ω. Для новой многопроцессорной вычислительной техники был создан комплекс БТ РВС, позволяющий считать задачу в параллельном режиме в распределенной вычислительной среде. Разработчики: В. М. Грибов, А. В. Ким, А. Ю. Бисярин, И. А. Горбатова, М. Н. Зотова, А. Н. Шушлебин, А. В. Пономарев, Н. В. Первиненко, С. Я. Сенников, К. И. Смирнова, В. С. Кошелев, М. М. Киселева, В. Н. Тараник, Л. И. Хохрякова.



А. Н. Шушлебиным на базе методики ТИГР-72 разработана методика и программный комплекс ТИГР-3Т, в котором численно моделируется течение плазмы в трехтемпературном приближении. Создание комплекса ТИГР-ОМЕГА-3Т позволило проводить двумерные расчеты по оптимизации микромишеней для ЛТС. Особенно актуально это в настоящее время при формулировании требований к изготовлению и облучению микромишеней на современных высокоэнергетических лазерных установках.

*Развитие методик и программ расчета задач энерговыделения*

В этом разделе объединены расчеты задач переноса излучения и задач энерговыделения (задачи КПД).

Перенос излучения. Задачи типа И-0

После освоения программ, привезенных из ОПМ, началась работа по развитию моделей и созданию собственных программ переноса излучения. Динамика разработок приведена далее в таблице.

Комплекс И-0-225 рассчитывал распространение излучения в системах сложной геометрии. Итерации между расчетами INB и И-0-225 выполнялись теоретиками вручную. Комплекс KINO (И-0-73+INB со счетом «шаг в шаг»), сданный в промышленную эксплуатацию в 1980 г., положил конец рутинной обработке итераций вручную. Разработчики KINO: Г. В. Думкина, Е. А. Мазурина, В. Ю. Гусев, М. Ю. Козманов, Р. Н. Ермолова, А. А. Петров, В. А. Мурашкина и другие.

В конце 1970-х годов М. Ю. Козманов начал интенсивное теоретическое изучение системы уравнений энергии и переноса излучения. Был сформулирован и доказан принцип максимума, доказана теорема существования решения, получен ряд точных решений для одномерной системы. Под руководством М. Ю. Козманова и при его непосредственном участии Е. С. Андреевым

были разработаны методики и программы, которые получили общее название СВЕТ.

Перевод программных комплексов KINO-N, RAYC, И-22, RAYID-S на персональные компьютеры был осуществлен В. Ю. Гусевым, В. В. Завьяловым, А. С. Верпинской, Е. С. Андреевым, В. А. Кайгородовой, З. Н. Писаревой.

С появлением современной вычислительной техники программные комплексы с развитой двумерной газовой динамикой с теплопроводностью типа ТИГР заменили комплекс KINO (часть И-0).

*Развитие методик и программ расчета энерговыделения в одномерной постановке*

Комплекс КИТ

В 1957–1967 гг. расчеты энерговыделения проводились по программам, созданным в ОПМ под руководством А. Н. Тихонова и А. А. Самарского. В программу 3-07 было внедрено автоматическое построение оптимальной сетки на основе вариационного принципа (А. Ф. Сидоров, О. С. Широковская) и создан «комбайн», который автоматизировал весь процесс запуска задачи (Л. Ф. Варганова, А. Д. Гаджиев).

В 1967 г. для БЭСМ-6 на основе методики 3-07 была создана программа Т-67 для расчета задач энерговыделения (Л. Ф. Варганова, А. Д. Гаджиев, Г. С. Легонькова, Т. Г. Мордвинова, К. А. Мустафин, В. Ф. Онищук, Н. И. Симанова, Н. П. Ситников, Н. И. Тюрина, О. С. Широковская и др.). В начале 1970-х годов А. Д. Гаджиевым был предложен новый алгоритм решения одномерного уравнения переноса, реализованный В. Н. Писаревым в новом комплексе Т-71, который оказался эффективным и надежным. Для решения задач по ЛТС в Т-71 были включены трехтемпературность (А. Д. Гаджиев, В. Ф. Онищук) и перенос энергии  $\alpha$ -частицами (О. С. Широковская).

В 1975 г. был создан комплекс Т-75 (Л. Ф. Варганова, А. Д. Гаджиев, В. Ф. Онищук, Л. Г. Козманова, А. А. Рыбакова, Ю. И. Симакова, С. С. Ди-



кова, В. Р. Надточий, М. С. Салманова, О. С. Широковская), методика которого включала газодинамику, лучистую теплопроводность, многотемпературность, спектральный перенос теплового излучения, многогрупповой перенос нейтронов с учетом анизотропии рассеяния, перенос  $\gamma$ -квантов, перенос энергии и импульса  $\alpha$ -частицами. Созданный в 1977 г. комплекс КИТ-75 (INB-73+T-75) стал основным для массовых производственных расчетов задач КПД, в том числе задач с турбулентным перемешиванием.

Л. Ф. Варганова (1973 г.) и А. Д. Гаджиев (1982 г.) за создание новой спецтехники были удостоены звания лауреата Государственной премии СССР.

В середине 1980-х годов комплекс КИТ был переведен на ЕС-ЭВМ с участием сотрудников отдела программирования Г. Л. Язовских, В. А. Аврориной, Э. С. Карпечиной, С. В. Кольчугина, В. И. Клёновой, Е. И. Курцаевой. В дальнейшем КИТ был дополнен модулем RAY – расчета переноса спектрального излучения в кинетической

Комплексы программ (периоды активного применения)	Назначение, методика	Ведущие разработчики	Примечания
И-22 (модификация) (1961–1970 гг.)	Расчеты с новым алгоритмом вычисления матриц	А. А. Петров, В. И. Легоньков, Л. Б. Морозова, Ю. Е. Боярищев, Г. В. Думкина, Н. С. Шойдина, В. Ю. Гусев, Ю. А. Овчинникова, А. И. Ставровская	Резко сокращено время счета (вместо часов – минуты)
И-0-21, И-0-22, И-0-61 (1958–1961 гг.)	Расчеты с применением метода расщепления	Е. Н. Зубов, Г. В. Думкина, В. В. Михайлова, Р. Н. Ермолова	
И-0-225 (1969–1975 гг.)	В областях И-0 – двумерные уравнения теплопроводности, в областях И-22 – лучистый теплообмен	Г. В. Думкина, Н. С. Шойдина, А. А. Петров, Г. Л. Язовских	Два метода решения: расщепление и продольно-поперечная прогонка (ППП)
И-0-73 (1973–1979 гг.)	Расчеты распространения излучения в системах сложной геометрии. Сетки ограничены по геометрию контура системы	Г. В. Думкина, В. Ю. Гусев, М. Ю. Козманов, Н. С. Шойдина, А. А. Петров, Г. Л. Язовских, Е. Б. Рачилова, Е. А. Мазурина, Е. С. Андреев	Равностные сетки, не согласованные с границей, неограниченное число типов потоков
Модернизация И-22 (1980–1990 гг.)	Большое число счетных областей; расчеты трехмерного переноса излучения по программе И-22	В. Ю. Гусев (совместно с лабораторией расчетов методом Монте-Карло)	Был сосчитан ряд производственных задач по теме ЛТС
RAY2D (1991–2000 гг.)	Двумерные расчеты переноса «серого» излучения в кинетической постановке	М. Ю. Козманов, В. Ю. Гусев, А. А. Петров, Ю. А. Овчинникова, Е. А. Мазурина, Г. Л. Язовских, С. В. Кольчугин	Заложена новая экономичная итерационная схема, отлажен алгоритм разбиения задачи на отдельные блоки
RAY1D-S (с 1995 г.)	RAY1D-S для расчета одномерных спектральных уравнений переноса излучения в кинетической постановке в системах сферической и плоской геометрии	М. Ю. Козманов, Е. С. Андреев, К. Я. Балашихина, Л. В. Сагитова (совместно с программистами)	Модуль RAY1D-S был включен в комплекс КИТ





модели, что существенно расширило круг решаемых задач (Е. С. Андреев, М. Ю. Козманов).

Перевод на новую технику (РС и МВК) комплекса КИТ был осуществлен В. А. Мурашкиной, А. Ф. Подкорытовой, И. А. Жариковым, Л. Г. Козмановой, О. С. Широковской, В. Е. Черняковым, А. А. Чикулаевым, М. С. Салмановой, И. Н. Романенко, Л. И. Ардашевой, С. В. Кольчугиным, Л. В. Платоновой, В. Ф. Шаленной.

В настоящее время функционирует комплекс КИТ-2008. Комплекс хорошо структурирован, позволяет легко добавлять новые модели и методики, программы написаны на современных языках программирования. Практически сняты ограничения на параметры сеток и число групп по излучению, нейтронам и другим частицам, есть возможность распараллеленного счета.

В последние годы в КИТ внедрены новые расчетные возможности, созданы модуль ИСКРА – перенос частиц методом Монте-Карло (А. В. Адеев, И. В. Адеева, А. Н. Бурькина) и модуль МДК (Д. Н. Боков, И. Э. Паршуков), как альтернатива модулю ИНБ.

КИТ-2008 имеет развитый сервис, это – интерактивная система задания входных данных на расчет ОКЕАН, электронный архив заданий, база данных хранения временных таблиц БД СВТ ORACLE с возможностью их обработки, система визуализации результатов счета VIZI-1D и др. Основные разработчики комплекса КИТ-2008: В. Е. Черняков, Е. В. Щёголев, Л. Ф. Гордейчук, В. А. Мурашкина и др.

За работу по развитию одномерного комплекса программ КИТ в 2011 г. А. Н. Бурькина и Е. В. Щёголев были удостоены звания лауреата премии имени Е. И. Забабахина.

*Развитие методик и программ расчета энерговыделения в двумерной постановке*

**Направление ОМЕГА**

В начале 1970-х на базе ТИГР-67 был создан комплекс ТИГР-ОМЕГА-1 для расчета энерговыделения зарядов в двумерной по-

становке. Основные разработчики комплекса: А. Д. Гаджиев, О. С. Широковская, К. А. Мустафин, В. Н. Писарев, В. М. Грибов, Н. Н. Боков, А. Ш. Нурбаков, В. Н. Королев, Л. И. Мельниченко, Р. Т. Дылдина, В. Р. Надточий. За короткий срок была завершена отладка комплекса, и в 1974 г. впервые в СССР была сосчитана разностным методом двумерная производственная задача КПД, на 2 года раньше, чем во ВНИИЭФ.

В комплексе ТИГР-ОМЕГА-1 был реализован двухтемпературный режим, позже – перенос альфа-частиц и гамма-квантов и учет турбулентного перемешивания (Н. Н. Боков, К. А. Мустафин, Л. И. Мельниченко, В. Н. Писарев). После выхода на производственный счет в 1981 г. комплекса ТИГР-72 начались работы над новым комплексом ТИГР-ОМЕГА-2 на ЕС-ЭВМ (К. А. Мустафин, А. Д. Зубов, С. Б. Серов и др.), в котором был введен учет анизотропии рассеяния, а позже реализован трехтемпературный режим. В 1986 г. по комплексу начался серийный счет.

В 1991 г. за комплекс работ по созданию двумерных методик и программ расчета энерговыделения В. М. Грибов, К. А. Мустафин, А. И. Орлов и О. С. Широковская были удостоены звания лауреата Государственной премии СССР.

При переводе программ на новую вычислительную технику был создан комплекс БТ-ОМЕГА (блочный ТИГР+ОМЕГА), позволяющий моделировать задачи КПД в блочной постановке с многоуровневым распараллеливанием. Основные разработчики: А. Ю. Бисярин, М. Н. Волобуева, И. А. Горбатова, В. М. Грибов, Р. Т. Дылдина, А. В. Ким, В. С. Кошелев, К. А. Мустафин, В. Н. Писарев, Е. М. Романова, Л. В. Соколов, А. Н. Шушлебин. В 2002 г. по комплексу был начат производственный счет.

**Направление ФЕНИКС**

В 1985 г. комплекс СД-ТОМ (В. В. Гаджиева, В. А. Быченков, В. Н. Писарев) представлял собой двумерную многоблочную методику для



математического моделирования газодинамики с упругопластикой и теплопроводностью на сетках из произвольных четырехугольников. В методике был реализован метод концентраций и эффективный алгоритм перестройки сеток на основе метода дробного проектирования (В. В. Гаджиева). Значительная часть этих достижений затем вошла в новый комплекс ФЕНИКС, который развивался в отделе КПД.

В конце 1980-х годов в комплекс ФЕНИКС для оценки энерговыделения были введены новые физические процессы. Концепция новой методики расчета КПД на произвольных четырехугольных сетках была представлена А. Д. Гаджиевым и В. Н. Писаревым в середине 1970-х годов. Были предложены новые алгоритмы для решения основных уравнений КПД: метод РОМБ для газодинамики, теплопроводности, для уравнения переноса – P1 и квазидиффузионное приближение, DSn – метод для кинетического уравнения. После численной отработки алгоритмов (газодинамика – С. Н. Лебедев, теплопроводность – В. Н. Писарев, А. А. Шестаков, перенос нейтронов – В. Н. Писарев, А. К. Герасименко, А. В. Квичанский, Е. М. Романова) были созданы соответствующие программы. Параллельно были созданы алгоритмы перестройки сеток и пересчета величин, реализован метод концентраций (В. В. Гаджиева, С. Н. Лебедев). Всё это составило новую версию комплекса ФЕНИКС. В 1988 г. были начаты первые производственные расчеты в одноблочной постановке. В расчетах учитывались газодинамика с упругопластикой, лучистая теплопроводность, теплоперенос в трехтемпературном приближении, перенос нейтронов в многогрупповой изотропной постановке, перенос гамма-квантов и альфа-частиц в одногрупповом приближении, кинетика реакций и энерговыделение.

В дальнейшем в комплексе ФЕНИКС был введен учет анизотропии рассеяния нейтронов и гамма-квантов в многогрупповом приближе-

нии (Е. М. Романова), перенос теплового излучения в многогрупповом диффузионном и P1-приближениях (А. А. Шестаков), а также в спектрально-кинетической модели (А. Д. Гаджиев, В. Н. Селезнев). Была реализована модель поглощения лазерного излучения в мишенях для ЛТС (С. Н. Лебедев, О. В. Стряхнина, А. А. Шестаков), учет детонации в газодинамике (С. Н. Лебедев, О. В. Стряхнина), альтернативный метод для газодинамики (С. Ю. Кузьмин).

В 1995 г. была создана диалоговая система расчета начальных данных СКАТ+ГРИФ (А. В. Квичанский, О. В. Стряхнина), которая позволила существенно сократить время подготовки задачи к счету. В начале 2000-х годов были завершены работы над многоблочной версией комплекса, а в 2002 г. был создан блочный параллельный ФЕНИКС (С. Н. Лебедев, Е. М. Романова). Алгоритмы решения уравнения переноса частиц распараллелены по группам и направлениям полета. Использование многоблочной структуры и технологии параллельных вычислений позволили существенно расширить возможности комплекса по повышению точности расчетов благодаря значительному увеличению числа счетных ячеек.

Для расчетов временной постоянной по разрезам двумерных расчетов была создана программа СЛОИ (Е. М. Романова, В. В. Рыкованова, О. В. Стряхнина).

За создание программы СКАТ и ГРИФ в 2000 г. А. В. Квичанский и О. В. Стряхнина были удостоены премии им. А. А. Бунатяна. В 2006 г. за работы по созданию параллельного комплекса С. Н. Лебедев был удостоен звания лауреата премии Правительства РФ.

По тематике методики ФЕНИКС было защищено семь кандидатских диссертаций (В. Н. Писарев, С. Н. Лебедев, А. А. Шестаков, С. Ю. Кузьмин, Е. М. Романова, О. В. Стряхнина, В. Н. Селезнев) и докторская диссертация С. Н. Лебедева.



#### Направление ГРАНИТ

Комплекс программ ГРАНИТ для расчета КПД изделий в трехмерной постановке создавался на базе трехмерного комплекса ГРАД-3 (газодинамика) и двумерного комплекса ФЕНИКС. Двумерные методики решения уравнений теплопроводности и переноса нейтронов, хорошо зарекомендовавшие себя в ФЕНИКСе, были обобщены В. Н. Писаревым на трехмерный случай и отработаны С. В. Черновой и А. П. Арсентьевым. В качестве базы программ решения трехмерных уравнений теплопроводности, переноса нейтронов и кинетики реакций были использованы соответствующие программы ФЕНИКСа. Были заимствованы также программы РНД-КПД.

Основные разработчики комплекса: В. Н. Писарев, А. А. Брагин, А. П. Арсентьев, И. А. Кондаков, С. В. Чернова, Н. В. Ермакова, Е. А. Токменинов. Позже к группе разработчиков комплекса ГРАНИТ присоединились М. С. Ураков, И. В. Киселёв, Р. А. Котов, Н. С. Новаковский. На первых этапах работы большую помощь оказывали сотрудники ФЕНИКСа: С. Н. Лебедев, Е. М. Романова, В. В. Рыкованова, О. В. Стряхнина.

В 2011 г. была сосчитана первая трехмерная производственная задача КПД.

Одновременно с ГРАНИТ А. П. Арсентьевым и И. А. Кондаковым была создана программа QUASAR для расчета критических параметров трехмерных систем разностным методом. Эта работа в 2008 г. была отмечена премией имени А. А. Бунатяна в области математики и вычислительной техники. В 2012 г. за работы в комплексе ГРАНИТ М. С. Ураков, И. В. Киселёв и Н. С. Новаковский удостоены звания лауреата премии имени Е. И. Забабахина

#### *Развитие методик и программ расчета энерговыделения методом Монте-Карло*

В начале 1970-х годов для расчета методом Монте-Карло задач энерговыделения были созданы программы расчета энерговыделения ме-

тодом больших итераций: МКПД для одномерных и РЭМБИ для двумерных систем (Э. С. Куропатенко, А. И. Орлов). Эти работы показали принципиальную возможность расчета задач энерговыделения в спектральной постановке с использованием метода Монте-Карло за приемлемое время на машине БЭСМ-6. Прежде бытовало мнение, что подобные расчеты на БЭСМ-6 потребуют тысячи и даже десятки тысяч часов. Расчеты по программам МКПД, РЭМБИ сыграли важную роль для мирного применения ЯЗ. Они позволили рассчитать параметры и характеристики зарядов, использованных для гашения горящих газовых факелов в реальных условиях проведения эксперимента (Э. С. Куропатенко).

Затем появились программы расчета энерговыделения «шаг в шаг»: одномерный ДУЭТ (Н. В. Хорев) и двумерный ДУЭТ-75 (В. Н. Огибин, А. И. Орлов, Н. В. Хорев), в котором газодинамика с теплопроводностью рассчитывалась по программе ТИГР-67. Расширением методики ДУЭТ стало создание двумерного комплекса ДУЭТ-83, в котором газодинамический модуль Т-72 (А. Д. Зубов, А. Ю. Бисярин, Л. И. Хохрякова) и модуль МК-83 (И. В. Адеева, В. Е. Антоневич, А. И. Орлов) работали в рамках комплекса БТ-80. Расчет по ДУЭТ-83 показал хорошее согласие результатов с ТИГР-ОМЕГА-2. В начале 1990-х годов после демонтажа БЭСМ-6 и МВК «Эльбрус-2» сопровождение комплексов ДУЭТ практически не осуществлялось. С появлением новой техники работы по тематике ДУЭТ восстановились. Комплекс БТ-ДУЭТ создавался на базе комплексов БТ-РВК и ДУЭТ-83 с использованием алгоритмов и модулей программы ПРИЗМА. Участники разработки: И. В. Адеева, А. В. Адеев (нейтронистика, кинетика, новая геометрия, распараллеливание) и А. В. Ким (интерфейс, управление процессами). На всех этапах участвовали также В. М. Грибов, А. Ю. Бисярин, А. Н. Шушлебин. Первая задача была сосчитана в начале 1999 г. Широкие возмож-



ности комплекса сделали его востребованным. В 2006 г. А. В. Адеев за создание программных комплексов был удостоен звания лауреата премии Правительства РФ.

#### Комплекс ИГЛА

В 2002 г. в лаборатории И. А. Литвиненко была создана программа ИГЛА, в основу которой положен метод Харлоу частиц в ячейках. Главная идея его в том, что вещество представляется набором дискретных лагранжевых частиц, и расчет состоит в последовательном нахождении цепочки состояний ансамбля частиц на различные моменты времени.

Динамику ансамбля газодинамических частиц определяют три физических процесса: энерговыделение, газодинамическое движение, лучистая теплопроводность. Для описания переноса нейтронов в системе используется метод Монте-Карло. Кроме газодинамических частиц, вводятся частицы, заменяющие нейтроны. В процессе моделирования суммарное энерговыделение от всех нейтронов для каждой ячейки сетки дает значение мгновенного разогрева

газодинамических частиц в этой ячейке. При этом рассчитываются и новые концентрации ядер в частице. В методике ИГЛА реализованы модели учета поступательного и теплового движения ядер среды.

В настоящее время по программе ИГЛА ведутся расчеты основного производственного цикла. Существуют версии для расчета задач в одномерной (М. А. Харлова) и трехмерной (Ю. Н. Павленко) постановке, в параллельном режиме (Г. В. Байдин). Создан оригинальный модуль расчета параметра размножения нейтронов методом Монте-Карло (М. Г. Белова). Реализована удобная для исполнителей и заказчиков система визуализации результатов (В. А. Ротко).

#### *Развитие методик и программ расчета переноса излучений методом Монте-Карло*

Первая задача на ЭВМ «Стрела» была сочтена методом Монте-Карло (ММК) по программе Н-0 (А. Ф. Сидоров, Г. А. Михайлов). В группе ММК сразу же началось создание программ для расчета нейтронных характеристик зарядов (см. таблицу).

Программы (периоды активного применения)	Назначение, методика	Ведущие разработчики	Примечания
Программы Н-1, Н-2, Н-3 и Н-3D (1957–1959 гг.)	Расчеты прохождения нейтронов и $\lambda(t)$ в сферических и осесимметрических системах на Стреле	Г. А. Михайлов, Э. С. Куропяченко, Н. А. Павлова, Н. Н. Невская, Г. С. Легонькова, А. А. Петров	1958 г. – расчет $\lambda(t)$ по программе Н-3D для двумерных разрезов, полученных по программе Д-0
Программы НК и НП (1960–1965 гг.)	Расчеты критических (НК) и прохождения (НП) нейтронов в двумерной постановке на М-20	Г. А. Михайлов, Э. С. Куропяченко, В. Н. Огибин, Н. А. Павлова, А. Ф. Сизова	В 1962 г. Г. А. Михайлов стал первым из математиков лауреатом Ленинской премии
Система программирования на БЭСМ-6, создание архива МК (1967–1970 гг.)	Исследование параметров расщепления для снижения погрешностей расчета	В. Н. Огибин, Я. Э. Кандиен, А. П. Мишин	В 1969 г. В. Н. Огибин был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР
Программы ДСТ, ВИКИНС, ПРИИСК, ФСРА, ТИМКА (1970–1975 гг.)	Задачи выхода нейтронов из движущихся систем, расчет фотонного разогрева	Н. А. Павлова, А. Г. Михалькова, А. И. Орлов, А. С. Мельниченко, А. В. Адеев	В 1975 г. А. С. Мельниченко стал лауреатом Государственной премии СССР



Сравнение результатов расчетов и экспериментов показало необходимость пересмотра и корректировки спектральных и групповых констант. С 1972 г. началась активная работа по созданию совместно с теоретиками новых ядерных данных для расчетов ММК, завершившаяся к 1975 г. системой спектральных нейтронных констант БАС (А. П. Васильев, Э. С. Куропатенко, Н. А. Павлова). На основе констант БАС был реализован расчет ММК системы групповых констант (СГК) и автоматическая передача полученной СГК в другие программы (Э. С. Куропатенко, И. Л. Зырянова).

В лаборатории продолжались начатые в 1969 г. разработки по расчету переноса заряженных частиц, для которых был принят метод катастрофических соударений, как наиболее приближенный к схеме моделирования нейтронов и фотонов (Я. З. Кандиев в сотрудничестве с В. В. Плохим).

Важной вехой в программировании было создание В. Н. Огибиным модуля ГЕОМ с синтаксически ориентированным транслятором РАЗБОР. Во ВНИИЭФ на базе ГЕОМ с использованием транслятора РАЗБОР раньше, чем в нашем институте, был создан пакет программы ММК. Модуль ГЕОМ стал использоваться в программах для станков с программным управлением и в программах РНД двумерных комплексов СПРУТ-Д, FAN, ТИГР, ГРАД. Большую работу по внедрению ГЕОМ и оказанию помощи сотрудникам отделов двумерных задач проделала Н. А. Павлова.

1979 год – это начало создания нового пакета производственных программ на базе системы констант БАС, на основе языка АЛГОЛ-ГДР в рамках МС ДУБНА с использованием макрогенератора и синтаксически управляемого транслятора РАЗБОР. Была разработана общая организация программ пакета (Э. С. Куропатенко, Я. З. Кандиев, А. И. Орлов), проведен модульный анализ. В создании базовой программы пакета ПРИЗМА-79 (ответственный – Я. З. Кандиев)

принимали участие все сотрудники лаборатории: А. В. Адеев, И. В. Адеева, В. А. Ананьев, Г. А. Белякова, И. Л. Зырянова, Я. З. Кандиев, Э. С. Куропатенко, Г. Н. Малышкин, А. И. Орлов, Н. А. Павлова, В. М. Шмаков.

В течение 1980 г. на основе базовых модулей были созданы программы КЛАН (Э. С. Куропатенко, А. И. Орлов), ПРИЗМА-Д (Я. З. Кандиев, И. Л. Зырянова), ВИКИНГ (А. И. Орлов, В. А. Ананьев, В. Е. Антонович). В новом пакете были заложены большие возможности для расчетов: 3-мерная геометрия, богатый набор заказанных результатов, широкий набор источников и видов обработки результатов, возможность управления счетом. В рамках программы ПРИЗМА-79 развивались алгоритмы переноса заряженных частиц и методы неаналогового моделирования для повышения эффективности расчетов (Я. З. Кандиев). В 1983 г. начались работы по созданию методик и программ статистического моделирования переноса излучений в стохастических дисперсных средах. В 1987 г. в программах пакета ММК на ЭВМ БЭСМ-6 была реализована методика расчета переноса излучений (Я. З. Кандиев, Г. Н. Малышкин) в реакторной геометрии. В 1989 г. основные программы ММК были переведены на ЭВМ «Эльбрус-2». При этом возможности программ были значительно расширены.

В последние годы в связи с расширением тематики института и увеличением расчетов по реакторам в программах ММК реализованы алгоритмы расчета сложных реакторных геометрий, включая конфигурации активной зоны реактора, ТВС и ТВЭЛов. На рисунке приведен пример характерного фрагмента геометрии такого расчета.

На новой вычислительной технике был создан пакет программ МК на языке C++. Реализована эффективная схема распараллеливания и взаимодействия участвующих в расчете процессов на основе библиотеки MPI (В. Г. Орлов).

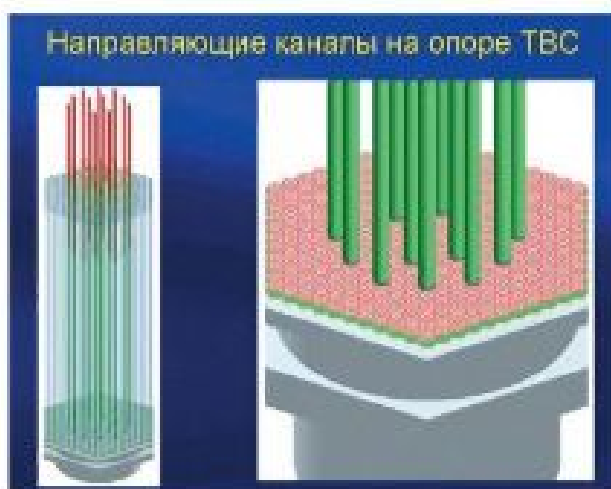


В составе нового пакета МК аналоги существовавших на «Эльбрус-2» и БЭСМ-6 специализированных программ: ПРИЗМА-Д и ПРИЗМА-Т, ПРИЗМА-МИ, ВИЗА, РАФ, ВИКИНГ (Я. З. Кандиев, Д. Г. Модестов, А. А. Малахов, С. Г. Спирина, Т. В. Вахонина, О. В. Зацепин, Г. Н. Малышкин, Р. Ф. Мухамадиев, В. Е. Антоневиц).

Разрабатываемые с 1980-х годов Я. З. Кандиевым методы неаналогового моделирования, существенно повышающие эффективность расчетов, получили мощное развитие в программах на новой технике. Их внедрение позволило проводить коррелированные расчеты для оценки эффекта малых возмущений в многовариантных задачах. В одной из программ МК расчет ведется в геометрии, приближенной к реальной постановке опыта.

В 2006 г. Я. З. Кандиев за создание программных комплексов был удостоен звания лауреата премии Правительства РФ.

Значительно обогатился спектр физических процессов, учитываемых в расчетах: расширены возможности моделирования тяжелых заряженных частиц, введен учет тепловой и поступательной скорости вещества и химических связей (С. И. Самарин, Д. Г. Модестов, О. В. Зацепин, Н. А. Воронина, К. Е. Хатунцев).



Пример геометрии в расчете реактора

Сегодня отдел ММК, возглавляемый Г. Н. Малышкиным, – это сильный коллектив, занятый задачами основной тематики института и недавно приступивший к работам в такой инновационной области, как нейтронно-физические расчеты активных зон энергетических ядерных реакторов. Безопасность хранения и транспортировки ядерных материалов, биологическая защита персонала от излучений, нейтронная терапия, фундаментальные эксперименты в ЦЕРНе – вот направления исследований отдела в последние годы.

#### *Инженерные задачи разнообразного назначения*

Лаборатория разных задач вела расчеты для всех подразделений института. Были созданы программы для расчета баллистики определенных классов изделий, вероятностных характеристик параметров срабатывания приборов, расчета теплофизических свойств материалов на основании квантово-механических моделей веществ. Проводились первые расчеты по программе, обслуживающей станок с программным управлением.

Основные работы выполняли: Р. А. Жилина, М. Н. Зюзина, А. А. Адагурова, О. М. Бакулина, В. И. Бакланова, М. А. Лучинская, Т. А. Кобзева, Р. Г. Исламова, Г. Вик. Орлов, В. А. Брезгин, Л. П. Брезгина.

В 1988 г. начальник лаборатории Р. А. Жилина была удостоена звания лауреата Государственной премии СССР.

#### *Развитие прикладного и системного программирования*

Отдел программирования был создан в числе первых четырех отделов с самого начала существования сектора. Для «Стрель» осваивались и модифицировались программы, созданные в ОПМ. После сдачи в эксплуатацию машины М-20 начался массовый перевод на нее программ, работающих на «Стреле». Одновременно



шли разработки по автоматизации программирования. Под руководством Ю. И. Морозова создаются системы программирования типа автокодов, сначала ПСК-1 для «Стрелы», потом ПСКУ (программирующая система с клавишным устройством) для М-20 (1961 г.) – первая в СССР система, язык которой был символьным. Вопросами автоматизации программирования под руководством Ю. И. Морозова занимались А. А. Петров, В. И. Легоньков, Л. Х. Вязалов, В. А. Шурыгин, В. П. Крус, Ю. И. Вантрусев, Л. Ф. Жарикова, Л. Б. Морозова.

В создании фонда прикладных производственных программ для М-20 роль отдела программирования была весьма заметной. Одной из первых созданных программ была программа IN-3 (1961 г.), которая вскоре стала основной счетной программой из серии «И». В работах по созданию и развитию программы IN-3 принимали участие Н. В. Андрищенко, Н. А. Курцаев, Ю. Е. Бояринцев, Л. Х. Вязалов, Н. И. Тюрина, З. С. Карпечина.

Существенно пополнился за эти годы список программ для решения задач переноса излучения типа И-О (В. И. Легоньков, А. А. Петров, Л. Б. Морозова, Л. И. Хохрякова, А. А. Старостина, Г. Л. Язовских, Е. А. Мазурина, З. С. Карпечина).

При разработке двумерных программ Б-36, ВУЛКАН, ТИГР (В. И. Легоньков, В. М. Грибов, Л. И. Хохрякова, Л. Ф. Жарикова, А. Ф. Никулина, К. К. Малахова, Г. С. Легонькова, Т. Г. Мордвинова) остро встал вопрос хранения значений искоемых функций в точках расчетной сетки. Как правило, количество данных значительно превышало объем оперативной памяти машины. Успешное решение этих вопросов В. И. Легоньковым и В. М. Грибовым нашло впоследствии отражение в их диссертациях.

Инициатором многих работ по автоматизации программирования был Ю. И. Морозов. Большую поддержку в постановке и продвижении этих работ оказывали руководители сектора Н. Н. Яненко и А. А. Бунатян. Появились первые

программы машинной графики (Л. Б. Морозова, Ю. И. Вантрусев, Е. И. Курцаева, В. Ф. Шаленная), обслуживающие устройства автоматического построения графиков, разработанные в секторе под руководством Л. Я. Павликова. В. А. Шурыгин вел разработки по аналитическим преобразованиям, В. И. Легоньков разрабатывал алгоритмы экономии памяти, под руководством Ю. И. Вантрусева шли работы по автоматизации отладки программ, продолжалось развитие ПСКУ (В. Ф. Шаленная, совместно с СО АН СССР). Обработкой записей на ленту занималась А. А. Старостина. Позднее эта работа получила широкое развитие и привела к созданию системы программ обработки результатов (СПОР).

На основе идеи, заимствованной в ВЦ СО АН, в 1965 г. был создан «Автооператор» – система, которая была «впаяна» в аппаратуру ЭВМ, автоматизировала некоторые функции оператора ЭВМ и позволяла организовать обработку пакета задач. В этом смысле «Автооператор» можно рассматривать как первую операционную систему, созданную в секторе. В этой работе участвовали А. А. Петров, В. Ф. Тюрин, В. С. Абраменко.

В течение 1969–1970 гг. создается необходимый парк прикладных программ для БЭСМ-6, что позволило обеспечить практически все расчеты по тематике института. Особенностью этих программ была новая организация управления (А. А. Петров), дающая возможность совмещения обменов со счетом. В области автоматизации программирования работа велась на два фронта: сопровождение систем программирования, полученных для ВНИИТФ из других организаций, и разработка собственных служебных и сервисных систем. Для ЭВМ БЭСМ-6 использовалась Мониторная система ДУБНА, разработанная в ОИЯИ под руководством Н. Н. Говоруна. Сопровождением и эксплуатацией всех этих систем занимались И. В. Селиванов, В. Ф. Шаленная, Н. И. Шулепов, В. Г. Жукова.



Продолжалось развитие стандартных программ машинной графики (Е. И. Курцаева, А. А. Старостина). В 1969 г. В. И. Легоньков поставил задачу создания системы компиляции частей прикладной программы, меняющихся от расчета к расчету (программных тел и числовых наборов). Под руководством А. А. Старостинной в 1970 г. В. П. Соколов создал такую систему – оперативный компилятор (ОК). Впоследствии эта система стала широко использоваться при организации программ уравнений состояния. Системы СПОР (*f*) и ОК наряду с графическими программами были, по-видимому, первыми служебными системами для организации сервиса в прикладных программах.

В стране начал формироваться метод сетевого планирования и управления (СПУ), освоение которого на предприятии в 1964 г. было поручено группе Ю. И. Вантрусова. Первыми разработчиками программ СПУ были В. С. Башурова, Е. П. Афанасьев, Р. Г. Юрченко, М. А. Крутова, И. П. Багмут и А. Г. Киселёва. Этот начальный период автоматизации завершился к 1968 г. первыми производственными расчетами сетевых планов НИОКР института.

Серьезная работа в области системного программирования началась для программистов в 1966 г. с изучения, установки и внедрения в промышленную эксплуатацию первой операционной системы ОС Д-68 для БЭСМ-6, разработанной под руководством Л. Н. Королёва и А. Н. Томилина в ИТМиВТ. При эксплуатации этой ОС В. Ф. Тюриным были обнаружены и исправлены многочисленные ошибки, было проведено множество модификаций ОС с целью удовлетворения наших практических нужд, поэтому стало возможным полученную систему считать собственной разработкой, она стала называться ДТ (диспетчер Тюрина). Эта система выгодно отличалась от Д-68 своей надежностью, и поступила просьба установить ее в ИПМ. После установки отзывы о ДТ были самые положительные. Таким образом, институт

получил первую хорошую рекламу в системном программировании.

В. Ф. Тюрин и Н. И. Шулепов получили приглашение поработать в Москве совместно с системщиками ИПМ над созданием ОС ИПМ. Общение с ведущими специалистами страны дало им возможность получить хороший опыт и квалификацию в системном программировании. Тогда же В. Ф. Тюрин предложил проект создания собственной операционной системы, ориентированной на наши требования при создании больших программ и организации вычислительного процесса. Принятая в начале 1971 г. в опытную эксплуатацию ОС стала называться ДИСПАК (ДИСпетчер ПАКетной обработки задач), название также подчеркивало, что впервые в СССР в ОС реализована работа с магнитными дисками. Первыми разработчиками системы ДИСПАК были В. Ф. Тюрин, Н. И. Шулепов, Ю. В. Озорнин, Л. В. Шинкарева, С. А. Зельдинова, И. Д. Бокова, В. И. Зуев. Высокая надежность и стабильность в работе, простота в эксплуатации – в течение короткого времени привели к высокой популярности системы в нашей стране, завершившейся принятием осенью 1973 г. заводом-изготовителем БЭСМ-6 в качестве основной серийной операционной системы вместе с КМД (коммутатором магнитных дисков) для подключения МД к БЭСМ-6. В. Ф. Тюрин в 1972 г. с успехом защитил кандидатскую диссертацию.

По предложению директора ИПМ АН СССР, президента АН СССР М. В. Келдыша главный разработчик ДИСПАК В. Ф. Тюрин в середине 1973 г. перешел на работу в ИПМ. Основной коллектив авторов системы остался на Урале. На базе ДИСПАК была создана новая версия ОС, получившая название ДИАПАК – ДИАлого-ПАКетная обработка задач. ОС ДИАПАК обеспечивала динамическое планирование ресурсов процессора, памяти прямого доступа всех уровней и представление комплекса БЭСМ-6 для пользователя и оператора в виде «единой»





ЭВМ. В ОС ДИАПАК были автоматизированы практически все действия оператора, разработана новая логическая структура памяти, «расширившая» объем и оперативной, и барабанной памяти для всех задач в совокупности. Основной вклад в создание ДИАПАК внесли Ю. В. Озорнин, Н. И. Шулепов, Л. В. Шинкарева, В. К. Корякин, Г. П. Охрименко.

В 1976 г. началась опытная эксплуатация системы АРХИВ (впоследствии УПД ДИАПАК) и подготовка к массовому переходу старых программ на новую технологию управления данными. В 1977 г. система УПД ДИАПАК была сдана в промышленную эксплуатацию.

В системе УПД ДИАПАК к концу 1980 г. были созданы и внедрены:

- < механизм управления двухуровневой памятью «диски – ленты» с автоматическим перемещением файлов с оперативного уровня хранения (МД) на архивный (МЛ);
- < механизм защиты архивной памяти и данных (для пакетного и диалогового режимов работы с данными);
- < новые методы доступа к данным (последовательный, индексно-последовательный и библиотечной организации);
- < динамический способ управления районами, файлами и ресурсами архивного пространства и другие функции.

В эти работы основной вклад внесли В. М. Крюков и В. И. Зуев. В разные годы к разработке подключались Г. Н. Петухова, Е. М. Романова, Т. В. Шамраева, Е. В. Козырева, В. В. Тоцакова. Достижения программистов сектора по обеспечению языковой поддержки процедур УПД ДИАПАК и диалогового режима работы давали основание заявить о создании собственной мониторинг системы. Следует отметить, что решения, принятые для обеспечения практических вычислительных потребностей сектора, не уступали мировому уровню в системном программировании. Хотя системы разделения времени на западе появились раньше, чем

у нас, представление многомашинного комплекса в виде «единой» ЭВМ с равноправием каждой ЭВМ и независимостью работы комплекса от сбоя любой его составляющей в сетях ЭВМ было реализовано позднее на Западе.

Успешная разработка ОС ДИАПАК подтолкнула программистов к созданию подобной идеологии на машинах М-220 – М-220 М, модифицированных силами наших электронщиков в рамках операционной системы МОК (Н. Я. Монсеев, Г. Вит. Орлов, В. М. Крюков). По своим возможностям и эксплуатационным характеристикам она превосходила имевшуюся в то время серийную ОС для М-220. К сожалению, уникальность ОС МОК, существенно учитывающая преобразования аппаратуры по подключению терминалов, магнитных дисков и связи с МВК БЭСМ-6, реализованные в отделении, не позволила распространить ее по СССР.

Следующее крупное направление – это проблемно-ориентированные системы как инструментальные средства для разработки программ и ведения производственного счета. На это время приходится становление мониторинг системы ДУБНА в тесной увязке с ОС ДИАПАК. Практически никакой документации по системе у разработчиков не было, так что устанавливать, осваивать и стыковать ДИАПАК с системой ДУБНА пришлось методом проб и ошибок. Большую часть этой весьма неприятной, но ответственной работы выполнил И. В. Селиванов, который «довел» систему до режима массовой эксплуатации.

Все эти системы получили основное развитие в связи с интенсивным расширением линии БЭСМ-6: к концу 1975 г. в секторе было уже пять ЭВМ БЭСМ-6, и в их успешном освоении и загрузке счетом есть большой вклад всех сотрудников отдела программирования.

Широкое распространение в СССР получила созданная в эти годы система АСИОР (автоматизированная система информационного обе-



спечения разработок): около 15 организаций эксплуатировали эту систему и образовали КООПИНФОРМ – кооперацию пользователей, в которой каждый участник обеспечивает наполнение общего фонда частью информации и пользуется при этом общим фондом. В число этих организаций входили ИПМ (головная), ВЦ СО АН СССР, ВНИИЭФ и др. В создание АСИОР основной вклад внесли В. Р. Хисамутдинов, В. С. Авраменко, Л. М. Зуева, В. И. Легоньков, Г. К. Куликова.

В 1976–1980 гг. продолжались работы по совершенствованию ОС ДИАПАК. К концу 1980 г. приоритетными направлениями стали сбор статистики и экономия ресурсов. В успешном выполнении всех этих работ несомненная заслуга Ю. В. Озорнина, Н. И. Шулепова, Г. П. Охрименко, В. К. Корякина, Л. В. Шинкаревой. Большая техническая работа была выполнена Т. Д. Вилибиной. В 1977 г. был создан и внедрен в промышленную эксплуатацию символьный отладчик, ускоривший процесс отладки в 1,5–3 раза. Эти работы были выполнены В. К. Корякиным (со стороны ОС ДИАПАК) и В. П. Соколовым (со стороны МС ДУБНА).

В 1976–1980 гг. продолжались работы в области проблемно-ориентированных систем, связанных с организацией процесса программирования. В. И. Легоньков предложил три системы: СОП – система обеспечения программирования, СОМ – система обеспечения модульного программирования, СОК – система обеспечения комплексов, которые ускорили создание программных комплексов, используемых при разработке ядерных зарядов, и были переданы в ИММ (Свердловск), в ИПМ (Москва). В дальнейшем, в 1988–1989 гг., успешно прошли сдачу в производственную эксплуатацию системы обеспечения создания прикладных программ СОК-Б6, СОК-ЕС, СОК-Э2, а также система модульно-структурного программирования МОСТ-ЕС. В этих работах в разные годы принимали участие В. И. Зименков, А. М. Яро-

шевский, В. П. Соколов, А. С. Кисель, В. А. Кубяк, И. А. Ванна.

В 1980 г. В. И. Легонькову в составе авторского коллектива была присуждена Ленинская премия за фундаментальные исследования, позволившие создать ряд изделий специального назначения, в том числе и для промышленного применения.

Весьма полезным для обработки результатов экспериментов был комплекс программ по теме ОФИ (обработка фотографических изображений), созданный по инициативе А. И. Жукова. По этим программам проводились модельные и производственные расчеты по заказам НИО-5. Работы по теме ОФИ под руководством А. И. Жукова выполняла Н. Н. Соколова.

Центр тяжести работ отдела программирования с 1981 г. был связан с ЕС ЭВМ. Создавались программные комплексы: КИТ, КИНО, ТИГР-77, ТИГР-ОМЕГА-2, ДУЭТ (Н. А. Курцаев, В. Н. Авраменко, Л. Ф. Жарикова, Н. В. Мишина, А. А. Петров, Е. А. Мазурин, Т. Г. Мордвинова, Н. Г. Рачилова, М. П. Селиванова, Н. В. Первиненко, В. А. Аврорина, З. С. Карпечина, Е. И. Курцаева, С. В. Кольчугин, В. И. Клёнова, Г. Л. Язовских).

Получили новое развитие системы подготовки и оформления результатов: системы СПОРБ и СПОРЕС. В конце 1980-х была спроектирована новая система сбора, обработки и отображения данных (СООР), использованная в дальнейшем при накоплении и отображении результатов в производственных программах и комплексах. Разработчиками СООР были А. А. Старостина, В. Г. Вронская, Н. Н. Соколова, Н. П. Додонова. В эти годы было также разработано новое программное обеспечение МОДИС на ЕС ЭВМ. В дальнейшем МОДИС ЕС была установлена в 15 организациях, в том числе в НПО машиностроения Москвы, в Ленинградском экономическом институте, в НИИ АС (г. Горький), в «Машпредприятии» (г. Свердловск). В работах принимали участие В. С. Авраменко, Л. М. Зуева, Г. К. Куликова, И. И. Кислицына.



В течение пятилетия 1986–1990 гг. была создана двухуровневая информационная база СУД ЦВК, позволившая объединить БЭСМ-6, ЕС, «Эльбрус-2» в локальную сеть с общей информационной базой для хранения результатов счета, передачей данных между ЭВМ и общими пунктами ввода-вывода данных (Г. П. Охрименко, С. А. Петунин, Л. Н. Шабанова, С. Н. Бижов). На ЕС ЭВМ группой С. В. Загребельного была внедрена операционная система виртуальных машин (ОС СВМ), позволившая обеспечить пользователя сервисом для разработки прикладных программ и проведения по ним расчетов. Это был шаг вперед в технологии создания программ.

В 1986 г. началось освоение архитектуры персональных ЭВМ типа IBM PC и их программного обеспечения (С. Н. Бижов, В. В. Капралов, П. В. Талантов). Велась интенсивная работа по поиску и приобретению пакетов прикладных программ для IBM PC.

С 1993 г. в институте началась разработка геоинформационных систем (ГИС). Была создана инструментальная среда «Контур» для разработки прикладных ГИС. С помощью этой среды создано программное обеспечение для ситуационного центра института, разработаны (В. М. Крюков, Л. Н. Шабанова, В. В. Фёдоров) автоматизированные рабочие места (АРМ) для администрации Челябинской области, Челябинского гидрометеоцентра, ОблСЭС, Водхоза и др. Созданная технология находит всё большее применение для выполнения работ по ГОЗ и нуждам института. Ведутся разработки программного обеспечения по темам «ДВЗЯИ-2002», «Спасатель». Группой В. В. Тошачковой разрабатывается программное обеспечение и создаются базы данных для внутренних потребностей института. Ведутся работы для отделов промышленной экологии, отдела по ЧС и отдела радиационной безопасности и дозиметрического контроля (ОРБ и ДК).

В последнее десятилетие разработано не-

сколько систем программного обеспечения ряда работ института:

- < для ОРБ и ДК ВНИИТФ – «Снегоотбор» – система визуализации данных радиационного контроля территорий санитарно-защитных зон и зон наблюдения объектов РФЯЦ – ВНИИТФ;
- < для АТЦ и для ГО и ЧС ВНИИТФ – «Дежурный оператор АТЦ» и «Дежурный оператор ГО и ЧС» – системы прогнозирования масштабов заражения радиационно и химически опасными веществами при авариях на радиационно и химически опасных объектах и транспорте;
- < для директора ВНИИТФ – система «РФЯЦ – ВНИИТФ» – информационно-справочная система по институту;
- < для ОПЭ (отдела промышленной экологии ВНИИТФ) – «Эколог» – система для поддержки экологического контроля состояния атмосферы.

Широко применяются богатые возможности операционных систем персональной техники для представления в наглядном виде результатов расчетов. Создан цикл специализированных программ Vizi визуализации геометрии и результатов трехмерных, двумерных и одномерных расчетов (в том числе и параллельные версии). Программы визуализации с участием разработчиков соответствующих комплексов создавали сотрудники отделов программирования В. В. Фёдоров, Д. В. Могиленских, И. В. Павлов, Е. Н. Пьянков, С. Н. Мельникова, С. В. Коломейко, Е. П. Волгина и др.

#### *Работы по ядерной энергетике*

В 2007 г. в институте под научным руководством В. А. Симоненко были начаты работы по теме «Анализ перспективных технологий переработки ОЯТ (отработанного ядерного топлива)». Эта задача является частью общей проблемы развития ЯТЦ (ядерного топливного цикла), в которую входят многие технологи-



ческие и организационные вопросы. Проблема многогранна и требует для оптимизации решений разрабатывать модели разных уровней детализации для отдельных технологических процессов. Поэтому естественным является использование средств математического моделирования, современных систем программирования, информационного обеспечения и вычислительной техники для поиска и оценки альтернативных вариантов развития и обоснования управленческих и технологических решений.

В НИО-3 была создана специальная самостоятельная лаборатория во главе с В. П. Соколовым, в которой разрабатывается программный комплекс АТЭК, предназначенный для моделирования развития ядерного энергетического комплекса и технологий ЯТЦ. Перед коллективом изначально была поставлена цель разработки единой среды, в рамках которой специалисты и эксперты могли бы решать весь круг задач, связанных с технологиями ЗЯТЦ. В разработке комплекса в разное время участвовал целый ряд институтов и организаций отрасли: РИЦ «Курчатовский институт», Радиевый институт им. В. Г. Хлопина, ВНИИ химических технологий, ВНИИ неорганических материалов им. А. А. Бочвара, НИИ атомных реакторов, Физико-энергетический институт им. А. И. Лейпунского, ПО «Маяк» и др. Комплекс АТЭК предполагается многофункциональным инструментом исследования, предназначенным для решения разных задач, возникающих при организации замыкания топливного цикла и разработке необходимых для этого технологий. За время работы над созданием и развитием комплекса был решен ряд задач: расчет тарифа обращения с ОЯТ для различных вариантов вывоза ОЯТ реакторов РБМК и ВВЭР-1000 на хранение и/или переработку, расчет экономической эффективности вывоза некондиционного ОЯТ РБМК на ПО «Маяк», моделирование карботермиче-

ского метода фабрикации нитридного топлива и др. В настоящее время разрабатывается запланированная в проекте «Прорыв» очередная версия АТЭК в рамках ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения». Наибольший вклад в создание и развитие комплекса АТЭК внесли И. Р. Макеева (руководитель проекта), О. В. Вербицкая, Л. Н. Дарина, В. Г. Дубосарский, С. В. Пчелинцева, Н. Ю. Романова, В. П. Соколов.

*Построение прикладных уравнений состояния. Нейтронные константы*  
Уравнения состояния

В первые годы работы института в расчетах использовались известные уравнения состояния (УРС) идеального газа, Ми-Грюнайтзена, Забабахина или УРС, разработанные во ВНИИЭФ С. Б. Кормером, Г. Е. Кливишовым, В. П. Копышевым и другими. Расширение тематики и возрастание требований к точности моделирования стимулировало начало работ по созданию и совершенствованию УРС. Эти работы начаты во ВНИИТФ А. Т. Сапожниковым, Н. К. Голубевой, И. С. Минаевой, Г. Н. Сапожниковой, А. В. Першиной под руководством В. Ф. Куропатенко. В это время для основных веществ были созданы УРС, которые используются в расчетах до настоящего времени, и табличные УРС воздуха и воды (В. Ф. Куропатенко, А. Т. Сапожников, Г. В. Коваленко). Широкодиапазонное уравнение состояния КИМ применялось для определения мощности подземного ядерного взрыва методом «грунтового шара» в советско-американских совместных экспериментах по контролю (СЭК) в 1988 г. В. Ф. Куропатенко разработал УРС продуктов взрыва основных типов конденсированных ВВ, достоинством которого является универсальность и высокая экономичность при расчетах на ЭВМ. Также были созданы первые УРС кварца и графита с учетом равновесного фазового перехода этих веществ соответственно в стишовит и алмаз.



Численные значения параметров к УРС подбирались на основе экспериментальных данных с помощью специально созданной версии симплексного метода (И. С. Минаева, М. И. Афанасьева, Е. П. Вахрамеева). Был создан и эксплуатировался длительное время банк данных «АРЭДУС», который содержал экспериментальные данные по ударной сжимаемости широкого круга веществ. В его создании принимали участие М. И. Афанасьева, И. С. Минаева, С. Н. Романовская, Л. М. Пономарёва, С. В. Самарина, Т. М. Егорова. Для работы с УРС был разработан ряд алгоритмов и программ, позволяющих рассчитывать изэнтропы, ударные адиабаты, изотермы, кривые равновесия разных фаз, описывающиеся произвольными УРС.

В последующее время для построения и исследования УРС был создан комплекс программ, современная версия которого называется «ТУР». Разработку комплекса под руководством А. Т. Сапожников провели А. В. Першина, Г. В. Коваленко, Е. Е. Миронова, Е. Л. Малышкина, П. Д. Герщук, Л. Н. Шахова, Н. К. Голубева, Е. П. Вахрамеева, Т. Е. Еськова, Т. П. Ротько, М. С. Смирнова, В. В. Дрёмов, Ю. В. Кайгородцева, Ф. А. Сапожников. Программы комплекса позволяли рассчитывать критические параметры и параметры пара и жидкости при фазовом равновесии, параметры гомогенных и гетерогенных смесей веществ в условиях термодинамического равновесия, обрабатывать экспериментальные данные по измерению сравнительной ударной сжимаемости методом прямого и обратного отражения, табулировать и «сшивать» уравнения состояния для построения широкодиапазонных УРС на основе локальных.

Для достижения унификации УРС во ВНИИТФ в 1978 г. были начаты работы по созданию системы ПАКЕТ УРС. Предложение было поддержано ВНИИЭФ и ИПМ. В создании ПАКЕТ УРС от ВНИИТФ принимали участие А. Т. Сапожников, В. И. Легоньков, В. А. Мурашкина, В. П. Соколов, Л. М. Зуева, В. И. Клёнова,

Н. С. Дядина, О. В. Вербицкая, Е. Л. Малышкина, Л. Н. Шахова. В настоящее время ПАКЕТ УРС РФЯЦ – ВНИИТФ содержит около 50 уравнений состояния.

После принятия ДВЗЯИ возросли требования к точности результатов и прогностическим возможностям численного моделирования, что потребовало разработки и внедрения нового расчетно-теоретического описания поведения конструкционных и специальных ядерных материалов во взрывных процессах. В дополнение к ранее существующим в комплексе ВОЛНА многофазным УРС, учитывающим фазовые переходы (полиморфизм, плавление, испарение) начиная с 2000-х годов стали создаваться новые многофазные уравнения состояния (В. В. Дрёмов, А. В. Петровцев, В. М. Елькин, В. Н. Михайлов, Т. Ю. Михайлова, А. Т. Сапожников, Е. Е. Миронова). Эти УРС были реализованы в виде специально разработанных локальных и глобальных табличных уравнениях состояния (А. Т. Сапожников, Е. Е. Миронова, Е. Л. Малышкина, П. Д. Герщук, Л. Н. Шахова, Т. П. Ротько, Т. Е. Еськова). Для учета неравновесного характера фазовых превращений стали использоваться кинетические модели (А. В. Петровцев, Г. В. Коваленко, Г. А. Задорожный). Были развиты модели упругопластической деформации и кинетики разрушения, описывающие прочность материалов в зависимости от скорости, степени деформации, температуры и фазового состояния (А. В. Петровцев, В. Н. Ногин, Д. М. Шалковский). Для определения параметров и комплексной проверки разработанных моделей конструкционных материалов сотрудниками газодинамического и технологического подразделений были выполнены комплексные программы экспериментальных работ.

Полуэмпирические уравнения состояния успешно дополнялись разработкой теоретических моделей веществ, максимально полно основанных на «первопринципных» физических



положениях. В работах В. В. Дрёмова (1997–2002 гг.) для построения УРС смесей плотных газов и жидкостей с учетом химического равновесия была использована термодинамическая теория возмущений. Было создано несколько новых УРС продуктов взрыва конденсированных ВВ и широкодиапазонное уравнение состояния воды (А. Т. Сапожников, В. В. Дрёмов, М. С. Смирнова).

В 1980 г. Г. В. Синько была построена квантово-механическая модель самосогласованного поля (ССП), которая позволила более точно по сравнению с традиционными моделями Томаса–Ферми описать поведение вещества в диапазоне высоких сжатий и низких температур. Для создания УРС твердых тел Г. В. Синько и Н. А. Смирновым на основе теории функционала плотности был усовершенствован алгоритм расчета зонной структуры в области высоких давлений и выполнены прецизионные расчеты для ряда легких металлов. На базе полученной информации ими были построены «первопринципные» УРС и зависимости модулей упругости этих материалов от давления. Аналогичная программа для полностью релятивистского случая «тяжелых» элементов, включая актиноиды, была реализована А. Л. Кутеповым. Данные этих расчетов были использованы при построении многофазных уравнений состояния и моделей упругоэластической деформации некоторых важных материалов.

Начиная с 2011 г., в отделе, руководимом П. А. Лободой, для уточнения УРС в области высоких температур и умеренных плотностей А. А. Шадриним и А. А. Овечкиным разрабатываются современные модели плотного ионизованного вещества. На базе информации, полученной по этим моделям, построен ряд интерполяционных табличных УРС.

С 1996 г. в НТО-2 В. В. Дрёмовым, Ф. А. Сапожниковым, Г. В. Ионовым, А. В. Караваяевым развивается метод молекулярной динамики (МД). Количество частиц в расчетах

методом МД достигает нескольких миллиардов, благодаря чему он стал эффективным инструментом для получения информации о свойствах материалов и процессов в них в условиях высокой концентрации энергии. Был создан программный комплекс МОЛЮХ, на основе которого проведены исследования термодинамических и упругоэластических свойств ряда конструкционных и специальных материалов. Результаты расчетов методом МД используются при разработке новых УРС.

#### Спектральные и групповые нейтронные константы

Первые десятилетия работы в расчетах методом Монте-Карло использовались спектральные нейтронные константы, взятые из зарубежных и отечественных источников. В 1970 г., когда результаты расчета и эксперимента сильно разошлись, было принято решение о создании специальной системы спектральных нейтронных констант (ССК). Работу физиков-теоретиков и экспериментаторов по оценке нейтронных микрохарактеристик изотопов и данных по гамма-образованию возглавил А. П. Васильев, разработка форматов библиотек данных и уточнение ССК путем проведения расчетов эталонных задач велась в лаборатории ММК под руководством Э. С. Куропатенко. Созданная система спектральных нейтронных констант БАС позволила повысить точность описания в расчетах экспериментальных результатов. В БАС вошли нейтронные данные с гамма-образованием для 56 материалов. В работе по созданию и наполнению спектральными константами библиотек принимали участие В. И. Читайкин, В. Е. Севастьянов, В. Д. Лютов, А. И. Сауков и др. В отработке форматов библиотек и алгоритмов расчета участвовали Н. А. Павлова, В. Н. Огибин, А. И. Орлов, В. М. Шмаков и др.

В конце 1970-х годов в библиотеки отдела ММК были конвертированы фотонные данные, полученные из ВНИИЭФ. С 1982 г. ССК БАС



стала использоваться и в программах Монте-Карло ВНИИЭФ. Этот обмен константами обога- тил обе организации.

Исторически сложилось, что расчеты КПД разностными методами проводились с груп- повыми константами, разработанными во ВНИИЭФ. В отделе ММК еще в 1960-е годы были разработаны алгоритмы получения груп- повых констант на основе спектральных расче- тов с последующей передачей их в программы других отделов. Начиная с конца 1970-х го- дов, в СССР по разным каналам стали посту- пать зарубежные библиотеки ядерных данных. Малый объем памяти БЭСМ-6 ставил в те вре- мена жесткие условия на допустимые объемы ядерных данных, поэтому конвертация данных из зарубежных библиотек в формат программ ММК требовала значительной обработки с со- хранением качества констант. Доступность но- вых ядерных данных и расширение тематики расчетов в отделе ММК привели к необходи- мости создания системы константного обе- спечения расчетов, не только спектральных, но и групповых. Такая система – КОБРА – была создана, в настоящее время работает и вклю- чает в себя библиотеки групповых и спек- тральных констант, конвертеры из библиотек ENDF-форматов в рабочие библиотеки, сер- висные программы, программы создания си- стем групповых констант и другие компоненты. Работами по созданию и развитию системы с конца 1970-х годов руководит В. М. Шмаков. Основной вклад в создание системы КОБРА внесли Е. И. Черепанова, Г. В. Лукин, Л. А. Кли- мова, Г. Вит. Орлов, Е. А. Глазков и сотрудни- ки отдела программирования Г. Л. Язовских, О. В. Вербицкая, В. П. Соколов, С. В. Пчелин- цев и др.

Для обеспечения возможности моделиро- вания процессов в сильных нейтронных полях, например, при расчетах реакторных устано- вок, создана программа ядерной кинетики РИСК, которая позволяет описывать взаимо-

превращения большого числа различных ядер (например порядка 4000 при использовании данных, предоставляемых МАГАТЭ). Для учета влияния химической связи на характеристики взаимодействия нейтронов с веществом ре- ализована модель, основанная на данных фор- мата ENDF.

#### Сведения о научных кадрах и ведущих специалистах НТО-2 и ННО-3

Среди сотрудников, занимавшихся в РФЯЦ – ВНИИТФ в разные годы математическим моде- лированием и развитием вычислительной техни- ки, 5 лауреатов Ленинской премии (Г. А. Михай- лов, А. А. Бунатян, А. И. Жуков, В. И. Легоньков, В. А. Сучков), 24 лауреата Государственной пре- мии СССР и РФ, 9 лауреатов премии Правитель- ства РФ, 4 заслуженных деятеля науки и техни- ки, 10 докторов и 73 кандидата наук, 4 профес- сора, 45 человек награждены орденами СССР и РФ, более 150 человек – медалями.

#### Заключение

В период становления института (1956– 1963 гг.) академиком Н. Н. Яненко была создана сильная школа математиков – специалистов по математическому моделированию. В это вре- мя в РФЯЦ – ВНИИТФ были разработаны не имевшие аналогов в мире методы, позволившие с высокой точностью и экономичностью решать задачи механики сплошной среды, теплопро- водности, физики ядерного взрыва. Традиции этой школы сильны до сих пор.

Высокий уровень специалистов института был основой создания оригинальных методов математического моделирования. Эти методы обеспечили высокую точность математическо- го моделирования, компенсировав отставание показателей отечественных ЭВМ от характе- ристик зарубежных ЭВМ по быстродействию и объемам оперативной памяти.



В настоящее время во ВНИИТФ для математического моделирования используются прикладные комплексы программ, позволяющие вести расчеты в одномерной, двумерной и трехмерной постановке. Значительно расширился перечень физических процессов, учитываемых в расчетах. Реализованы методики расчета широкого класса задач механики сплошной среды с учетом упругопластических свойств материалов, расчета течений с большими деформациями сдвигового характера. Разработаны модели детонации, в том числе и двумерной, алгоритмы модулей расчета взаимодействия границ в системах со сложной геометрией, расчета скольжения границ и закрытия вакуумных зазоров. Созданы модели и соответствующие программы, дающие возможность решения уравнения переноса совместно с расчетом уравнений движения теплопроводного газа и моделирования быстрых заряженных частиц.

Среди работ, ведущихся в отделении по свойствам веществ, есть существенное продвижение в области теоретических моделей уравнений состояния твердого тела. Проведение необходимых для этого расчетов стало возможным только благодаря наличию современной мощной вычислительной техники. Имеются значительные достижения в создании прикладных уравнений состояния, в том числе описывающих неравновесные фазовые переходы. Создано многофазное уравнение состояния железа. Получены новые результаты по созданию уравнений состояния взрывчатых веществ. Целое направление образуют работы по созданию алгоритмов параллельной архитектуры для расчетов на мультипроцессорных ЭВМ.

Все годы существования математического отделения его коллектив соблюдал и развивал традиции, заложенные первыми поколениями. Специалисты по вычислительной технике, математики, программисты и сотрудники всех технических отделов работали в единой связке, решая главную задачу: обеспечение расчетов

ЯЗ на существующей технике с надежностью и точностью, позволяющими поддержать паритет с США в ядерном оружии.

#### *Газодинамическая отработка*

**Газодинамическая отработка как средство физического моделирования взрывных процессов в ядерном заряде**

В комплексе работ института по созданию образцов ядерных зарядов важная роль отводится изучению закономерностей поведения ЯЗ на газодинамической стадии их работы, непосредственно предшествующей ядерному взрыву заряда. Газодинамическая отработка проводится в экспериментах на макетах и их фрагментах с применением современных методов измерений взрывных процессов и в соответствии с тактико-техническими требованиями и теоретическими расчетами работы ЯЗ. Физическое моделирование (экспериментальное изучение) стало возможным благодаря следующим факторам. Во-первых, взрывчатая часть конструкции может быть полностью идентичной конструкции ЯЗ – нет ограничений на использование в них одинакового химического ВВ. Во-вторых, часть конструктивных материалов также может войти в макет в натуральном виде. В-третьих, делящиеся материалы заменяются инертными с близкими ударно-волновыми свойствами при известных законах пересчета результатов на делящийся материал. Использование массогеометрического подобия систем и адекватная замена материалов расширяют исследовательские возможности и повышают экологическую безопасность работ.

На газодинамической стадии последовательно реализуются несколько высокоскоростных процессов различной физической природы: взрыв химического ВВ, ускорение и высокоскоростное движение элементов ЯЗ, ударно-изэнтропические процессы в деталях из делящихся материалов. Итогом этих процессов является





создание компактной массы делящихся материалов, способной к ядерному превращению. В обеспечение надежного функционирования схемы ЯЗ разрабатываются и исследуются соответствующие узлы, которые обязаны удовлетворять требованиям физической схемы заряда. Их разработка, исследование и испытание составляют суть газодинамической отработки. Главными направлениями газодинамической отработки зарядов являются:

- < разработка адекватных моделей для исследования газодинамической стадии работы ядерных зарядов;
- < исследование газодинамических характеристик на макетах ЯЗ;
- < исследование безопасности зарядов при эксплуатации и в аварийных ситуациях;
- < создание взрывчатых составов с требуемыми свойствами и внедрение их в конструкции ЯЗ;
- < изучение динамических свойств специальных материалов;
- < создание современных аттестованных методических комплексов;
- < авторское сопровождение и контроль серийной продукции по газодинамическим характеристикам.

Задачи в этих направлениях решает структурное подразделение института – отделение экспериментальной газодинамики.

#### Газодинамические параметры и инструментарий газодинамической отработки

К газодинамическим параметрам, регистрируемым в процессе испытаний, относятся: время работы системы инициирования взрыва химического ВВ, длительность детонационных процессов, скорость элементов конструкции и их форма на разные моменты времени, скорость ударных волн в материалах-имитаторах и их форма, время сохранения сплошности конструктивными элементами специального

назначения, степень сжатия материалов-имитаторов делящихся материалов. В задачу газодинамической отработки входит регистрация указанных параметров и достижение расчетно-экспериментальным путем их оптимальных значений.

Газодинамическая отработка как метод физического моделирования основана на экспериментах, в которых участвуют две составляющие: объект испытания и средства диагностики. Основным объектом исследований является газодинамический блок, то есть конструкция, максимально воспроизводящая устройство ядерного заряда, но не содержащая делящихся материалов. Блоки могут быть натурных размеров (макеты) или измененные в соответствующем масштабе (модели). Они сохраняют основные черты ядерного заряда с тем, чтобы реализующиеся в них газодинамические процессы были адекватны натурным. Макеты дают представление о протекании газодинамических процессов от их начала до завершения. Кроме того, разрабатываются и испытываются во взрывных экспериментах отдельные узлы ЯЗ (например, система инициирования детонации).

Творческий вклад в разработку газодинамических блоков на начальном периоде внесли конструкторы Н. Н. Криулькин, И. В. Котко, В. Н. Козловский, В. И. Гарамов, Л. Ф. Лягин в тесном сотрудничестве с экспериментаторами. К настоящему времени имеется номенклатура типовых блоков, каждый из которых направлен на решение определенного комплекса газодинамических задач. Это отражается на форме и содержании блоков. Они могут представлять всю конструкцию или ее часть (три четверти, половину). Полноформатный блок предназначен, в частности, для диагностики рентгенографическими методами (в том числе разрабатываемым методом малоракурсной томографии) динамического взаимодействия элементов заряда, а также для получения информации на поздней стадии функционирования. Блоки, со-



ставляющие только часть конструкции, позволяют оснастить их внутренними измерительными вводами электроконтактного, оптического или лазерно-интерферометрического типа и регистрировать процессы на разных стадиях развития. Измерительные устройства занимают определенный объем и оказывают искажающее влияние на процессы в зоне ввода.

#### Системы инициирования детонации

В ряде ЯЗ высокие требования предъявляются по одновременности взрыва ВВ на всей его наружной поверхности и по гладкости фронта создаваемой детонационной волны. С этой целью создаются, исследуются и совершенствуются специальные системы инициирования детонации.

Иницирование взрывчатого вещества ЯЗ с максимальной одновременностью по всей поверхности осуществляется устройством, которое называется фокусирующей системой (ФС). Основным назначением всех фокусирующих систем ядерных зарядов, независимо от того, как они сконструированы, является преобразование расходящейся детонационной волны в сходящуюся. Такая детонационная волна, устремляясь к центру ЯЗ, будет существенно увеличивать плотность сжимаемого вещества, уменьшать пробеги нейтронов и создавать критическую массу делящегося материала. Первые фокусирующие системы (в США и у нас) составлялись из отдельных элементов. Они состояли из набора взрывчатых веществ с разной скоростью детонации для выравнивания детонационного фронта, выходящего на сферический заряд ВВ. Каждый из этих элементов имел сложную форму и громоздкие габариты.

В ходе напряженного творческого труда специалистов фокусирующая система за десятилетия претерпела значительную эволюцию в сторону уменьшения габаритов и повышения энергетической эффективности. Фокусирующий пояс в современных фокусирующих системах

доведен до минимальной толщины с высоким уровнем эффективности. Если проследить линию развития фокусирующих систем, то начало ее – это 1949 г., когда была создана баротоловая линзовая система. По современным оценкам ее эффективность составляет менее половины от теоретически возможной мощности инициирования. Уже к 1950 г. эффективность линзовой ФС была увеличена на 35% за счет перехода к «металлическим» линзам существенно меньшей толщины. В последующих поколениях фокусирующих систем уменьшалась их толщина и росла эффективность, которая в современных системах всего на 2% ниже реального предела, определяемого таким параметром ВВ основного заряда, как поверхностная плотность энергии инициирования. При этом объем системы уменьшился в 20 раз, а ее масса – в 40 раз.

Отдельную проблему составила необходимость инициирования низкочувствительного, пожаровзрывобезопасного ВВ. Она решалась газодинамиками в течение ряда лет и успешно завершилась созданием надежных конструкций инициаторов детонации.

Определяющий вклад в разработку фокусирующих систем внесли газодинамики А. А. Волкова, В. В. Даниленко, В. И. Андрияшин, В. И. Таржанов, В. И. Елин, Ю. М. Пачурин, П. П. Лысенко, В. Е. Котин, Н. И. Куракин, Н. П. Козерук, В. И. Сдобнов, А. Д. Зинченко, А. К. Музыря и другие сотрудники вместе со специалистами конструкторского отделения КБ-1 института.

#### Разработка взрывчатых составов

Первичным источником энергии, обеспечивающим динамику системы, является бризантное взрывчатое вещество (ВВ). Взрывчатый состав для военной техники, в том числе для ЯЗ, должен обладать максимально возможной металлической способностью, быть достаточно технологичным, прочным в широком температурном диапазоне, термостойким (стойким к температурным перепадам), физически и химически



стабильным, безопасным при переработке в детали, а также при эксплуатации последних в ЯЗ. Взрывчатое вещество в конструкции ядерного заряда решает задачу по ускорению и сжатию элементов заряда с целью создания компактной массы делящегося материала.

Основания первых отечественных ЯЗ изготавливались из литьевого состава, состоящего из гексогена и тротила (ТГ). Состав имел невысокую метательную способность, низкую прочность и термочувствительность. Необходимость его замены на более совершенную композицию была очевидной. В начале 1950-х годов для применения в обычных боеприпасах был создан термопластичный состав, состоящий в основном из гексогена и связки из взрывчатого вещества. Этот состав превзошел ТГ по метательной способности на несколько процентов и весьма значительно по прочности и термочувствительности. Применение состава способствовало созданию ряда высокоэффективных ЯЗ с повышенными эксплуатационными характеристиками. Тем не менее требовались взрывчатые составы с еще более высокими характеристиками.

В конце 1950-х годов была поставлена задача дальнейшего увеличения метательной способности. Ведущей организацией в решении этой задачи был назначен ВНИИТФ. Вначале была обоснована целесообразность замены гексогена на более мощный ВВ – октоген. Дальнейшие научно-исследовательские работы велись по линии оптимизации содержания компонент при сохранении той же взрывчатой связки, что и в первом составе. Окончательно рецептура нового состава была определена на основе экспериментального исследования ряда предварительных лабораторных композиций. Новый состав содержал значительно большее количество октогена. Совместно с рядом привлеченных организаций было организовано промышленное производство октогена, а затем и состава на его основе, разработана и освоена технология изготовления деталей из него.

На завершающей стадии стало ясно, что применение состава приводит к некоторым ограничениям по условиям эксплуатации ЯЗ. Необходимо было значительно увеличить прочность и термочувствительность без потери в метательной способности. Б. В. Литвиновым было предложено решить эту задачу путем армирования состава, который был передан в серийное производство, технология изготовления деталей из него освоена серийным предприятием. Он является первым отечественным армированным составом для оснований ЯЗ с весьма высоким уровнем физико-механических характеристик и метательной способности.

Но из-за недостаточной химической стойкости взрывчатой связки имелись существенные ограничения по допустимому температурно-временному диапазону эксплуатации. Необходимо было разработать более термостойкий и физически стабильный взрывчатый состав. Ведущая по этой проблеме организация ВНИИЭФ совместно с одной из привлеченных организаций предложила композицию из октогена и термостойкого фторорганического полимера. Исследования состава показали его высокую термостойкость, но явно недостаточные прочность и термочувствительность. На основании лабораторных исследований специалистами нашего института было предложено устранить отмеченные недостатки путем армирования состава небольшим количеством коротких волокон. Комплексные исследования во ВНИИТФ и ВНИИЭФ показали, что состав обладает повышенной прочностью и термочувствительностью при сохранении газодинамических характеристик на уровне предыдущего состава.

Несмотря на многие достоинства, описанные составы не позволяли разрабатывать ЯЗ, которые выдерживали бы особо высокие динамические перегрузки. Для этой цели необходимы были специальные, стойкие к удару составы. Ведущей организацией в решении этой задачи являлся ВНИИТФ. В процессе ее реализации



стремились добиться высокой деформационной способности состава с тем, чтобы деталь при ударе в значительной мере поглощала энергию воздействия. Это и было достигнуто с помощью применения специальной связки, состоящей из двух фторполимеров. В качестве наполнителя был принят октоген, хорошо зарекомендовавший себя в предыдущих составах. Разработанный состав прошел всесторонние исследования во ВНИИТФ и ВНИИЭФ. Было показано, что по метательной способности он несколько уступает предыдущему составу, по показателям безопасности находится на том же уровне, но превосходит по ударостойкости в несколько раз.

Все упомянутые выше составы содержат взрывчатый наполнитель – октоген, который имеет относительно высокую чувствительность к внешним воздействиям. Поэтому для обеспечения безопасности ЯЗ в отдельных случаях приходится защищать их от аварийных воздействий. Однако наиболее эффективным способом повышения пожаровзрывобезопасности является применение достаточно нечувствительного состава, что может «внутренне» (без применения внешних мер) повысить безопасность ЯЗ на всех стадиях его жизненного цикла. Задача создания такого состава была решена коллективами ряда организаций при ведущей роли ВНИИТФ.

Определяющий вклад в создание взрывчатых составов для ядерных зарядов внесли следующие сотрудники ВНИИТФ: Б. В. Литвинов, Е. А. Феоктистова, Б. Г. Лобойко, И. В. Санин, А. В. Бородулин, П. И. Коблов, Н. А. Смирнов, П. К. Панов, В. П. Филин, А. А. Денисенко, Л. И. Филатов, А. В. Вершинин, А. Н. Аверин, О. В. Костицын, Н. П. Тайбинов, Ю. П. Захаров, А. В. Васильев, В. Н. Низамов, А. Ф. Васильев, Н. И. Подкорытов, В. П. Нечаев, С. А. Юхтанов, В. В. Шапошников, Х. Р. Соколова, Э. В. Стефанов и ряд других специалистов и руководителей ВНИИТФ.

#### Газодинамика макетов ядерных зарядов

Система «взрывчатое вещество – ядерный материал» на газодинамическом этапе призвана создавать соответствующие динамические условия для решения задачи по образованию компактной массы делящегося вещества и оптимально подготовить ее к последующей ядерно-физической стадии. Эта задача высокоскоростной механики сплошной среды в своем решении должна учитывать особенности, которые заключаются в высоких значениях кинематических и термодинамических параметров (скорость движения элементов, скорость распространения ударных волн в материале, скорость деформирования, давление, температура, плотность энергии веществ).

Институт разработал ряд классов и типов ЯЗ, включая заряды промышленного назначения. Значительно различаясь по физической схеме и конструкции, они обладают также большим разнообразием характера взрывных и ударно-изэнтропических процессов. Для всей совокупности конструкций сочетание расчетно-теоретических и экспериментальных методов позволяет достичь такого уровня газодинамических характеристик, который обеспечивает работоспособность физической схемы ядерного заряда.

Эффективное компактирование делящихся материалов зависит от степени симметризации движения элементов ЯЗ и параметров ударной волны в активных материалах. В свою очередь, это зависит от гладкости и симметричности детонационного фронта, а также от рационального конструирования. В отделении разработаны, изучены и применяются разнообразные приемы симметризации формы в макетах ЯЗ. В результате достигается сферичность систем с точностью до микросекунд и долей микросекунд. Эти достижения связаны с именами большого круга исследователей, в число которых вошли А. Д. Захаренков, В. К. Орлов, В. П. Ратников, Ю. А. Тимофеев, Ю. П. Львов, Е. Ф. Новосёлов, В. Н. Смирнов, А. П. Покаташкин, А. В. Найченко,



А. Н. Аверин, С. П. Комар, А. И. Погребов и многие другие.

Ускоряемые детонацией элементы ЯЗ должны обладать достаточной динамикой. Именно за счет высоких кинематических параметров системы обеспечивается второй важный показатель – максимальное сжатие вещества, достаточное для протекания ядерных реакций. Достижение требуемого уровня скоростей представляет собой задачу высокоскоростной механики. Ее экспериментальным решением занимались Л. Л. Лебедев, И. Г. Кабин, В. В. Овсяков, А. С. Хлебни, Н. П. Пурыгин, В. П. Крупникова, Н. Д. Матушкин, В. И. Беляков, Е. А. Козлов, Е. В. Шорохов, А. К. Музыря, а также молодые исследователи Д. Ю. Киселёв, С. М. Долгих, В. А. Секретарчук и другие. Прецизионные измерительные узлы для таких экспериментов с газодинамическими блоками собирали на высоком техническом уровне Л. И. Алексеев, М. А. Алексеев, А. Д. Марухин, В. Ф. Казакевич, В. В. Мурдасов, М. О. Банников, Д. М. Горбачёв. В испытании блоков с высокой точностью определяются интервалы времени, характеризующие диаграмму движения элементов заряда и распространения ударной волны в его материалах. Эволюция параметров симметрии и динамики экспериментально прослеживается во времени и пространстве на всем пути движения от начального радиуса до схождения к малым размерам.

При создании конструкций на другом принципе динамические характеристики исследовали М. М. Русаков, С. Г. Шпак, Г. В. Денисов, М. А. Лебедев, А. К. Музыря.

Будучи подвержена резким сжатиям и растяжениям, система не может оставаться целой в течение длительного времени и в итоге взрыва разрушается. Однако, работая как ядерное устройство, система в ходе газодинамических процессов должна сохранять до определенного момента сплошность элементов, ответственных за интенсивность направленного излучения. Эта

задача также решается специалистами-газодинамиками с применением мощной рентгенографической техники (Л. Н. Борисов, В. А. Кудинов, В. Е. Черемазов). С помощью этой техники на протяжении многих лет ведутся также исследования по определению степени сжатия имитаторов делящегося материала к моменту, соответствующему началу ядерной реакции (И. В. Санин, Л. Е. Полянский, Б. Л. Стрижов, В. П. Пресняков, В. И. Попов, Г. Я. Анищенко, С. П. Антипинский, В. П. Ратников, А. И. Корягин, Г. В. Злыгостев, В. Г. Исраэльян, В. А. Сибилев и другие).

Параметры нейтронных потоков от специальных индикаторов, их интенсивность и временные характеристики, связь с показателями симметрии и динамики также являются предметом газодинамической отработки в процессе создания ядерного заряда и контроля серийной продукции. Это направление развивалось при активном участии И. В. Санина, С. В. Самылова, Е. С. Антоновича, В. П. Болтнева, А. С. Булатовой, Н. И. Безсонного, В. А. Огаркова, В. И. Котко, А. П. Калининченка, В. И. Новикова, а также молодых сотрудников – А. В. Менглиева, Е. И. Чухаева.

В начале 1970-х годов применительно к разработке ядерных зарядов создано положение, когда классические знания о динамических свойствах делящихся материалов и результаты газодинамических макетных исследований оказались недостаточными для глубокого понимания поведения натуральных конструкций. Необходимы были соответствующие опыты с конструкциями, максимально приближенными к натурным изделиям по составу материалов. Такие опыты проводятся с 1975 г. Особенностью опытов является применение в конструкции натуральных материалов. Измеренные в них газодинамические характеристики позволяют исключить ряд поправок, характерных для опытов с макетными блоками. Конструкторы отделения под руководством В. И. Гарамова, решив ряд сложных проблем, разработали конструкцию новых газодинамических блоков с натурными



материалами (Л. Г. Черников, В. А. Заболотский, В. И. Ягодников, А. И. Матвеев, Л. А. Иванова, В. П. Воеводин, В. И. Махров, молодые разработчики И. А. Кожевников, В. И. Абрамов и другие). Первые опыты были проведены на внешнем полигоне под руководством Л. Л. Лебедева группой, в состав которой входили В. Н. Смирнов, А. П. Покаташкин, И. Г. Кабин и другие сотрудники. В последующие годы такие работы получили широкое развитие под руководством И. В. Санина, С. В. Самылова, А. Н. Аверина, С. П. Антипинского, Н. П. Пурыгина. В них принимала участие большая группа специалистов-газодинамиков (Е. В. Шорохов, Н. Д. Матушкин, В. И. Беляков, Е. А. Козлов, А. Ю. Гармашев, А. К. Музыря и другие), а также прибористы под руководством П. Н. Загородниока, В. В. Малева, А. Н. Карженкова.

Наряду с исследованиями конструкций выполнен цикл динамических исследований, посвященных проблемам старения делящихся материалов и дрейфа технологий. Применялись как давно известные методики диагностики процессов (фотохронография, встроенные датчики), так и новейшие – лазерно-интерферометрические. Напряженной работой последних десятилетий институтом достигнут мировой уровень в применении лазерно-интерферометрических методик. В практику газодинамических исследований внедряются комплексы, работающие по схемам Фабри-Перо, VISAR, ORVIS, PDV. Определяющий вклад в эти исследования внесли Е. А. Козлов, В. И. Таржанов, И. В. Теличко, О. В. Ткачев, В. Г. Вильданов, С. А. Бричков, Д. Г. Панкратов, А. О. Боршевский, Д. Т. Юсупов, а также молодые специалисты Д. С. Боярников, Д. Т. Кучко, М. А. Ральников.

#### Развитие методов регистрации

Институт обладает мощной экспериментальной базой для газодинамических исследований и испытаний. В составе газодинамического отделения функционирует уникальный полигон

института, имеется возможность проводить взрывные эксперименты различного масштаба (от граммов до тонны ВВ), в том числе с ограниченными количествами радиоактивных и токсичных веществ. Полигон имеет развитую инфраструктуру, оснащен современными средствами диагностики быстропротекающих процессов. Его бесперебойную работу обеспечивали руководители отдела полигонов Н. С. Повышев, Л. Я. Ананьев, Ю. П. Львов и позже В. А. Рыгалов, В. Г. Заболотников, В. В. Медведенко, А. А. Окулов, В. И. Вельтищев, А. И. Шкатуло, а также весь коллектив специалистов и рабочих отдела. Измерительные комплексы, размещенные на полигоне, содержат в своем составе высокоскоростную оптическую аппаратуру, импульсную рентгенографию, электрические, лазерные, нейтронные и другие методики регистрации взрывных и ударно-волновых явлений.

В процессе функционирования ядерного заряда элементы конструкции и входящие в их состав материалы находятся в нестационарном состоянии, которое характеризуется высокими термодинамическими и механическими показателями: импульсное давление до метабарных величин, скорости деформирования до  $10^7 \text{ с}^{-1}$ , скорости объектов  $\sim 10 \text{ км/с}$ . Экспериментальное исследование таких состояний сопряжено с необходимостью регистрации коротких интервалов времени на малых пространственных базах, измерения высоких кинематических и динамических параметров. Для этого требуются соответствующие диагностические средства.

Шестьдесят лет назад, к моменту образования нового института, исследования взрывных процессов с привлечением специализированных средств диагностики позволили решить ряд прикладных задач в интересах разработки ЯЗ. В дальнейшем, по мере расширения и усложнения проблем ударно-волновой механики и физики взрыва параллельно с их решением шло совершенствование диагностики. История развития измерительной техники, создания



методик регистрации для широкого спектра научных и технических задач представляет собой значительную страницу истории института и его газодинамического отделения.

Отметим некоторые тенденции в многолетнем развитии измерительных систем и методик. Углубление в тонкие детали взрывных явлений требовало создания новых приборов, повышения их точности и пространственно-временного разрешения, расширения номенклатуры методик. Развитие шло также по пути сочетания специализации и универсализации. Отдельные приборы объединялись в измерительные комплексы, увеличивалось число методик, одновременно участвующих во взрывном опыте. Совместное применение методик расширяло объем получаемой информации, придавало ей новое качество. Так, метод РСД (рентген – симметрия – динамика) объединял три самостоятельные методики в одну. Примечательно, что на начальных этапах многие приборы и системы создавались в недрах исследовательских групп руками умельцев высокого профессионального уровня. В дальнейшем усиливалась доля серийных приборов в разрабатываемых и применяемых методиках.

Трехмерность, сложность исследуемых конструкций определили необходимость диагностики в большом количестве точек. Развитие неуклонно шло по наращиванию числа регистрирующих каналов, которое к настоящему времени выросло до нескольких сотен. С применением уникального комплекса «Кондор» (разработка ВНИИТФ) в одном из опытов было зарегистрировано 600 интервалов времени. К настоящему времени объем получаемой информации в одном опыте достигает нескольких тысяч интервалов времени.

С учетом потребностей внедрялись и совершенствовались оба типа измерений – дискретная регистрация величин (например, интервалов времени) и аналоговая запись развития процессов во времени. Качественные изменения в методиках произошли при внедрении совре-

менных цифровых регистраторов и компьютерной техники.

Значительный вклад в создание и разработку методов внесли: А. Д. Захаренков, И. В. Санин, Е. А. Феохтистова, К. К. Крупников, Л. П. Волков, К. В. Волков, В. В. Шапошников, Л. Л. Лебедев, Л. Е. Полянский, В. Н. Козловский, В. В. Даниленко, В. И. Таржанов, В. И. Андрюшин, В. И. Попов, О. Ф. Булаев, С. П. Антипинский, В. Н. Повышев, А. К. Музыря, П. Н. Загороднюк и многие другие.

Проводимое в настоящее время при активном участии молодых руководителей: В. В. Крыжановского, А. В. Лебедева, А. Е. Макарова – техническое перевооружение экспериментальной и аппаратурно-исследовательской газодинамической базы направлено на замену устаревшей аппаратуры и оборудования. Разработка нового поколения приборных комплексов вызвана стремлением проводить газодинамическую отработку ядерных зарядов на современном уровне. Требуется повысить точность измерений и увеличить объем снимаемой информации за счет применения цифровой техники, совершенствовать автоматизацию процесса получения и обработки информации.

По заказу института и при творческом участии газодинамиков в НИИ импульсной техники разработан опытный образец нового комплекса для контроля разновременности фокусирующей системы. Принцип его работы основан на регистрации световых импульсов на приборе с зарядовой связью (ПЗС-матрица) вместо фотопленки в старом варианте методики. Современные цифровые устройства позволяют автоматизировать измерения и обработку полученной информации.

Развитие рентгеновской методики идет путем совершенствования трех ее составляющих: источников излучения, системы регистрации, обработки изображения.

1. Использование новых источников излучения. В качестве таковых рассматриваются бетатронная установка циклического действия



на базе БИМ 234. 3000М, линейный индукционный ускоритель ЛИУ-20, ускоритель прямого действия ИГУР-3,5.

Совокупность комплексов и установок позволяет получать экспериментальную информацию как для подтверждения работоспособности ЯЗ, так и для дальнейшего совершенствования методов математического моделирования динамики исследуемых процессов (В. Н. Повышев, О. А. Никитин, С. Н. Аверьякин, молодые руководители и специалисты П. А. Колесников, Д. С. Смирнов, М. Ю. Столбиков, В. В. Зырянов).

2. Применение высокочувствительного регистратора. Одним из способов совершенствования средств регистрации рентгеновского изображения является использование электронно-оптических регистраторов. Высокочувствительный канал регистрации разработки физического отделения превышает чувствительность традиционной схемы регистрации на основе рентгеновской пленки примерно в сто раз и обладает возможностью регистрировать до трех импульсов в одном эксперименте.

3. Совершенствование процедуры обработки изображения. В обеспечение максимального извлечения полезной информации математиками создается соответствующее программное обеспечение в виде комплекта программ для обработки рентгенограмм и фотохронограмм. В частности, это относится к микроракурсной томографии. Институтом издана монография «Информация в импульсной рентгенографии» одного из крупнейших специалистов в области рентгенографии быстротекающих процессов В. Н. Козловского. Его ученики и последователи (М. В. Захаров, В. И. Ставрицкий, В. В. Смирнов, П. С. Базаров) продолжают развивать направление.

Уже упоминавшиеся лазерно-интерферометрические комплексы при высоком временном разрешении (до 10 нс) и разрешении по скорости (до 1%) обеспечивают исследование сложных

волновых структур в материалах с получением данных по динамическому упруговязкопластическому деформированию, полиморфным и фазовым превращениям, откольным явлениям при взрывном нагружении.

#### Научно-технические связи

Проводя газодинамическую обработку зарядов в лабораторных условиях, на внутреннем и внешнем полигонах, газодинамики тесно взаимодействуют с теоретическим и физико-математическим отделениями, а также с отделением вычислительной математикой, с отделением конструирования ЯЗ, отделением внешних испытаний, технологическим отделением, научно-исследовательским испытательным комплексом. Государственные заводы № 1 и № 2 изготавливают основной объект испытаний – газодинамический блок, и от качества его изготовления, степени реализации в металле заложенных в конструкцию идей зависят результаты взрывных испытаний. Физико-экспериментальное отделение института, способствуя техническому перевооружению экспериментальной газодинамической базы, разрабатывает ряд установок для изучения взрывных процессов.

Газодинамические испытания – сложный технологический процесс, регламентированный целым рядом документов. Испытания направлены на получение запланированной информации о взрывных и ударно-волновых явлениях при неукопнительном обеспечении безопасности работ. На это нацелена деятельность ряда обеспечивающих служб института.

Тесные профессиональные контакты существуют между двумя российскими федеральными ядерными центрами – ВНИИТФ и ВНИИЭФ. Специалисты-газодинамики двух институтов являются неперенными участниками взаимных экспертных комиссий по проектам разрабатываемых изделий. Традиционные газодинамические конференции двух институтов, проводимые один раз в два года, являются местом





подробного обсуждения вопросов газодинамики. Они успешно существуют несколько десятилетий (в 2013 г. прошла очередная, 23-я конференция). Зародились они по инициативе двух начальников газодинамических отделений – И. В. Санина (ВНИИТФ) и Л. М. Тимонина (ВНИИЭФ) и ставили целью суммирование итогов по тематике разработки ЯЗ. В круг обсуждаемых вопросов входят проблемы газодинамики современных ЯЗ, результаты изучения взрывных и ударно-волновых процессов, динамических свойств и уравнений состояния конструкционных материалов, новейшие достижения в методических разработках.

На всех этапах существования ядерный заряд сопровождается контролем его газодинамических характеристик. На этой основе установились прочные связи с серийными предприятиями – Приборостроительным заводом (г. Трёхгорный) и комбинатом «Электрохимприбор» (г. Лесной). По разработке взрывчатых составов существуют также многочисленные связи с научно-производственными организациями.

По открытой тематике (в частности, по разработке и внедрению новых методов исследований) газодинамика контактирует с институтами РАН, с ее Уральским и Сибирским отделениями.



Лауреаты премий последних лет с руководством газодинамического отделения:

*Первый ряд, слева направо:* Е. Б. Смирнов, Д. А. Грибанов, Р. Н. Канунников, А. В. Манельев, А. Е. Кискин, М. Ю. Столбиков, В. Г. Поляев, А. И. Ахметзянов, А. Ю. Симонов, В. А. Секретарчук;  
*второй ряд:* К. М. Просвирнин, В. Н. Повышев, С. П. Комар, О. В. Костицын, А. К. Музыра, А. Ю. Гармашев, В. В. Крайновский, А. Е. Макаров, А. В. Лебедев, Д. В. Фролов, Д. Ю. Киселев



### Научные кадры отделения

Уровень научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных в интересах создания ядерного оружия и развития физики высоких плотностей энергии, получил общественное признание. За трудовой вклад десятки сотрудников награждены орденами и медалями, отмечены почетными грамотами и благодарностями.

В отделении работали 8 лауреатов Ленинской премии; Государственной премией отмечены 20 сотрудников; лауреатами премии Правительства РФ стали 10 сотрудников.

76 сотрудников защитили кандидатские диссертации, 13 научных работников стали докторами наук; четырем докторам наук присвоено ученое звание профессора.

Лауреатами престижных премий имени выдающихся ученых, работавших в институте, стали 22 молодых исследователя газодинамического отделения. Премий Госкорпорации «Росатом» удостоены 3 молодых газодинамика и их непосредственные руководители.

### Задачи на перспективу

Физическое моделирование взрывных процессов остается важной составляющей в разработке ЯЗ и поддержании ядерного боезапаса. В современных условиях, при отсутствии натуральных ядерных испытаний, не только отработка новых конструкций ЯЗ, но также обоснование работоспособности серийно изготавливаемых и находящихся в эксплуатации ЯЗ требуют проведения всесторонних газодинамических испытаний. Прошли десятилетия со времени создания ядерных зарядов первых поколений. Перед разработчиками встали новые проблемы, связанные со старением материалов и конструкций, с продлением гарантированных сроков годности ЯЗ. С течением времени происходит дрейф критических технологий, что также требует экспериментального газодинамического контроля. Интенсивно развиваются численные методы газоди-

намники ЯЗ, для которых необходимы взрывные эксперименты в качестве калибровочного материала. Особенно ценен такой материал в двумерной и еще более – в трехмерной геометрии. Создаваемые модели поведения материалов и конструкций во многом базируются на газодинамическом эксперименте. Таким образом, он остается существенным, незаменимым элементом в процессе разработки ЯЗ.

### Заключение

Газодинамические исследования, проводившиеся в институте, во многом были первопродческими. Результатами деятельности института при существенном вкладе газодинамиков стало создание рекордных по различным показателям зарядов для артиллерийских систем, для тактических и стратегических боеприпасов, для зарядов промышленного применения.

### *Экспериментальное моделирование процессов, происходящих при ядерном взрыве, и физические измерения*

В процессе разработки ядерных зарядов и ядерных боеприпасов большое, а подчас и определяющее значение имеют исследования критических характеристик деталей, узлов и изделий в сборе в условиях воздействия на них различных внешних факторов, реализующихся при изготовлении, хранении, эксплуатации и применении. Часть таких исследований можно провести в лабораторных условиях на установках, воспроизводящих, моделирующих или имитирующих подобные воздействия.

При проведении натуральных испытаний ядерных зарядов необходимо измерять параметры происходящих ядерно-взрывных процессов и характеристик фактически реализующихся поражающих факторов. Для этого служат методики и соответствующая аппаратура так называемых физических измерений.

Работы по созданию и эксплуатации физических моделирующих установок, по разработке



и применениям методов и аппаратуры физических измерений сосредоточены в отделении экспериментальной физики ВНИИТФ, которое является самостоятельным структурным подразделением со времени создания института в 1955 г.

Главная задача отделения – экспериментальное изучение процессов, происходящих при ядерном взрыве, и моделирование этих процессов с помощью установок, реализующих высокие плотности энергии в лабораторных условиях. Эта задача была сформулирована при создании института и отделения и сохраняет свое значение в настоящее время.

При создании НИИ-1011 были утверждены его структура и руководящие работники института, в том числе заместитель научного руководителя, начальник физико-экспериментального (физического) сектора № 5 Виктор Юлианович Гаврилов. Затем начальниками отделения работали И. С. Погребов (1958–1960 гг., 1979–1988 гг.), Ю. А. Зысин (1960–1978 гг.), В. Г. Рухавишников (1988 г.), В. Б. Крючков (1989–1994 гг.), Н. П. Волошин (1994–1996 гг.), Э. П. Магда (1996–2008 гг.), А. В. Лукин (2008–2014 гг.); с 2014 года начальником НИО-5 работает А. В. Бочков.

С развитием отделения расширялась тематика исследований, парк моделирующих физических установок, росла численность отделения и оснащение его лабораторной и материальной базы. В настоящее время отделение имеет большое число зданий и сооружений, расположенных на отдельной производственной площадке. Численность отделения к 2015 г. составила около 750 человек, а в 1955 г. отделение начиналось с 96 человек: 62 – из расформированной лаборатории «Б», 25 – из КБ-11 и 9 – из Гидротехнической лаборатории (будущий ОИЯИ, г. Дубна).

В начальный период создания НИИ-1011 в стране не изготавливались установки и приборы, необходимые для проводившихся в институте физических исследований ввиду их специ-

фичности и уникальности. Поэтому основной задачей физического отделения в те годы были разработка и создание собственными силами ядерно-физических установки и приборов, необходимых как для регистрации параметров ядерного взрыва при испытании ядерных зарядов, так и для моделирования излучений ядерного взрыва и изучения взаимодействия гамма-, нейтронного и рентгеновского излучений с материалами, входящими в конструкцию ядерных боеприпасов и других средств вооружений и военной техники. Первоочередной работой в этом направлении было создание физического котла на быстрых нейтронах (ФКБН) и генератора, производящего нейтроны с энергией 14 МэВ. Другая важная работа того времени состояла в обеспечении радиохимических методик определения энергии ЯВ при воздушных испытаниях ЯЗ и развитие специальных технологий при работах с ураном, плутонием, тритием.

В процессе развития института перед сектором ставились новые всё более сложные задачи и зарождались новые направления исследований. К 1980-м годам прошлого столетия в отделении сформировались и активно развивались следующие направления научных исследований:

- < критмассовые измерения (ядерная безопасность, нейтронные константы);
- < генераторы нейтронов с энергией 14 МэВ и ядерно-физические исследования;
- < спецматериаловедение, работы с плутонием и тритием;
- < импульсные ядерные реакторы (источники нейтронов и гамма-квантов);
- < импульсные ускорители электронов (гамма-, электронное и рентгеновское излучения, электромагнитные поля);
- < радиационная стойкость элементов ЯЗ и РЗА;
- < физические измерения при ядерных испытаниях на полигонах;
- < моделирование механического действия подземных ядерных взрывов и процессов турбулентного перемешивания;



- < лазерные исследования;
- < мирное использование ядерной и термоядерной энергии.

Далее представлена основная информация по перечисленным направлениям исследований.

#### Критмассовые измерения

Для размещения ФКБН весной 1955 г. по техническому заданию В. Ю. Гаврилова было начато проектирование, а затем и строительство небольшого здания. Уже в марте 1958 г. на ФКБН были выполнены первые критмассовые эксперименты с имевшейся в институте сборкой. В конце 1958 г. с комбината «Маяк» была получена активная зона из высокообогащенного урана, и с этого времени на ФКБН начались систематические критмассовые и другие ядерно-физические эксперименты. Работы велись лабораторией Л. Б. Порецкого с привлечением лаборатории Б. А. Преденина.

Первый стенд для критмассовых измерений ФКБН проработал до 1969 г. практически без изменений. В 1969–1970 гг. в связи с перемещением в новое здание на новой производственной площадке он был существенно модернизирован. Новая установка ФКБН-М работала до 1999 г. Затем она была заменена на ФКБН-2, действующую поныне.

К 2005 г. на стендах ФКБН было выполнено большое число (несколько сотен) прецизионных критмассовых измерений (bench-mark-измерений) с системами, содержащими делящиеся материалы. Для ряда критических сборок выполнена международная экспертиза, и критические параметры вошли в соответствующие международные справочники.

С использованием стенда ФКБН проводились первые сборки активных зон всех импульсных реакторов типа БАРС, ЭБР и умножителя нейтронов РУН. Наряду с критическими экспериментами на стенде было выполнено большое число измерений спектральных характеристик нейтронных полей различных си-

стем, моделирующих фрагменты некоторых ядерных и термоядерных реакторов и их защиты. Были рассмотрены системы с чередующимися слоями из естественного урана, лития и водородосодержащих материалов, а также системы с источниками нейтронов с энергией 14 МэВ и нейтронов спектра деления (модели бланкетной зоны гибридного термоядерного реактора).

Основными участниками работ по критизмерениям в физическом секторе являлись следующие специалисты: Л. Б. Порецкий, И. С. Погребов, В. А. Терехин, В. Д. Пережогин, Ю. А. Соколов, Ю. П. Милованов, В. Н. Коннов, В. И. Гневшев, М. Г. Попов, А. В. Сериков, С. В. Бесов и другие.

#### Генераторы нейтронов с энергией 14 МэВ и ядерно-физические исследования

Другой работой в этом направлении было создание двух мощных статических нейтронных генераторов с выходом нейтронов с энергией 14 МэВ до  $10^{11}$ – $10^{12}$  в секунду. Такие потоки нейтронов необходимы для проведения в лабораторных условиях экспериментов по определению нейтронно-физических характеристик разрабатываемых термоядерных зарядов. В марте 1958 г. было завершено создание длиннофокусной нейтронной трубки с выходом таких нейтронов до  $10^{11}$   $\text{с}^{-1}$ , в июле 1958 г. вступила в строй короткофокусная нейтронная трубка с выходом нейтронов до  $5 \cdot 10^{11}$   $\text{с}^{-1}$ .

В период 1957–1968 гг. импульсные нейтронные генераторы, о которых говорилось выше, размещались в корпусах «Н» и «Ж» на площадке 21. После перебазирования физического отделения на новую производственную площадку генератор был построен в новом здании и в дальнейшем стал использоваться как для исследований взаимодействия нейтронов с энергией 14 МэВ с различными веществами, так и в целях нейтронной терапии онкозаболеваний.



Нейтронными генераторами занимались и продолжают их эксплуатацию А. И. Сауков, И. А. Украинский, В. И. Петров, Г. В. Мокичев, С. В. Кирюшкин, В. В. Намаконов и другие.

#### Спецматериаловедение, работы с ураном, плутонием и тритием

В процессе разработки ЯЗ и ЯБП часть исследований некоторых характеристик компонентов, узлов и сборок можно провести в лабораторных условиях на установках, воспроизводящих, моделирующих или имитирующих условия изготовления, хранения, транспортирования и применения изделий.

Ряд установок и комплексов исследовательского оборудования, позволяющий воспроизводить условия жизненного цикла узлов, содержащих делящиеся ( $U-235$ ,  $Pu-239$ ) и радиоактивные (Т) материалы размещен в комплексе зданий отдела 54 отделения экспериментальной физики. В этом комплексе проводятся работы, связанные:

- < с технологией изготовления деталей из спецматериалов;
- < обеспечением полигонных методик физических измерений;
- < исследованиями свойств спецматериалов при воздействиях, воспроизводящих реальные условия;
- < изготовлением тритиевых мишеней;
- < проблемами переработки плутония и отработавшего ядерного топлива реакторов на быстрых нейтронах.

Широкое развитие получило направление исследований свойств материалов, знание которых необходимо как для расчетно-теоретического моделирования работы ЯЗ, так и для их конструирования.

По этому направлению:

- < получены данные по теплофизическим свойствам и механическим характеристикам ДМ в условиях динамического нагружения, которые вошли в отраслевой справочник;

- < создана методика изучения процессов взаимодействия дейтерия и трития с конструкционными материалами методом водонепроницаемости и методика определения локализации трития методом электронно-микроскопической автордиографии;
- < разработана, утверждена руководством отрасли и реализуется комплексная программа «Материаловедение», объединяющая работы ученых и специалистов РФЯЦ – ВНИИГФ, Института физики металлов УрО РАН, Института теоретической и экспериментальной физики (Москва), Института физики высоких давлений (Троицк Московской области), НИИ атомных реакторов (Димитровград).

Комплекс зданий и отдел 54 играют в программе «Материаловедение» роль основной экспериментальной базы для изучения структуры и свойств ядерных и специальных неядерных материалов.

Разработка и изготовление тритиевых мишеней для нейтронных генераторов была и остается традиционной тематикой отдела. На начальном этапе это были цирконий-тритиевые «толстостенные» (толщина тритийсодержащего слоя 30–50 мкм) мишени на медной или серебряной подложке диаметром до 40 мм. В настоящее время созданы технология и оборудование для изготовления мишеней размерами до 250 мм, а также ведутся исследования по замене титана на более термостойкий сорбент.

Как известно, в существующих энергетических ядерных реакторах на урановом топливе нарабатывается плутоний. Проблема безопасного и рационального использования накопленных запасов плутония крайне актуальна. Переработка плутония и получение ядерного топлива могут быть осуществлены водными или неводными способами.

Водные технологии хорошо развиты на комбинатах-производителях оружейного плутония, а также на предприятиях по переработке об-



лученных тепловыделяющих элементов и изготовлению смешанного оксидного уран-плутониевого топлива (МОХ-топливо). Однако водные способы отличает многостадийность и большая длительность технологического цикла, а также громоздкость аппаратурного оформления. Альтернативу водной химии могут составить неводные способы переработки плутония – пирозлектрохимические и пирохимические технологии, основными достоинствами которых являются универсальность и минимизация объемов радиоактивных отходов.

Работы по пирохимии актинидов в НИО-5 были инициированы в 1993 г. К настоящему времени уже проведены эксперименты по переводу металлического плутония в диоксид плутония пирохимическим способом по различным схемам.

В работах по созданию и эксплуатации комплекса зданий, в исследованиях характеристик спецматериалов, разработке и внедрению в серию технологий, связанных с ДМ и РВ, в обеспечении методик полигонных физических измерений и работы моделирующих установок активное участие принимали: В. Г. Рукавишников, А. М. Зудихин, В. С. Безденежных, А. М. Лясота, Ю. Н. Зуев, В. Г. Субботин, Н. Н. Маркелов, А. Г. Цветохин, Ю. А. Кулинич, М. Т. Чинейкин, Р. М. Комаров, И. В. Пряхин, Н. А. Новосёлов, Н. А. Киселёв, А. Д. Акамсин, А. Н. Рахивненко, Л. Н. Лохтин и многие другие.

#### Импульсные ядерные реакторы

К концу 1950-х годов актуальной стала задача изучения стойкости состояния составных частей и изделий в целом при воздействии на них гамма-нейтронного излучения ядерного взрыва.

Для серьезного подхода к решению этой проблемы требовались систематические исследования в лабораторных условиях на моделирующих установках. Удобными лабораторными установками для этих целей могли стать им-

пульсные реакторы самогасящегося действия (ИРСД). В нашей стране подобных устройств не было. Поэтому еще в сентябре 1960 г. Ю. А. Зысин, только что назначенный на должность начальника физического сектора – заместителя научного руководителя института, предложил создать ИРСД с металлической активной зоной (АЗ). Руководителем этой работы был назначен И. С. Погребов.

В процессе обсуждения этого нового для коллектива физического сектора научного направления Н. Н. Неводничим было предложено параллельно создавать второй ИРСД с АЗ из замороженного раствора соли урана в обычной (легкой) воде. Такую АЗ можно было бы разместить внутри прочного корпуса, удерживающего раствор от разлета после импульса делений.

Выбор ИРСД с металлической АЗ из высокообогащенного урана был обусловлен тем, что только установки подобного типа могли обеспечить высокий темп ввода энергии в исследуемый образец при высоком флюенсе нейтронов, что позволяло в наилучшей степени имитировать условия облучения исследуемых объектов при ядерном взрыве. Этот реактор получил название БАРС-1 (быстрый аperiodический реактор самогасящийся). Второй ИРСД, названный позднее ЭЛИР (экспериментальный ледяной импульсный реактор), давал бы возможность получать большие удельные энерговыделения и более короткие импульсы, по сравнению с известными импульсными растворными реакторами. К расчетно-теоретическим, экспериментальным и конструкторским работам по созданию реакторов БАРС-1 и ЭЛИР были подключены сотрудники теоретического подразделения (Ю. А. Романов, В. И. Мужичкин, В. С. Любимов, Л. Б. Говорков) и физико-экспериментального отделения (И. С. Погребов, Н. Н. Неводничий, А. А. Снопков, Б. Г. Леваков, Ф. П. Крупин, А. И. Ушакова и др.).

Одновременно в лаборатории критмассовых измерений под руководством Л. Б. Порецкого на



стенде ФКБН со сферической активной зоной из высокообогащенного урана, приспособленном для работы сначала в статическом, а затем в импульсном режиме, проводились исследования физики импульсных реакторов. Именно на этой установке, названной ФКБН-И, в январе 1964 года была получена первая управляемая самогасящаяся нейтронная вспышка, а установка ФКБН-И по праву является первым импульсным реактором в России (и в Европе).

В январе 1964 г. реактор БАРС-1 был изготовлен и предъявлен комиссии по физическому пуску. Первый импульс на БАРС-1 был получен в апреле 1964 г. К августу 1964 г. все рекомендации комиссии по физическому пуску были выполнены и был утвержден акт по вводу реактора в постоянную эксплуатацию.

Создание реактора ЭЛИР шло заметно медленнее. Разработать морозильное устройство, которое при расположении его внутри корпуса АЗ обеспечивало бы постепенное и послойное намораживание порций раствора не удалось. Идея трансформировалась в предложение по созданию растворного импульсного реактора, способного работать в режимах как с жидкой, так и с замороженной АЗ.

В начале 1964 г. были завершены критмассовые измерения и в конце года состоялся первый пуск установки в статическом режиме на мощности ~1 кВт. Первые импульсы делений получены в феврале 1966 г. В том же году реактор ЭЛИР был введен в постоянную эксплуатацию.

После создания первых импульсных реакторов ФКБН-И, БАРС-1 и ЭЛИР, а также накопления опыта их эксплуатации, были сформулированы основные требования к ИРСД как лабораторным источникам гамма- и нейтронного излучения. От ИРСД в первую очередь требовалось обеспечение высокого и однородного флюенса нейтронов при его достаточно жестком энергетическом спектре в большом объеме для облучения образцов. Для некото-

рых экспериментов требовалась малая (менее 100 мкс) длительность нейтронного импульса. В этом направлении постоянно работали сформировавшиеся в 1968 г. коллективы трех лабораторий отдела импульсных ядерных реакторов физического сектора: Л. Б. Порецкого (ФКБН и ЭБР), И. С. Погребова (БАРС) и Н. Н. Неводничего (ЭЛИР), а также конструкторский отдел под руководством Ф. П. Крушина.

Реактор БАРС-1 в конце 1966 г. был передан в Центральный физико-технический институт МО (г. Сергиев Посад). Усовершенствованный по сравнению с БАРС-1 реактор БАРС-2 был введен в эксплуатацию в начале 1969 г. В декабре 1970 г. он был передан в только что созданный Межведомственный центр радиационных испытаний (г. Лыткарино).

Реактор БАРС-3 был запущен в 1972 г. в специализированных зданиях. Его конструкция, оставшись в целом типичной для реакторов БАРС, была усовершенствована. В результате удалось заметно увеличить параметры максимального импульса делений, упростить управление установкой и существенно снизить дозовые нагрузки на персонал и исследователей.

Дальнейшим шагом в решении проблемы радиационных испытаний стала разработка двухзонных реакторов БАРС-4 и БАРС-5. Успешному созданию двухзонных реакторов способствовали расчетно-теоретические работы по физике связанных импульсных реакторов, выполненные В. Ф. Колесовым (РФЯЦ – ВНИИЭФ, г. Саров) и А. В. Лукиным, а также экспериментальные исследования особенностей связанной двухзонной системы ЭБР-200М+РУС (реактор-умножитель связанный), проведенные Э. П. Магдой.

Для дальнейшего расширения возможностей реактора БАРС-5 по облучению протяженных блоков РЭА и образцов из делящихся материалов А. В. Лукиным в конце 1987 г. было предложено оснастить установку БАРС-5 реактор-



ным умножителем нейтронов (РУН). В феврале 1991 г. был завершён физический пуск облучательного комплекса БАРС-5+РУН-1 и началась его интенсивная эксплуатация. Позднее был создан и в 1994 г. введен в эксплуатацию комплекс БАРС-5+РУН-2, состоящий из двухзонного реактора БАРС-5 и дистанционно управляемого двухблочного умножителя нейтронов РУН-2.

В процессе экспериментальных исследований, выполненных в лаборатории Н. Н. Неводничего (позднее руководителями этой лаборатории были Н. В. Горин и Б. Г. Леваков) на реакторе ЭЛИР, было выяснено, что чувствительность растворных реакторов к загрузке образцов в центральный экспериментальный канал довольно мала. Этот вывод послужил основой для предложения по созданию нового растворного реактора с большой полостью для облучаемых образцов и большим флюенсом нейтронов в ней. Предлагаемый реактор получил название ИГРИК (импульсный гомогенный реактор испытательного комплекса). Этот реактор функционировал до 2002 г. и интенсивно использовался в качестве источника гамма- и нейтронного излучения для разнообразных ядерно-физических исследований.

Следующей разработкой стал ЯГУАР (ядерный гомогенный урановый аperiodический реактор), который был сдан в эксплуатацию в апреле 1990 г.

Таким образом, до настоящего времени в РФЯЦ – ВНИИТФ было создано три уникальных растворных импульсных реактора: ЭЛИР с АЗ, часть которой состояла из замороженного раствора; ИГРИК с большой центральной полостью; ЯГУАР, активная зона которого во время импульса разлетается в вертикальном и горизонтальном направлениях. На этих реакторах был проведен большой объем экспериментальных исследований различных режимов работы, отработаны конструкторские и технологические решения, созданы расчетные

модели динамики, и, главное, проведены исследования стойкости узлов и элементов автоматики.

Начиная с 1963 г., на стенде ФКБН-М был исследован ряд критическихборок, состоящих из АЗ с большими центральными полостями и различными отражающими оболочками: ЭБР-107, ЭБР-110, ЭБР-120, ЭБР-135, ЭБР-200. Сферически-симметричная сборка с центральной полостью диаметром 10,7 см и медным отражателем являлась первичной базовой моделью. На основе этой модели был создан и в течение нескольких лет успешно эксплуатировался импульсно-статический реактор ЭБР-107.

В 1965 г. Л. В. Порецким была предложена конструкция АЗ, воплощенная затем в реакторе ЭБР-200. Удачная конструкция этого реактора позволила применить его для нового класса работ – исследований по ядерной накачке лазерных сред. Это направление работ возглавил Э. П. Магда. В 1980–1981 гг. АЗ реактора была реконструирована таким образом, чтобы в его полости можно было устанавливать трубчатые лазерные элементы в полиэтиленовом замедлителе. В июле 1981 г. реактор, получивший название ЭБР-Л, был сдан в эксплуатацию.

Параллельно с разработкой и эксплуатацией исследовательских реакторов в отделении создавались реакторные установки прикладного назначения. Так, в конце шестидесятых годов была начата разработка подвешенного реактора для исследования защит (ПРИЗ), способного работать в полевых условиях и определять защитные свойства войсковых укрытий. На основе проверенной конструкции установки ПРИЗ в начале 1970-х годов был разработан реактор-умножитель выносной (РУС-В), предназначенный для определения защитных свойств бронетанковой техники.

Хронология создания реакторных установок, их предельные характеристики, а также фамилии ведущих разработчиков сведены в таблицу далее.





### Хронология создания, предельные характеристики, фамилии ведущих разработчиков реакторных установок РФЯЦ – ВНИИЭФ

Сокращенное название установки	Срок начала эксплуатации	Максимальное число делений за импульс ( $\times 10^{11}$ )	Минимальная полуширина импульса (мкс)	Максимальная мощность при работе в статич. режиме (кВт)	Фамилии ведущих разработчиков
2	3	4	5	6	7
ФКБН	март 1958 г.	–	–	0,1	В. Ю. Гаврилов, Л. Б. Порецкий, Ю. П. Милованов, С. В. Хлебцев
ФКБН-И	январь 1964 г.	0,15	220	2	Л. Б. Порецкий, В. И. Гневшев, Ю. П. Милованов, В. Н. Коннов, С. В. Хлебцев
БАРС-1	апрель 1964 г.	0,7	44	3	Ю. А. Зыкин, И. С. Погребов, М. Г. Попов, А. А. Скопцов, Ф. П. Крупин, А. И. Ушакова
ЭЛНР	февраль 1966 г.	5	1600	15	Ю. А. Зыкин, Л. В. Говарков, Н. Н. Неводянич, А. Н. Ткаченко, С. В. Хлебцев
ЭБР-107	1967 г.	0,4	200	2	Л. Б. Порецкий, В. Н. Коннов, Ю. П. Милованов, Э. П. Магда, Ф. П. Крупин
ЭБР-200	1967 г.	0,6	200	2	Л. Б. Порецкий, Э. П. Магда, В. А. Крыжановский, Л. В. Семков, А. И. Ушакова, В. А. Мосунов
БАРС-2	1969 г.	1,3	68	3	И. С. Погребов, А. А. Скопцов, В. П. Кошмяков, Н. В. Горин, А. И. Ушакова, М. Н. Филатова
ПРИЗ	1970 г.	–	–	1	Л. Б. Порецкий, В. А. Терехин, Э. П. Магда, Ю. М. Кононенко, В. И. Гневшев, В. И. Васильев
ФКБН-М	1971 г.	–	–	0,1	Л. Б. Порецкий, В. А. Терехин, Л. В. Семков, Ф. П. Крупин
БАРС-3	1972 г.	1,6	51	4	И. С. Погребов, А. А. Скопцов, В. П. Кошмяков, В. Н. Марков, Ф. П. Крупин, А. И. Ушакова
ИГРИК	сентябрь 1975 г.	18	2300	30	Н. Н. Неводянич, А. Н. Ткаченко, Б. Г. Левakov, В. Б. Таскин, А. И. Ушакова, А. П. Кислицин
ЭБР-200М	апрель 1976 г.	1,6	50	5	Л. Б. Порецкий, Э. П. Магда, В. А. Крыжановский, Л. В. Семков, А. И. Ушакова, В. А. Мосунов, В. Ф. Таусонов



Окончание таблицы

2	3	4	5	6	7
РУС	1977 г.	0,3	100	-1	Л. Б. Порещкий, В. А. Терехин, В. М. Мурзин, Ю. М. Коломенко
ЭБР+РУС	1977 г.	-1	100	-1	Л. Б. Порещкий, Э. П. Магда, Л. В. Семков, В. Ф. Таусенов, В. А. Крыжановский, Ю. М. Коломенко
РУС-В	1978 г.	-	-	1	Л. Б. Порещкий, В. А. Терехин, Ю. М. Коломенко, В. И. Васильев
БАРС-4	1980 г.	5	40	20	И. С. Погребов, А. А. Снопков, Н. В. Горин, В. П. Кошмяков, А. А. Чеботарев, А. И. Ушакова, В. И. Васильев, А. П. Кислицын, Т. Н. Филатова
ЭБР-Л	март 1981 г.	1,5	60 (160)	5	Э. П. Магда, Ю. М. Коломенко, В. А. Крыжановский, Л. В. Семков, В. К. Мокичев, В. И. Васильев
БАРС-5	1985 г.	5	40	20	А. А. Снопков, В. Н. Марков, В. П. Кошмяков, А. И. Ушакова, А. А. Чеботарев, А. В. Андриаш, А. П. Кислицын, Т. Н. Филатова, Н. В. Птицкина
ЯГУАР	апрель 1990 г.	10	700	10	Н. Н. Неводничий, Н. В. Горин, В. М. Опарин, Б. Г. Леваков, Н. П. Кураков, А. И. Ушакова, Ю. Г. Гарась, Т. Н. Филатова
БАРС-5 +РУН-1	декабрь 1990 г.	7	60	40	А. А. Снопков, А. В. Лукина, В. П. Кошмяков, В. И. Черашев, А. А. Соколов
ЯГУАР+свечи- облучатель	1992 г.	-	-	-	В. А. Терехин, Н. П. Кураков, Н. В. Горин, А. Е. Кривошухин, А. И. Ушакова, Ю. Г. Гарась
БАРС-6	1995 г.	5	40	20	И. С. Погребов, А. А. Снопков, Э. П. Магда, Ю. Г. Гарась
ФКБН-2	октябрь 2000 г.	-	-	0,1	В. Д. Пережогин, В. А. Терехин, Л. В. Семков, Ю. А. Соколов, В. А. Крыжановский, В. М. Рыбинин, Ю. Т. Янусов, Ю. М. Коломенко, Ю. Г. Гарась, Н. И. Савин



### Импульсные ускорители электронов

В качестве инструмента для исследований воздействия потока электронов, гамма-квантов, рентгеновского излучения и электромагнитных полей на испытуемые образцы (электро-радиоэлементы, приборы автоматики и др.) во ВНИИТФ вслед за ВНИИЭФ начали разрабатываться и эксплуатироваться различные электрофизические установки. Работы начались с исследований магнитной кумуляции на импульсной конденсаторной установке (группа МК – А. В. Лучинский, Ю. С. Титков и др.).

В 1960 г. по инициативе Ю. А. Зыкина группа систем МК была переведена в физический сектор. В том же году на основе группы был создан отдел 58, его начальником был назначен А. В. Лучинский. Одна из основных разработок отдела 58 – мощный импульсный источник жесткого рентгеновского излучения – была начата в 1963 г.

К этому времени в СССР ведущим коллективом, разрабатывающим подобного типа установки, был отдел В. А. Цукермана в ВНИИЭФ. Для получения мощных импульсов рентгеновского излучения со средней энергией до 1 МэВ этот отдел использовал генератор Аркадьева–Маркса с рентгеновской трубкой (установка МИГ-5000).

С целью увеличения выходной мощности и упрощения конструкции была предложена схема установки с обостренным импульса мощности в разрядном контуре с индуктивным накопителем энергии при его коммутации электрически взрывающимся проводником (ЭВП). Фактически была предложена схема импульсного ускорителя электронов прямого действия.

Предложенный во ВНИИТФ проект позволил создать установку ИГУР-1 (импульсная гамма-установка рентгеновская) с минимальными затратами за короткое время.

Наиболее сложным вопросом была работа электрически взрывающейся проволоки в режиме размыкания. Однако уже первые экспери-

менты с генератором импульсных напряжений (ГИН) установки ИГУР-1 при запасаемой энергии 90 кДж и ударном напряжении 600 кВ подтвердили возможность получения требуемых параметров высоковольтного импульса.

В 1971 г. ИГУР-1 был демонтирован и в модернизированном виде запущен в эксплуатацию в новом здании на новой производственной площадке.

Через 4 года эксплуатации в 1975 г. модернизированный ускоритель ИГУР-1 был передан в Межведомственный центр радиационных исследований (Научно-исследовательский институт приборов, г. Лыткарино Московской области).

Для радиационных испытаний требовались установки с большими потоками тормозного излучения. В 1970 г. началось проектирование более мощной гамма-установки ИГУР-2 с запасаемой энергией до 300 кДж и ударным напряжением ГИН, равным 2 МВ. Предполагалась работа в двухкаскадном режиме. Первые эксперименты показали возможность получения на холостом ходу в двухкаскадном варианте амплитуды импульса до 12 МВ. Однако попытки передачи энергии на ускорительную трубку не увенчались успехом. После перенесения установки в новое здание в ее конструкцию были внесены изменения, при которых нагрузочным элементом вместе с ускорительной трубкой стал и воздушный конденсатор. Установка получила название ЭМИР (электромагнитный импульс и рентген). После ее модернизации в 1989 г. была сдана в эксплуатацию установка ЭМИР-М, обеспечивающая исследование радиационных воздействий при мощности дозы вблизи мишени и на расстоянии 1 м от нее до  $10^{12}$  и  $10^9$  Р/с соответственно.

Исследования работы установок ИГУР-1, ИГУР-2 и др. показали ограниченность возможностей схемы с воздушной изоляцией при разработке мощных моделирующих установок. Получение более высоких уровней напряжений



и токов потребовало применения лучшей, чем воздух, изоляции и снижения индуктивности разрядного контура. Эти исследования позволили выбрать конструктивную схему и элементы новой установки ИГУР-3. В качестве основной изолирующей среды было выбрано трансформаторное масло. Индуктивность снижена с помощью коаксиального расположения большинства элементов разрядного контура. ЭВП размещены в полиэтиленовых трубах при атмосферном давлении. На конструкцию установки ИГУР-3 было получено авторское свидетельство.

Благодаря своей простоте, надежности, стабильности работы, наличию различных режимов работы, установка ИГУР-3 до настоящего времени используется для широкого круга физических исследований и испытаний на радиационную стойкость элементов и узлов военной техники. На ней проводятся также исследования, связанные с разработкой и созданием новых ускорителей.

За разработку и создание новых электрофизических устройств группе сотрудников отдела: А. В. Лучинскому, И. А. Пехтереву, В. И. Мартынову, В. П. Ковалёву, А. И. Кормилицыну в 1984 г. была присуждена Государственная премия СССР.

Развитие ускорительной техники за последние 40 лет показало плодотворность идеи использования индуктивного накопителя в ускорителях прямого действия. В последние годы кроме ЭВП в качестве размыкателей начали применяться плазменные и полупроводниковые размыкатели. Однако наибольшее распространение получили ускорители с индуктивным накопителем и ЭВП.

#### **Исследования состояния компонентов изделий при воздействии на них ионизирующих и корпускулярных излучений**

Систематические исследования состояния центральных частей (ЦЧ) ядерных зарядов при воздействии нейтронов начали проводиться

в полигонных опытах НЦР-ТОР и на реакторах БАРС с 1970 г.

Установка НЦР-ТОР, отработанная в РФЯЦ – ВНИИЭФ Ю. М. Стяжким и А. Л. Гладченко, специально предназначалась для исследований составных частей ЯЗ и обеспечивала наилучшее моделирование его облучения в условиях противоракетной обороны.

В некоторых случаях испытываемые ЦЧ после облучения подвергались дополнительным механическим нагрузкам. В этом случае в состав измерительного устройства входило перегрузочное устройство, которое приводилось в действие с помощью порохового заряда сразу же после облучения.

РФЯЦ – ВНИИТФ участвовал в трех опытах ТОР: НЦР-ТОР-1 (21 октября 1970 г.), НЦР-ТОР-2 (25 сентября 1971 г.) и НЦР-РТОР-1 (30 сентября 1973 г.). Руководителем работ РФЯЦ – ВНИИТФ в первом опыте был Л. П. Волков, во втором и третьем опытах – И. С. Погребов. Научное руководство работами осуществлял Я. Н. Андреев. В подготовке, проведении и обработке результатов опытов НЦР-ТОР участвовали: И. С. Погребов, Л. П. Волков, Я. Н. Андреев, А. М. Лясота, В. М. Фомченков, И. А. Абрамов, В. А. Полов, Н. П. Волошин, Ф. П. Крупин, Ю. М. Кононенко, Р. М. Комаров, Ю. М. Богачёв, В. Г. Рукавишников, Э. М. Таратин, М. А. Аристов, А. И. Воробьёв, С. М. Ермаков, Д. Л. Рубан, Р. А. Жилина и другие.

В начале 1970 г. по предложению И. С. Погребова были начаты исследования образцов из делящихся материалов на импульсных реакторах БАРС-2 и БАРС-3. В экспериментах на реакторах облучаемый элемент помещался в сборку, конструкция которой обеспечивала необходимое пространственное распределение разогрева делящегося материала. В некоторых экспериментах, как и в опытах НЦР-ТОР, облучаемые ЦЧ подвергались дополнительным механическим нагрузкам с помощью перегрузочного устройства. Ввод в эксплуатацию



двухзонного импульсного реактора БАРС-5 позволил в полтора раза увеличить энерговыделение в исследуемых образцах и элементах ЦЧ.

Таким образом, в РФЯЦ – ВНИИТФ на базе многозонных реакторов был создан комплекс физических установок, моделирующих поражающие факторы ядерного взрыва в лабораторных условиях.

В исследованиях на этом комплексе принимали участие И. С. Погребов, А. А. Снопков, В. П. Кошмяков, А. М. Лясота, Ю. А. Кулинич, Р. М. Комаров, И. А. Абрамов, В. Г. Рукавишников, Ф. П. Крупин и многие сотрудники конструкторского отделения КБ-1.

После проведения специализированного облучательного опыта в 1962 г. новое направление исследований стало быстро развиваться на всех предприятиях отрасли. Руководством института было принято решение о разделении работ по этой тематике на два направления: техническое – установление границ сохранности свойств разрабатываемых узлов и изделий и научное – исследование физических процессов в элементах и материалах РЭА при воздействии гамма- и нейтронного излучений.

В 1964 г. в физическом отделении ВНИИТФ был организован отдел, задачей которого было изучение физических процессов при облучении материалов и элементов электроники. В тематике отдела довольно четко были выделены два направления исследований: изучение необратимых и обратимых процессов, происходящих в материалах и элементах РЭА под воздействием излучений ЯВ.

Одной из сложных при проведении таких исследований являлась задача определения интенсивности излучения, т. е. динамическая дозиметрия. Для этой цели было предложено использовать импульсные диффузионные диоды, имеющие высокое временное разрешение. В настоящее время на основе промышленных диодов разработана и применяется в качестве

стандартной при радиационных испытаниях методика РИД-Г. Эта методика работоспособна до  $\sim 5 \cdot 10^{10}$  Р/с и применима для определения формы импульса излучения длительностью несколько наносекунд и больше.

Работы по изучению поведения токов в воздушных зазорах позволили решить задачу целостности электровакуумных приборов и сохранения параметров коаксиального кабеля с полувоздушной изоляцией и др.

К 1980 г. качественно были выяснены основные физические процессы, обуславливающие протекание тока и спад напряжения в конденсаторах под воздействием проникающего излучения.

В 1967 г. были начаты работы по исследованию электромагнитных явлений, возникающих под действием ионизирующего излучения в системах металл–диэлектрик.

В 1959 г. в работах сотрудников института было отмечено, что при ядерном взрыве в космосе одним из поражающих факторов может стать рентгеновское излучение.

Стало ясно, что исследования необходимо продолжать. Для этого в институте разрабатывается специальный заряд-облучатель и редакция облучательного опыта на полигоне. В серии облучательных опытов ФО-42-1, -2, -3, -4 были получены экспериментальные данные по состоянию материалов и элементов РЭА, выяснены основные механизмы, приводящие к их механическому разрушению.

Основное направление исследований в будущем – это более глубокое изучение физических явлений, направленное на разработку физических моделей, позволяющих не только описать явление, но и прогнозировать его на реальные условия.

Ведущими специалистами в этой области исследований являются: Ю. Ф. Тутуров, В. Ф. Хохряков, В. Н. Афанасьев, В. В. Плохой, В. А. Храмов, А. К. Серебряков, В. В. Зубов, В. В. Воробьев, Н. Н. Яхно, В. Т. Громов, А. П. Степовик, В. П. Пудов, В. П. Шукайло.



#### Измерения параметров ядерных взрывов

Физические исследования, связанные с испытаниями ядерного оружия в условиях полигонов, на протяжении всего времени существования отделения экспериментальной физики составляли одно из основных направлений. К таким работам относятся разработка методик измерений параметров ядерного взрыва и применение этих методик в условиях полигона.

#### Гидродинамические измерения

Метод «грунтового шара» получил свое название от предшественника – метода «огненного шара», использовавшегося при атмосферных ядерных взрывах. По измеряемым параметрам в процессе развития возникшей при взрыве в воздухе светящейся области (размер, светимость, динамика изменений во времени и др.) в результате последующих пересчетов определялась энергия взрыва испытанного в воздухе ядерного заряда. Эта светящаяся область при достаточно высоко расположенной точке взрыва имеет форму ярчайшего шара. Отсюда и произошло название соответствующей методики измерений с аббревиатурой ОШ.

При взрыве под землей в окружающей горной породе распространяется так называемая сильная ударная волна от центра взрыва до расстояний, где ее скорость сравнивается со скоростью звука в этой породе. Измерения временной диаграммы движения такой ударной волны в сферической области, окружающей место взрыва, до расстояний, где она вырождается в звуковую, и являются задачей экспериментальной части метода, получившего название метод «грунтового шара» (МГШ). При известных или специально исследованных динамических свойствах окружающей породы и заранее теоретически рассчитанных зависимостях по экспериментальным данным о движении фронта ударной волны определяется энергия подземного взрыва.

Для регистрации движения сильной ударной волны в конденсированной среде, окружающей место взрыва (контейнер или камеру с ядерным зарядом), используются контактные датчики и кабели-датчики, фиксирующие  $t(r)$  или  $r(t)$ -диаграммы движения фронта ударной волны (здесь:  $t$  – время, прошедшее от момента ядерного взрыва,  $r$  – расстояние от центра взрыва до положения фронта ударной волны с момента  $t$ ).

В ноябре 1965 г. специалисты РФЯЦ – ВНИИЭФ (Л. В. Альтшулер, Р. Ф. Трунин и др.) осуществили первые пробные измерения с электроконтактными датчиками при испытаниях на Семипалатинском полигоне. Анализ полученных результатов позволил специалистам ВНИИТФ тщательнее подготовиться к первому зачетному измерению зависимости  $t = t(r)$  для определения тротилового эквивалента взрыва при испытании РФЯЦ – ВНИИТФ в марте 1966 г. на том же полигоне. Измерения были проведены качественно и в представительном диапазоне расстояний от центра взрыва. Начиная с этого испытания МГШ стал официально использоваться для определения энергии подземных ядерных взрывов.

За разработку и внедрение МГШ в практику полигонных испытаний группа ученых и специалистов ВНИИЭФ, ВНИИТФ и МФ ЦНИИ-12 в 1968 г. была удостоена звания лауреатов Государственной премии СССР. Среди них были Л. П. Волков, Г. П. Зырянов, В. Ф. Куроплатенко, В. А. Симоненко, А. К. Хлебников.

В дальнейшем, при переходе от испытаний в штольнях к испытаниям в скважинах, метод в своей расчетной и экспериментальной частях был существенно модернизирован и получил название МГШ-С. Основными разработчиками аппаратурной части методик МГШ, МГШ-С являются Л. П. Волков, Н. П. Волошин, В. А. Попов и другие.

Параллельно с основными измерениями по МГШ, МГШ-С осуществлялись исследования ударной сжимаемости веществ при размещении



образцов в ближней зоне ядерного взрыва (методы «прямого» и «обратного» отражения, измерения массовой скорости за фронтом ударной волны и др.). Работа «Экспериментальные исследования сжатия веществ при сверхвысоких давлениях подземных ядерных взрывов» в 1999 г. была удостоена премии Правительства Российской Федерации (единственная премия института по открытой тематике). Ее лауреатами стали А. С. Владимиров, Б. К. Водолага, Н. П. Волошин, М. М. Горшков, В. Н. Ногин, В. П. Ставицкий.

Своеобразным развитием (расширением возможностей) гидродинамических методов исследований теплофизических свойств материалов стал метод измерения динамической сжимаемости (ИДС) (основные разработчики В. А. Симоненко, Б. К. Водолага, В. Н. Ногин, А. В. Петровцев, А. С. Владимиров, Б. Т. Черноволюк, А. В. Филатов).

Измерения динамической сжимаемости в габаритном диапазоне давлений (по методу ИДС) заключаются в том, что элементы из различных материалов располагаются рядом в одних и тех же условиях нагружения, а при обработке результатов осуществляется сравнение моментов выхода сильной волны на тыльные стороны этих ИЭ.

В ряде испытаний на обоих полигонах СССР в штольневых и скважинных опытах, где использовался метод ИДС, были получены уникальные данные о поведении конструкционных и делящихся материалов в экстремальных условиях.

#### *Методики гамма-измерений*

Методы гамма-измерений при воздушных испытаниях были развиты в основном специалистами ИХФ, ВНИИЭФ и МО. Специалисты ВНИИТФ подключились к разработке и применениям методов гамма-измерений на этапе перехода к подземным (штольни, скважины) испытаниям. Были разработаны модификации

методов МКР (т. н. МКР-Д) и МВИ (т. н. МВИ-С), пригодные для скважинных испытаний. На уровне экспертов специалисты ВНИИТФ участвовали в разработках специфических методов измерения формы гамма-импульсов, проводимых в основном специалистами ВНИИЭФ и НИИИТ.

Основными участниками работ по полигонным измерениям гамма-излучения ядерных взрывов в отделении экспериментальной физики были Л. П. Волков, А. С. Владимиров, Г. А. Новиков, А. В. Филатов, В. А. Попов. Все работы проводились в тесном контакте и при участии специалистов испытательного сектора ВНИИТФ (отделы Н. Н. Капустина, Г. П. Зырянова и А. С. Фёдорова).

#### *Рентгеновские измерения*

В начале 1960-х гг. стало ясно, что основным поражающим фактором ядерного взрыва в космосе является рентгеновское излучение. В связи с этим во ВНИИТФ стали разворачиваться работы по изучению рентгеновского излучения взрыва и его воздействия на различные материалы. Инициаторами этих работ были начальник теоретического сектора Ю. А. Романов и начальник экспериментально-физического сектора Ю. А. Зысин.

Подготовку первого опыта по изучению характеристик мягкого рентгеновского излучения ФО-10 в физическом секторе начала группа А. С. Ганеева. Главным теоретиком решения этой задачи стал молодой специалист В. З. Нечай.

Рентгеновские измерения в полигонных условиях до этого не проводились, готовившийся опыт должен был стать вторым подземным опытом (после В-1) в нашей стране, поэтому его постановка была максимально упрощена. Схема опыта была следующей. Рентгеновское излучение ядерного взрыва выводилось на некоторое расстояние, где измерялся энергетический спектр излучения и изучалось воздействие излучения на вещество.



В опыте, проведенном 2 февраля 1962 г. на Семипалатинском полигоне, вся аппаратура сработала нормально. Полученные результаты подтвердили правильность основных предположений о действии рентгеновского излучения. После этого началась подготовка к более масштабному опыту ФО-14.

Принципиальная схема постановки этого опыта была такая же, как и в ФО-10, однако были значительно расширены механические и рентгеноспектральные измерения. Опыт прошел удачно (15 марта 1964 г.). В результате был измерен спектр излучения, хорошо соответствующий планковскому спектру черного тела. Данные механических измерений позволили физикам-теоретикам составить методику и программу расчета механического импульса от мягкого рентгеновского излучения. Вскоре после проведения опыта восемь ведущих участников, в том числе четыре человека из физического сектора (А. С. Ганеев, И. М. Израилев, А. В. Лучинский и Б. А. Преденин), были удостоены Ленинской премии за 1964 г.

После успешного опыта ФО-10 появилось большое желание провести измерение спектра рентгеновского излучения мегатонного заряда в условиях взрыва в космосе – именно таким образом, как предполагалось использовать заряд в боевых условиях.

В 1961–1962 гг. было произведено пять ядерных взрывов в космосе на различных высотах. В проведении двух опытов (К-3 и К-4) принимали участие сотрудники ВНИИТФ. Измерялись характеристики рентгеновского и нейтронного излучений и концентрация электронов в воздухе после взрыва на различных высотах.

Схема опытов такова. С полигона запускалась ракета с ядерным зарядом. На заданной высоте заряд подрывался. Испытатели запускали небольшие метеорологические ракеты МР-12, в головных частях которых располагалось измерительное оборудование. Результаты записывались в запоминающем устрой-

стве, головная часть ракеты падала, на высоте 3–5 км раскрывался парашют, и она плавно приземлялась. Проводился поиск и считывание результатов.

В 1967 г. началась подготовка к специальному опыту ФО-28. Кроме рентгеноспектральных был запланирован очень большой объем механических измерений, всего более 40 образцов, как для измерения удельного импульса давления для образцов различных теплозащитных материалов и поверхностных покрытий существующих и разрабатываемых ГЧ, так и для исследования возможности снижения величины импульса.

Во время испытания (5 сентября 1968 г.) аппаратура сработала нормально, и была получена богатая информация по рентгеновскому спектру и механическим измерениям. Полученные результаты подтвердили в целом правильность методики расчета импульсов для различных материалов, используемых при конструировании корпуса ГЧ.

В 1971–1973 гг. были проведены физические опыты серии ФО-42 (1, 2, 3, 4), которая была посвящена решению большого комплекса вопросов, связанных с изучением механического импульса, создаваемого сверхжестким рентгеновским излучением, воздействием нейтронного и гамма-излучений на элементы и узлы автоматики.

Данные по параметрам рентгеновского излучения во всех опытах были получены методиками, разработанными в НИО-5. Ведущими учеными, специалистами и непосредственными участниками подготовки и проведения рентгеновских измерений в период 1961–1973 гг. были: Ю. А. Романов, Ю. А. Зысин, В. З. Нечай, А. С. Ганеев, И. М. Израилев, А. В. Лучинский, А. А. Запысов, А. П. Нагибин, В. Н. Сапрыкин, Б. А. Преденин, А. И. Сауков, А. Н. Ракивненко, Ф. П. Крутин, А. И. Ушакова, М. И. Филимончев, В. Н. Попов, Э. В. Моисеенко, Н. А. Хавронин, В. М. Фомченков.





### *Нейтронные измерения*

Так же, как и в отношении методик гамма-измерений, ВНИИТФ активно подключился к разработке и применениям методик нейтронных измерений уже при переходе к подземным испытаниям.

Для первых подземных опытов во ВНИИЭФ и ВНИИТФ были начаты разработки нейтронных методик с применением активационных детекторов (ДНИ – долгоживущие нейтронные индикаторы, АИ – активационные индикаторы, АНИ – активационные нейтронные индикаторы) и МВП (метод времени пролета). Для измерения спектра нейтронов подходил только МВП. Детектором в МВП в основном служил сцинтиллятор с ФЭК или ФЭУ.

Методика оказалась сложной не только по объему работ, но и по возникающим множественным техническим проблемам. Пришлось разрабатывать новые методики для измерения потока и спектра нейтронов большой интенсивности.

Самым успешным в этом направлении оказалось предложение Р. М. Комарова об использовании термосопротивлений, выдвинутое в конце 1960-х годов.

Идея проста: использовать для измерения флюенса нейтронов терморезистор, изготовленный из окислов урана. Под действием потока нейтронов терморезистор разогревается, изменяется его электрическое сопротивление, и по величине сопротивления можно судить о потоке нейтронов.

Методика применялась во многих опытах ВНИИТФ, а также ВНИИЭФ. В конце 1970-х годов 5-е ГУ приняло решение о выпуске унифицированного детектора для МТР, разработке практического руководства по методике и официальной передаче ее на ядерные полигоны. Для определения величины и темпа разогрева плутония был разработан новый тип детектора МТР (Pu) с плутониевой таблеткой. Автором этой разработки является А. М. Лясота. Детек-

тор МТР (Pu) применяется при исследованиях на ядерных реакторах.

Обработка данных о темпе разогрева детектора МТР позволяет определить спектр потока нейтронов. Таким образом методика стала интегро-дифференциальной и успешно применялась во многих подземных испытаниях.

Авторами и участниками разработки и применений МТР были: В. Г. Рукавишников, Р. М. Комаров, А. М. Лясота, М. Т. Чинейкин, А. П. Нагибин, М. С. Курганов.

Кроме метода терморезисторов, во ВНИИТФ были предложены и развиты вместо МВП так называемые короткопролетные методы регистрации потока и спектра нейтронов. При переходе к групповым испытаниям нескольких зарядов в одной штольне и при испытаниях в скважинах трудно обеспечить необходимую длину базы для измерений МВП. Во ВНИИТФ по предложениям А. С. Ганеева и Э. В. Моисеенко были разработаны метод протонного телескопа (МПТ) и метод времени пролета с конвертером из делящегося материала (МВП-КД), не требующие для своей реализации протяженных пролетных баз.

В МПТ используется принцип преобразования нейтронного потока ядерного взрыва в регистрируемые протоны отдачи, а в МВП-КД регистрируются гамма-кванты, «выбиваемые» из материала конвертора падающим на него потоком нейтронов. Основными разработчиками этих методик были А. С. Ганеев, Э. В. Моисеенко, А. Е. Ремезов.

### *Гамма-нейтронные изображения*

Метод гамма-нейтронных изображений (ГНИ), как и метод пространственных изображений (МПИ, разработан во ВНИИЭФ), основан на принципе камеры-обскуры. По утверждению В. Л. Гладченко (ВНИИЭФ), неудачная попытка постановки подобных измерений была предпринята на воздушных испытаниях Институтом химической физики. Штольневые подземные



испытания оказались наиболее благоприятными для постановки методик МПИ и ГНИ.

Во ВНИИТФ автором метода является Г. А. Иванов. Методика ГНИ начала применяться в натурных испытаниях в конце 1960-х гг. Были получены изображения узлов зарядов, показана перспективность применения методики.

Наибольшее число гамма-нейтронных изображений получено с помощью точечного коллиматора с круглым отверстием. При регистрации сильно вытянутых объектов с 1981 г. применялся коллиматор с прямоугольным отверстием.

Наибольшее количество гамма-нейтронных изображений взрывающихся ядерных зарядов было получено на фотопленках (В. А. Рябов). Также В. А. Рябовым были разработаны и стали широко применяться трековые нейтронные конвертеры (ТНК). Помимо стойкости к излучениям продуктов взрыва ТНК позволяли определять нейтронную яркость в абсолютных единицах.

Электронно-оптическая регистрация (ЭОР) внедрялась в методику ГНИ с целью выделения нейтронных изображений в различных энергетических интервалах и регистрации явлений в кадровом и хронографическом режиме. Основными разработчиками полигонной аппаратуры с ЭОР были Г. А. Иванов, С. В. Худяков, Н. Е. Васильева, В. И. Пономарёв, В. В. Мосунов, А. В. Домбровский.

При ядерных испытаниях использовались и более сложные модификации ГНИ. Так для постановки ГНИ в скважинном испытании (В. В. Меньшенин, ГНИ-С) использовался блок коллиматоров, обеспечивающий попадание изображения на фотокассеты при изгибе скважины.

Метод ГНИ применялся до конца 1980-х гг. Он позволил получить уникальную информацию о характеристиках турбулентного движения при работе термоядерных систем (Г. А. Иванов, А. В. Полнонов, Г. Н. Рыкованов, В. М. Попов, В. А. Рябов).

За разработку и внедрение методов МПИ-ГНИ в 1983 г. была присуждена Государственная премия СССР. Четверо сотрудников ВНИИТФ (Г. А. Иванов, А. В. Домбровский, А. И. Свалухин и В. С. Саков) стали ее лауреатами.

#### Моделирование механического действия подземных ядерных взрывов и процессов турбулентного перемешивания

В 1960-х гг. разработчиками ядерных зарядов были предложены проекты по промышленному применению ядерных взрывов. Именно в это время в РФЯЦ – ВНИИТФ начались работы по созданию взрывных ядерных устройств для использования в мирных целях. В частности, для технологии проведения вскрышных работ была начата разработка так называемых чистых ядерных зарядов. Вскрышные работы требовали прогнозирования механического действия таких взрывов на окружающую породу, особенно прогнозирования динамики разлета раздробленной породы.

Особый интерес проявлялся к взрывам на выброс, что было связано с влиянием поля тяжести Земли на перемещение больших масс породы и отсутствием подобных экспериментов. Возможность моделирования в лабораторных условиях усиленного поля тяжести активно обсуждалась с Е. Н. Аврориним, Ю. С. Вахрамеевым и Е. И. Забабахиним. Е. И. Забабахин предложил заманчивую возможность моделирования подземного ядерного взрыва в поле тяжести на «полигоне», представляющем собой срез ружейной пули диаметром ~8 мм, движущейся с ускорением  $\sim 10^5 g$ . На таком «полигоне» можно было бы моделировать взрывы на выброс с поперечником в  $10^5$  раз больше, т. е. взрывы мощностью  $\sim 10^5$  т ТНТ. Так появилось название для будущей установки ЭКАП – экспериментальный «карманный» атомный полигон, «карманный» в том смысле, что можно было, как ружье, носить его с собой. Дальнейший анализ этой идеи в комплексе с техническими



возможностями организации модельного взрыва на движущемся образце и регистрации механического воздействия привели в конечном итоге к использованию устройств для создания искусственного поля тяжести путем ускорения испытуемых образцов диаметром ~80 мм, к разработке модельных зарядов с плотностью энергии, превышающей плотность энергии химических взрывчатых веществ (химических ВВ), и к разработке импульсной рентгеновской техники для регистрации результатов взрыва.

Установка для моделирования была разработана, изготовлена и запущена в эксплуатацию. В короткие сроки был создан электрофизический комплекс, на котором были отработаны высокоточные генераторы с импульсным напряжением  $\sim 3 \cdot 10^6$  В и токами  $\sim 2 \cdot 10^4$  А; мощные импульсные рентгеновские трубки, позволяющие просвечивать слои горной породы толщиной ~120 мм; узлы газовой пушки, работающей под давлением до 1000 атм.; узлы модельного заряда с использованием быстрого электрического взрыва металла.

Установка ЭКАП позволяла проводить опыты по моделированию натурального взрыва на выброс вплоть до энергии  $E = 100$  кт ТНТ, глубины воронки  $h = 150$  м, времени образования отвала  $T \sim 30$  с, диаметра воронки  $D$  в 1000 м. Механический эффект от модельного взрыва фиксировался импульсным рентгенографированием на неподвижную пленку в процессе ускорения образца.

Работы по созданию установки ЭКАП и проведению экспериментальных исследований были начаты по инициативе Е. И. Забабахина и Ю. А. Зысина, физическая схема установки и методики измерений были предложены и разработаны под руководством Ю. А. Кучеренко, А. В. Лучинского и Е. В. Котляра. В создании установки и проведении экспериментальных исследований принимали активное участие П. А. Коваленко, Р. И. Ардашова, Н. И. Волков,

Г. Г. Томашев, Н. А. Киселёв, А. Н. Волошин, Л. Н. Кононенко, К. Ф. Ячменева, С. И. Балабин.

Комплекс установок для экспериментальных исследований турбулентности состоит из установок ЭКАП, СОМ, ОСА.

Установка ЭКАП\* – вертикальная газовая пушка для исследования распределения плотности вещества в областях релей-тейлоровской турбулентности. Способ создания неустойчивого течения (неустойчивых систем) на установке ЭКАП состоит в следующем. Две исследуемые жидкости размещаются в металлической ампуле. При этом в поле тяжести Земли легкая жидкость плавает над тяжелой. Это устойчивая ситуация, т. к. поле тяжести направлено от легкой жидкости к тяжелой. На контактной границе создаются начальные мелкомасштабные стохастические возмущения, типа шероховатости твердых поверхностей. В начальный момент времени ампула начинает ускоряться в стволе газового ускорителя. В динамике реализуется неустойчивая система. В системе координат, связанной с контактной границей двух жидкостей, эквивалентное поле тяжести направлено от тяжелой жидкости к легкой.

Именно в динамике создаются условия для развития неустойчивости Релея-Тейлора и обусловленного ею турбулентного перемешивания. Параметры турбулентности фиксируются при движении ампулы в измерительной насадке путем импульсного рентгенографирования на неподвижную рентгеновскую пленку.

Установка СОМ – это газодинамический ускоритель для исследования гетерогенных свойств релей-тейлоровской турбулентности. Принцип работы установки СОМ аналогичен установке ЭКАП. Имеется ампула с оптически прозрачными окнами. В ампуле размещаются две оптически прозрачные жидкости различной плотности. Ампула ускоряется в измеритель-

\* Установка ЭКАП «освободилась» от экспериментов по моделированию взрывов на выброс в начале 1980-х годов.



ном модуле, где регистрация процесса развития возмущений и турбулентного перемешивания осуществляется импульсными световыми пучками. Спектральные характеристики гетерогенности зоны турбулентного перемешивания для различных моментов времени определяются по фотонизображениям.

Установка ОСА представляет собой одну из модификаций вертикальной многофункциональной ударной трубы. В экспериментах используются разноплотные газы. Ударная труба с ДРАЙВЕРОМ III позволяет исследовать развитие неустойчивости Релея–Тейлора и обусловленного этим турбулентного перемешивания. Процесс развития неустойчивости и турбулентного перемешивания фиксируется скоростной шпирен-камерой.

На комплексе вышеназванных установок были выполнены многие пионерские работы, такие как: исследование автомодельной релей-тейлоровской турбулентности; изучение взаимодействия зон турбулентного перемешивания в трехслойных системах; исследование инерционных свойств и затухания турбулентности; изучение сепарации гетерогенной компоненты в зоне релей-тейлоровской турбулентности; исследование перемешивания на наклонной контактной границе; изучение взаимодействия стационарных ударных волн с турбулизированными слоями.

При проведении исследований были обнаружены два новых явления, которые ранее не предсказывались теорией. Первое – задержка развития гравитационного турбулентного перемешивания с помощью переходного слоя, располагаемого на контактной границе разноплотных сред. Плотность вещества в переходном слое должна изменяться непрерывным и плавным образом между значениями по обе стороны от границы. Второе – стабилизация размеров зоны турбулентного перемешивания на наклонных контактных границах по отношению к направлению ускорения.

В работу по исследованию физики гравитационного турбулентного перемешивания существенный вклад внесли следующие сотрудники РФЯЦ – ВНИИТФ: Л. И. Шибаршов, А. В. Полионов, В. Е. Неуважаев, М. И. Авраменко, М. Г. Анучин, Ю. А. Кучеренко, Н. П. Волошин, А. С. Ганеев, С. И. Балабин, А. П. Пылаев, О. Е. Шестаченко, А. Т. Литвин, А. В. Павленко, П. А. Коваленко, Г. Г. Томашев, Р. И. Ардашова, Н. И. Волков, В. С. Литвинов, Л. Н. Кононенко, В. В. Перешитов, А. И. Байшев, Г. И. Шуранова, В. Д. Мурзаков и другие.

#### Лазерные исследования

Лазерные исследования включают в себя три направления, которые в разное время развивались в институте. Первое направление связано с созданием высокоинтенсивных лазеров, с помощью которых можно реализовать в веществе на короткое время высокие плотности энергии, характерные для работы термоядерных зарядов. Второе направление родилось на стыке ядерных и лазерных технологий и посвящено разработке лазеров с ядерной накачкой, которые могли бы обеспечить высокие энергии лазерного излучения. Третье направление родилось также на стыке полупроводниковых и лазерных технологий и посвящено разработке лазеров с диодной накачкой, которые могли бы обеспечить высокие энергии лазерного излучения при достаточно высоких значениях эффективности использования первичной энергии.

#### Высокоинтенсивные лазеры

Начало проведения в РФЯЦ – ВНИИТФ исследований лазеров относится к 1963 г. Инициатором этих работ был Ю. А. Зыснн. После публикации (1964 г.) предложения Н. Г. Басова и О. Н. Крохина\* использовать лазерный пучок для высокотемпературного нагрева плазмы и инициирования

\* О. Н. Крохин до переезда в Москву (~1960 г.) работал в РФЯЦ–ВНИИТФ.



термоядерных реакций, т. е. для осуществления лазерного термоядерного синтеза (ЛТС), интерес к лазерной тематике возрос.

Первая группа специалистов в этой области (А. А. Угоденко, В. И. Загвоздин, Б. И. Суханов, Э. И. Чистяков) приступила к монтажу и исследованиям параметров установки ИТ-100 (разработка ГОИ). Но уже к середине 1960-х годов стало ясно, что лазерные пучки с энергией в десятки–сотни джоулей явно не обеспечивают зажигания термоядерных мишеней. Требуемые уровни по тогдашним представлениям находились в пределах сотен килоджоулей.\*

К началу 1970-х годов в ФИАН была создана многоканальная лазерная установка «Кальмар» на неодимовом стекле (длина волны излучения 1,06 мкм) с суммарной энергией лучей около 100 Дж. Опыт ее создания и эксплуатации, перенимаемый специалистами ВНИИТФ, позволил выйти на проект еще более мощной 24-канальной установки на неодимовом стекле СОКОЛ, главными инициаторами которого были Ю. А. Зысин и А. И. Сауков.

Установка была построена в одном из залов нового здания на новой производственной площадке в 1973–1977 гг. и имела следующие основные параметры:

- < число каналов усиления лазерного излучения – 24 пучка;
- < число лучей для всестороннего облучения мишени – 12 (т. е. по два лазерных пучка в одном луче);
- < суммарная энергия лазерного излучения – 300 Дж;
- < пиковая мощность – до 0,4 ТВт;
- < расходимость светового излучения  $\sim 3 \cdot 10^{-4}$  рад;
- < однородность 12-лучевого всестороннего облучения мишени  $\sim 10$ –20%;

\* Последующая мировая практика работ по ЛТС показала, что и при мегаджоульных масштабах лазерной энергии зажигания Д-Т реакции не происходит.

- < длительность импульса излучения  $\sim 0,7$  нс;
- < диаметр мишенной камеры (с 12 входными объективами)  $\sim 0,6$  м;
- < диаметр стеклянной мишени с Д-Т-газом – 120 мкм;
- < предельное достигнутое значение плотности энергии на поверхности мишени –  $3 \cdot 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>.

К 1982 г. на установке СОКОЛ была проведена серия экспериментов по облучению сферических газонаполненных оболочечных мишеней с целью изучения эффективности поглощения лазерной энергии и газодинамических процессов сжатия-разлета мишеней и генерации нейтронов.

С ростом масштаба лазерных установок для ЛТС неизбежно вставал вопрос об эффективности преобразования электрической энергии в энергию лазерного пучка. Анализ баланса энергии в усилительных каскадах установок «Кальмар» и СОКОЛ показал, что доля лазерной энергии при короткой длительности импульса составляет малую величину по сравнению с запасаемой энергией <5%. В начале 1970-х гг. А. И. Сауков предложил усиливать в одном канале серию импульсов, направляя каждый из них в усилителе под своим небольшим углом с таким расчетом, чтобы затем на определенной пролетной базе произвести их пространственное разделение и компенсацию временных задержек. На устройства, в которых используется описанный способ повышения КПД, коллективом авторов (Ю. А. Зысин, А. И. Сауков, Ф. П. Крупин, Ю. И. Кононенко и А. А. Угоденко) в 1970-х гг. было получено несколько авторских свидетельств на изобретения.

Реализация такой «многопроходной» системы усиления лазерного излучения произошла уже на следующей (за СОКОЛом) установке СОКОЛ-2.

В результате проделанной в течение 1975–1978 гг. работы на этой установке были получены все данные, необходимые для проекти-



рования мощного многопроходного лазера СОКОЛ-2. Было показано, что при усилении суга из 4–6 коротких импульсов с интервалом между ними ~10 нс энергосъем в активном элементе может быть увеличен в 3–5 раз.

Установка СОКОЛ-2 создавалась также для проведения экспериментов по облучению сферических мишеней. В отличие от других функционирующих в то время установок на Nd-стекле в лазере СОКОЛ-2 была использована вышеописанная техника углового мультиплицирования для эффективного использования инверсной заселенности в активных элементах. Предусматривалась также полная автоматизация процессов юстировки и управления зарядкой накопительной конденсаторной батареи.

Установка должна была обеспечить повышение по крайней мере на порядок энергии и мощности лазерного излучения на сферической мишени по сравнению с действовавшей на тот момент установкой СОКОЛ.

К концу 1985 г. лазерная часть установки, вакуумная система, пульт управления были смонтированы и проверены на работоспособность по частям. Несколько хуже обстояли дела с автоматической системой юстировки. Тем не менее в конце 1985 г. было принято решение осуществить физический пуск смонтированной части установки. Полномасштабные лазерные эксперименты были проведены в декабре 1985 г.

За период 1985–2000 гг. на установке СОКОЛ-2 было проведено несколько интересных серий экспериментов, результаты которых были опубликованы в России и за рубежом. Примером таких работ являются исследование кумулятивных струй при облучении угловых мишеней, измерение линейчатых спектров, исследование рентгеновских спектров в целях микролитографии, эксперименты по генерации ударных волн до 5 Мбар при облучении Al-мишеней.

В последнее десятилетие XX века основные достижения лазерной техники связаны с про-

движением в пикосекундный и фемтосекундный диапазон длительности импульсов и генерацией сверхсильных электромагнитных полей, сравнимых с атомными и внутриядерными.

Первая пикосекундная установка в НИО-5 создавалась на базе лазера ЭЛАС и предназначалась для отработки рентгеновских методик. Освоение пикосекундной техники группа начала в составе А. А. Угоденко и Л. А. Мялицина. Впоследствии Л. Мялицина заменил Е. А. Лобода. Установка ЭЛАС в 1994–1998 гг. отработывалась в пикосекундном режиме и использовалась для проектирования более мощной модификации СОКОЛ-П (на базе СОКОЛ-2).

За период 2000–2002 гг. в содружестве с Институтом лазерной физики (г. Санкт-Петербург) и НИИ комплексных испытаний и оптико-электронных приборов (г. Сосновый Бор) была произведена модернизация установки СОКОЛ-2 и запущена в эксплуатацию одна из двух имевшихся тогда в России, самая мощная мультитераватная лазерная установка СОКОЛ-П. Одна из последних работ на этой установке по изучению генерации D-D-нейтронов при облучении плоского образца из дейтерированного полистилена увенчалась успешным получением  $10^5$  нейтронов за импульс, что более чем в десять раз превышало результат, полученный на установке СОКОЛ при облучении сферических мишеней.



Установка СОКОЛ-2



Для обеспечения работы лазерных установок СОКОЛ, СОКОЛ-2, СОКОЛ-П мишенями соответствующих конструкций (сферических газонаполненных диаметром 100–300 мкм, сферических с многослойными покрытиями, типа «Хольраум» с диагностическими отверстиями, плоских, уголковых и т. п.), а также зеркалами, светоделителями, матрицами диафрагмы, образцами для исследования свойств веществ при сверхвысоких давлениях (в т. ч. из наноструктурированных сверхпористых металлов) в отделении действует специальная технологическая лаборатория, руководителями которой были Л. П. Волков, Н. П. Волошин, И. А. Абрамов, В. А. Пронин; ныне ее возглавляет А. В. Липин.

#### *Лазеры с ядерной накачкой*

Другим направлением лазерных исследований в РФЯЦ – ВНИИТФ стали работы по лазерам с ядерной накачкой (ЛЯН). Они были начаты в 1979 г. по инициативе Ю. А. Зыкина и И. С. Погребова при активной поддержке научного руководителя института Е. Н. Аврорина. Планировалось, что основным направлением работ будет исследование лазеров с ядерной накачкой на парах металлов.

Работы были начаты с модернизации АЗ исследовательского импульсного реактора ЭБР, разработки лазерных кювет, вакуумно-газовой системы и системы регистрации параметров лазерного излучения. Непосредственным руководителем исследований был Э. П. Магда.

Во время физического пуска 27 апреля 1981 г. на He-Xe-смеси была получена первая генерация лазерного излучения во ВНИИТФ. В экспериментах были зарегистрированы только порог и форма лазерного импульса. В октябре того же года, после пуска реактора ЭБР-Л в эксплуатацию, начались регулярные исследования физики лазеров с ядерной накачкой. В марте 1982 г. начались исследования лазера на парах кадмия.

В последующие годы работы к исследованиям ЛЯН подключились теоретики и математики.

Исследователи ВНИИТФ внесли существенный вклад в развитие ЛЯН. Были подробно исследованы характеристики лазеров на парах кадмия, цинка и ртути, лазеров на смесях инертных газов (ксенона, аргона). Впервые в условиях возбуждения активной среды продуктами ядерных реакций были получены: генерация в ультрафиолетовой части спектра (гелий-азотный лазер) и генерация на самоограниченном переходе атома ртути с расселением нижнего рабочего уровня водородом (гелий-ксенон-водород-ртутный лазер). Открыт эффект деградации газовых лазерных сред с ростом температуры активной среды и достигнут стем энергии лазерного излучения порядка  $\sim 10$  Дж/дм<sup>3</sup>.

В исследованиях ЛЯН активное участие принимали И. С. Погребов, Э. П. Магда, Л. Б. Порещкий, Л. В. Семков, С. В. Бесов, В. Ф. Тауснев, А. В. Бонков, Н. В. Бочкова, А. Э. Незнахина, С. П. Мухин, К. Ф. Гребенкин, Н. М. Барышова и другие.

В целом в РФЯЦ – ВНИИТФ проведены и продолжаются работы на лазерных установках, связанные как с исследованием и улучшением собственных параметров, так и с использованием их возможностей для моделирования ядерных и термоядерных реакций и физических явлений при высоких плотностях энергии.

#### *Лазеры с диодной накачкой*

В 2000 г. во ВНИИТФ были начаты работы по развитию технологий лазеров с диодной накачкой. Рождение этой новой для института тематики произошло на пересечении трех направлений, в становление которых специалисты физического сектора внесли решающий вклад: мощные твердотельные лазеры для экспериментов по ЛТС, оптоволоконные и полупроводниковые технологии. С начала становления направление лазеров с диодной накачкой в ин-



ституте находилось под постоянным вниманием и получало всестороннюю поддержку директора института Г. Н. Рыкованова и научного руководителя института Е. Н. Аврорина, начальника физического сектора Э. П. Магды. В июле 2000 г. была утверждена программа «Развитие в РФЯЦ – ВНИИТФ направления лазеров с диодной накачкой и ключевых технологий», что послужило открытием новой тематики. 15 сентября 2000 г. это решение было оформлено приказом о создании отдела 57, состоящего из трех лабораторий и технологического участка. Новый отдел под руководством А. Ф. Иванова комплектовался в основном молодыми специалистами и остатками коллектива бывшего НИИКЦ – центра по развитию волоконных технологий, расформированного в начале 2000 г.

Основной целью программы «Развитие...» и основными направлениями работ отдела ставилось последовательное развитие ключевых технологий лазеров с диодной накачкой (импульсно-периодических твердотельных – ТТЛДН и непрерывных оптоволоконных – ОВЛДН), а также развитие технологий диодной накачки.

По направлению ТТЛДН были намечены последовательные этапы: «Факел-1», «Факел-2» и др., на каждом из которых предполагалось создание соответствующих лазерных стэндов с энергетическими возможностями 1, 100 Дж и более, на которых и должны были отрабатываться лазерные технологии, отвечающие каждому энергетическому диапазону. Результаты экспериментальных разработок каждого из этапов предполагалось далее использовать для выполнения ОКР по конкретным требованиям заказчиков, а также для разработки и организации серийного производства специализированных ключевых компонентов лазеров (прежде всего лазерных диодов для систем накачки).

Первый стэнд «Факел-1» был создан и сдан в эксплуатацию в 2002 г., и на нем, как и предполагалось, были отработаны ключевые вопро-

сы эффективной накачки частотно-импульсных твердотельных лазеров. В результате этой работы до 2005 г. был создан типоряд экспериментальных лазерных усилительных головок с запасаемой энергией до 1 Дж, а к 2007 г. – до энергий более 10 Дж. Тем самым, к 2013 г. были освоены технологии ТТЛДН средней мощности 1 кВт и выше.

На первом этапе накачка обеспечивалась матрицами лазерных диодов производства НПП «Инжект» (г. Саратов). В 2013 г. в лазерах стали использоваться импульсные матрицы лазерных диодов с характеристиками на уровне мировых стандартов, разработанные и созданные во ВНИИТФ.

Были разработаны и созданы блоки питания, способные осуществить накачку сотен импульсных матриц киловаттной мощности. По своим массогабаритным и ценовым характеристикам разработки лаборатории имеют серьезное преимущество перед известными отечественными разработками, а по возможностям подключения десятков и сотен матриц являются уникальными.

Разработанные в институте лазеры КРОКОДИЛ-М, КМО-ЛДН и ЛИС-5, ЛИС-20 использовались в экспериментах на полигонах 12-го ЦНИИ МО РФ и ИЛФИ ВНИИЭФ.

В последние годы началось внедрение результатов НИР в конкретные системы организаций-заказчиков. Эта работа ведется непосредственно отделением экспериментальной физики и с подключением для проведения ОКР КБ-2 РФЯЦ – ВНИИТФ.

Определяющий вклад в направление ТТЛДН внесли физики А. Ф. Иванов, Э. П. Магда, В. И. Афонин, Л. А. Осадчук, Н. И. Миловидов, А. В. Бакуров, А. В. Неуважаев, Л. Э. Магда, А. В. Березин, А. А. Абышев, Ю. Д. Аранов, И. П. Виттенберг, С. А. Поляков и конструкторы физического сектора Ю. М. Кононенко, Ю. Т. Янусов, Г. В. Орехов, М. Ю. Янусов, Н. Б. Ярулина, А. А. Гладиллин, В. В. Куликов.





Результаты работ по направлению ТТЛДН получили высокую оценку: группе молодых специалистов (Л. Э. Магда, А. А. Абышев, Е. А. Анашкин, А. В. Березин, С. Р. Усманов) была присвоена премия Правительства РФ для молодых ученых за 2008 г.

По направлению ОВЛДН на первом этапе работы проводились в кооперации с ИЦВО РАН (г. Москва). В период с 2004 по 2008 г. были разработаны и изготовлены одномодовые оптоволоконные иттербиевые лазеры непрерывного излучения с мощностями 10, 50, 100 и 300 Вт. В 2009 г. совместно с ИОФ РАН был создан гольмиевый волоконный лазер с уникальными параметрами.

Основой ОВЛДН является вся совокупность оптоволоконных технологий. Следует отметить, что наряду с решением задач непосредственно по тематике отдела возможности лаборатории в последнее время всё активнее используются другими подразделениями института, в том числе и по основной тематике.

Начиная с 2004 г. было освоено изготовление силовых световодов и активных лазерных оптоволокон. В этом направлении к настоящему времени достигнуты впечатляющие успехи: параметры изготавливаемых оптоволокон (освоено легирование иттербием, эрбием, тулнием, гольмием) находятся на уровне ведущих лабораторий мира. В эти годы физический сектор фактически стал единственным поставщиком кварц-полимерных оптоволокон для института и серийных предприятий Росатома Уральского региона и остается им и до сих пор.

В 2005 году начались разработки модулей накачки ОВЛДН на основе лазерных диодов. Первый опыт был получен при разработке технологий изготовления цилиндрических микролинз и их индивидуальной посадки с микронными точностями относительно активных элементов лазерных диодов матриц. Первые лазерные модули с оптоволоконным выходом были разработаны и изготовлены для 50-ваттного ОВЛДН.

В дальнейшем были разработаны экспериментальные образцы высокоэффективных модулей накачки мощностью 30, 40, 60 и 160 Вт, а также драйверы для этих модулей с внутренней диагностикой и управлением от ЭВМ.

С 2004 года успешно развивается направление микроструктурированных оптоволокон, которое в настоящее время считается основой для создания сверхмощных непрерывных и частотно-импульсных ОВЛДН. В 2010 году по технологии микроструктурированных оптоволокон получен критический результат: изготовлены первые экспериментальные образцы лазерных иттербиевых волокон с увеличенным пятном моды, что в перспективе позволяет в несколько раз (по сравнению с уже достигнутым уровнем) увеличить мощность излучения оптоволоконного лазера в одномодовом режиме генерации.

Определяющий вклад в направление ОВЛДН внесли А. Ф. Иванов, Н. И. Миловидов, А. Н. Афанасьев, Е. В. Кадигроб, С. Р. Усманов, С. С. Устинов, А. В. Денисов, Н. А. Киселёв, А. В. Маракулин, Л. А. Минашина, А. И. Надольский, В. П. Серебряков, А. А. Борисенко, Е. В. Ерошенко.

Основой для создания элементов накачки ТТЛДН и ОВЛДН являются технологии роста полупроводниковых гетероструктур. Проработка идеи освоения этих технологий в институте началась в 1996 г. по инициативе научного руководителя ВНИИТФ академика Е. Н. Аврорина.

В качестве первой практической задачи ставилось освоение технологии производства полупроводниковых структур для сверхъярких светодиодов. На 2013 год можно констатировать, что специалистами физического сектора создана отечественная технология выращивания полупроводниковых структур для мощных светодиодов, завершено создание участков по переделу полупроводниковых структур в чипы светодиодов и, что не менее важно, создан коллектив, способный на высоком уровне выполнять сложные технологические разработки по данному направлению.



Впервые в России был освоен монтаж лазерных диодов на полуавтоматах, что позволило уже в 2005 г. оснастить созданный во ВНИИТФ оптоволоконный лазер источниками накачки на основе лазерных диодов собственного монтажа. К 2013 г., в результате опыта, полученного в ходе разработки ТТЛДН и ОВЛДН, определена номенклатура одиночных диодов, линеек и матриц лазерных диодов, производство которых предполагается освоить для обеспечения разработок РФЯЦ – ВНИИТФ. Весь накопленный в ходе технических и технологических разработок опыт был использован при формировании двух масштабных мероприятий ФЦП по созданию серийного производства лазерных диодов по полному циклу и оптоволоконных лазеров.

Определяющий вклад в направление полупроводниковых технологий внесли А. Ф. Иванов, А. В. Вакуров, А. В. Неуважаев, Е. А. Анашкин, М. В. Лупачев, Е. В. Смирнов, Е. В. Ершов, С. А. Крюков, А. В. Малюгин, А. А. Найдин, А. В. Фомин.

В заключение следует подчеркнуть, что создание производства изделий оптоэлектроники нового поколения открывает дорогу в мир высоких технологий, применение которых представляет интерес для института как с точки зрения развития его технической и технологической базы, так и с точки зрения экономически выгодных наукоемких производств.

#### **Мирное использование ядерной и термоядерной энергии**

Отделение экспериментальной физики наряду с исследованиями на моделирующих установках и при проведении ядерных испытаний проводит работы, связанные с мирными применениями ядерной и термоядерной энергии.

#### *Дистанционная нейтронная терапия*

Одним из таких направлений является нейтронная терапия онкологических заболеваний.

Первоначально комплекс нейтронной терапии был введен в опытную эксплуатацию

в 1995 г. Основу комплекса составил генератор нейтронов НГ-12И, способный производить в водоохлаждаемой тритиевой мишени  $10^{12}$  нейтронов в секунду при максимальном токе атомарных ионов дейтерия на мишени 10 мА. Работы на комплексе велись и продолжаются в содружестве физиков ВНИИТФ и медиков Челябинского областного клинического онкологического диспансера.

После отработки всего комплекса ядерно-физических и медицинских аспектов функционирования центра на нем с 1999 г. началось практическое облучивание онкологических больных.

В 2003–2004 гг. была проведена реконструкция центра с модернизацией нейтронного генератора (увеличен выход нейтронов вдвое), повышением качества дозиметрического планирования облучения и оснащением новым оборудованием. Пропускная способность центра повысилась со 120 чел./год до 700 чел./год.

В центре имеются два дополнительных канала, на которых во время, свободное от клинических операций, проводятся физические исследования, требующие нейтронных потоков. Один канал – статический – используется для определения свойств слоев нейтронной защиты ядерных реакторов, второй – импульсный – для исследований спектральных характеристик нейтронного излучения при его взаимодействии с образцами изучаемых материалов.

В разработке и эксплуатации центра нейтронной терапии ведущими являются следующие сотрудники НИО-5: Э. П. Магда, А. И. Сауков, Г. В. Мокичев, В. В. Намаконов.

#### *Взрывная дейтериевая энергетика*

При промышленных применениях ядерно-взрывных технологий (сейсмозондирование земной коры, тушение аварийных фонтанов, дробление рудных тел, создание подземных хранилищ) специалисты НИО-5 обеспечивали проведение физических измерений по



разработанным в отделении методикам. Однако этим не ограничивалось участие ученых отделения в разработке мирных ядерно-взрывных технологий. На пути поисков мирного использования энергии ядерных и термоядерных взрывов еще в начале 1960-х годов во ВНИИЭФ было выдвинуто предложение о создании стационарной установки для получения делящихся материалов и генерации электроэнергии при подземных ядерных взрывах. Новый импульс дальнейшей проработке подобного предложения дали успешные испытания разработанного в РФЯЦ – ВНИИТФ промышленного ядерно-взрывного устройства, в котором 99,85% энергии получается за счет синтеза ядер дейтерия.

В теоретическом и экспериментально-физическом отделении в 1997–2004 гг. была разработана концепция так называемой взрывной дейтериевой энергетики (ВДЭ).

Концепция ВДЭ основана на установках КВС, в которых периодически происходит подрыв термоядерных зарядов и передача выделившейся при взрыве энергии теплоносителю первого контура – жидкому натрию. Через второй (при необходимости – через третий) контур, также на основе жидкого натрия, тепло передается к генераторам электрической энергии и низкотемпературным тепловым контурам.

К настоящему времени возможность получения термоядерной энергии на основе дейтерия при взрыве сравнительно малой мощности подтверждена в экспериментах и считается доказанной. Также не вызывает сомнений возможность достижения большого значения коэффициента воспроизводства ДМ из сырьевого материала в рамках предлагаемой концепции.

Тем не менее следует подчеркнуть, что в настоящее время концепцию ВДЭ нельзя считать полностью обоснованной. Имеется ряд инженерно-технических вопросов, принципиальная возможность решения которых не ясна. К ним относятся: подтверждение прочности корпуса

КВС при взрыве термоядерного заряда, возможность эффективной передачи выделяемой при взрыве энергии теплоносителю первого контура, возможность эффективной передачи тепла между первым и вторым контурами, технология очистки теплоносителя первого контура, возможность выделения наработанного делящегося материала и неиспользованного сырьевого материала и другие вопросы.

Конечно, от предложенной концепции следовало бы перейти к проработке инженерного проекта. В последние годы (2005–2007) к группе специалистов ВНИИТФ, продолжающих заниматься концепцией ВДЭ, подключились ученые ВНИИЭФ.

Наибольший вклад в разработку концепции внесли: Г. А. Иванов, Л. И. Шибаршов, Б. В. Литвинов, А. С. Ганеев, Н. П. Волошин, А. И. Свалухин, Ф. П. Крупин, С. Ю. Кузьминых (ВНИИТФ); Ю. А. Трутнев, Ю. Н. Бабаев, А. В. Певницкий и В. Н. Мохов (ВНИИЭФ).

#### Научные кадры

физико-экспериментального отделения

В физико-экспериментальном отделении работали (и часть из них работают) ведущие научные сотрудники, имеющие ученые степени, и ведущие специалисты, внесшие определяющий вклад в становление и развитие отделения и института. Среди них 5 лауреатов Ленинской премии, 17 лауреатов Государственной премии СССР и РФ, 6 лауреатов премии Правительства Российской Федерации; 14 докторов наук, 30 кандидатов наук, 4 профессора. Орденами и медалями СССР и РФ награждено более 200 человек.

В качестве заключения можно отметить, что работы по моделированию воздействия различных условий эксплуатации на разрабатываемые изделия и по определению фактически реализующихся параметров опытных и серийных образцов занимают в РФЯЦ – ВНИИТФ весьма значимое место.



Благодаря соответствующим исследованиям и практике эксплуатации установок, моделирующих, имитирующих и воспроизводящих условия

жизненного цикла изделий, институту удавалось и удастся подтвердить соответствие разработок тактико-техническим требованиям заказчика.

## 2.2. Проблемы стойкости ЯЗ и ЯБП к поражающим факторам ядерного оружия

После создания ядерного оружия в СССР были выполнены численные и аналитические расчетные оценки возможности использования поражающих факторов ядерного взрыва (ПФЯВ) в интересах обеспечения противоракетной обороны страны. В нашем институте начало этих работ относится к 1958–1959 гг. Это были годы интенсивного развития полупроводниковой электроники и ее внедрения в военную и гражданскую технику.

По заказу разработчиков бортовой аппаратуры КБ-2 (сектор 8) были проведены первые исследования стойкости полупроводниковых диодов и триодов (автономно и в составе полупроводниковых преобразователей) к воздействию гамма-нейтронного излучения. Ожидалось, что стойкость боеголовок будет критична по данному параметру. То есть произойдет отказ в цепях напряжения питания блоков автоматики из-за выхода из строя полупроводниковых приборов, и, соответственно, не будет выдан импульс на электродетонаторы.

Анализ возможных проявлений воздействия гамма-нейтронного излучения на конструкцию заряда и автоматики привел к постановке наземных облучательных опытов ФО-12-1 и ФО-12-2 на Семипалатинском полигоне. Первый эксперимент, проведенный в 1961 г., по ряду методик оказался мало информативным из-за отсутствия опыта подобных исследований. Второй опыт, проведенный в 1962 г., был значительно интереснее: впервые удалось оценить температуры фазовых переходов в деформируемых материалах, было показано, что нейтронный разогрев может привести к нарушению геометрии деталей. Была оценена стойкость взрывчатых

составов, получены экспериментальные данные о стойкости приборов автоматики к гамма-нейтронному излучению, автономно и в составе схем изделий.

Результаты опытов ФО-12-1 и ФО-12-2 послужили стартовым сигналом создания в институте лабораторной базы импульсных реакторов и гамма установок, моделирующих ПФЯВ.

В тот период руководителями работы являлись доктор физико-математических наук, начальник теоретического сектора, заместитель научного руководителя института Юрий Александрович Романов и доктор физико-математических наук, начальник отделения экспериментальной физики Юрий Аронович Зысин. К работам подключаются молодые физики-теоретики В. З. Нечай, Ю. И. Кузнецов, В. С. Любимов, физики-экспериментаторы В. Ф. Хохряков, Б. А. Предеин, Л. Н. Афанасьев, Ю. Ф. Тутуров и другие.

Параллельно в институте рассматривается возможность поражения рентгеновским излучением корпусов боеголовок на траектории при перехвате их противоракетами с ядерными зарядами. В 1959 г. на возможность использования рентгеновского излучения ядерного взрыва как поражающего фактора на больших высотах и в космосе указал известный физик Александр Соломонович Компанеев.

В. З. Нечай подключился к работам по подготовке первого облучательного подземного физического опыта ФО-10 в мае 1961 г. Он выпустил два отчета: о газовом калориметре и об измерении рентгеновского излучения в ФО-10.

Этот опыт был успешно проведен в феврале 1962 г. в штольне А-1 Семипалатинского



полигона. В опыте подтвердились теоретические оценки о ведущей роли рентгеновского излучения в вакууме как поражающего фактора.

Измерения механических импульсов, возникающих при воздействии рентгеновского излучения на образцах материалов и пакетов корпусов головных частей, разрабатываемых различными КБ, дали исходную информацию для развития лабораторных методов обработки стойкости корпусов. Для моделирования механического импульса РИ при лабораторно-конструкторской обработке изделий в условиях внутреннего полигона были предприняты попытки использования различных способов: ударом разогнанной взрывом пластины, электровзрывом металлической фольги, детонацией напыленного азида свинца, скользящей детонацией тонкослойных зарядов пластичных ВВ. Наиболее подходящим оказался последний метод, осуществить который удалось благодаря разработке и освоению в серийном производстве на заводе № 2 специального взрывчатого состава, обладающего необходимыми детона-

ционными и технологическими характеристиками. В апреле 1964 г. с использованием этого метода в присутствии руководства ВНИИП и МСМ было проведено первое полномасштабное испытание головной части баллистической ракеты, предназначавшейся для прорыва создававшейся в США системы ПРО. В последующем этот метод был усовершенствован в части воспроизведения всего диапазона задаваемых ТТЗ нагрузок и высотных параметров атмосферы и стал основным для обработки, зачетных и переаттестационных испытаний всех разрабатываемых головных частей и боевых блоков ракет РВСН и ВМФ. По материалам работ были защищены две кандидатские и одна докторская диссертации, получены два авторских свидетельства на изобретения. Методика испытаний вошла в отраслевой ОСТ по испытаниям ЯБП на комплексные механические воздействия. Наибольший вклад в ее создание и развитие внесли К. К. Крутников, В. П. Ратников, А. Н. Ткаченко, А. К. Музыря, А. Л. Коптелов, П. К. Панов, С. А. Ващинкин, А. П. Рыбаков, С. М. Батенин,



Вид макета изделия после испытания на воздействие механического импульса рентгеновского излучения



Е. П. Бастраков, Е. В. Ментешов, В. П. Левин, А. Н. Шербина, С. И. Карачинский, А. Ф. Васильев, А. В. Городнов, С. В. Мытарев, С. В. Власов.

Рентгено-спектральные измерения подтвердили расчетные оценки выхода рентгеновского излучения при ядерном взрыве. Конструкция и работа физической установки продемонстрировала возможность имитировать условия космоса на короткий промежуток времени в несколько миллисекунд, достаточный для выполнения измерений импульсов и спектра до подлета к облучаемым позициям продуктов взрыва.

После анализа результатов ФО-10 НТС института выдвигает комплекс проведенных исследований на соискание Ленинской премии. Принимается решение, учитывая высокую актуальность работы, начать подготовку следующего облучательного опыта ФО-14 с расширенной номенклатурой исследуемых образцов пакетов корпусов ГЧ и изучением мер снижения величины импульса на поверхности корпуса.

В марте 1964 г. успешно проходит опыт ФО-14, а в апреле Ленинская премия присуждается авторскому коллективу в составе шести сотрудников предприятия: А. С. Ганееву, И. М. Израилеву, К. К. Крупникову, А. В. Лучинскому, В. З. Нечая и Б. А. Предину – за «научные труды в области физических наук», – так в выданных дипломах были зашифрованы результаты исследований в области поражающего действия рентгеновского излучения ядерного взрыва в вакууме.

А. С. Ганеев и И. М. Израилев обеспечивали рентгеноспектральные измерения, кроме того А. С. Ганеев отвечал за работу физической установки и обеспечение требуемого вакуума. К. К. Крупников и А. В. Лучинский выполняли отработку конструкции баллистических маятников и проведение измерений импульсов. В. З. Нечай отвечал за расчетно-теоретическое обоснование параметров излучений, Б. А. Предин – за выполнение измерений в условиях штольни. Отметим, что на тот период никаких передвижных прибор-

ных сооружений не существовало и выполнение нескольких сотен осциллографических измерений регистраторами, расположенными в штольне, представляло сложную техническую задачу, особенно в части защиты от паразитных наводок при воздействии излучений на измерительные кабели и осциллографы.

Опыты ФО-10, ФО-14 и, главным образом, последовавший за ними опыт ФО-28 (сентябрь 1968 г.) указали на целесообразность работ по исследованию воздействия рентгеновского излучения с более жестким спектром.

Потребовалось создание надежных математических программ расчета прохождения рентгеновского излучения по слоям различных материалов в боеголовке и расчетно-экспериментальной проверки допустимости (или нет) возникающих эффектов.

В этот период уже было ясно, что необходима редакция облучательного опыта, позволяющая исследовать комплексное действие проникающих излучений высотного ядерного взрыва на полномасштабные образцы, или представительные фрагменты разрабатываемой техники. При этом следовало полностью исключить действие на исследуемые объекты радиоактивных продуктов ядерного взрыва, а также сопровождающее действие ударной волны и сейсмки, поскольку облученные объекты требовалось после опыта изъять из вакуумной физической установки для дефектации и лабораторных исследований.

В марте 1969 г. НТС института рассмотрел предложение В. З. Нечая, А. С. Ганеева, А. В. Лучинского, Ю. Ф. Тутурова, А. Н. Шербины по редакции опыта ФО-42.

Опыт ФО-42-1 состоялся в январе 1971 г. Однако из-за нерасчетного срабатывания заряда-облучателя ожидавшиеся параметры рентгеновского излучения не были получены. Тем не менее работоспособность системы защитных устройств была проверена и подтверждена их эффективность. Руководством института было



принято решение повторить опыт, при этом предварительно провести автономную проверку облучателя.

В процессе обсуждения вопроса подготовки повторного опыта на выездном заседании НТС-2 МСМ в Снежинске в редакцию опыта ФО-42-2 были внесены две коррективы. Первая – предложение теоретиков ВНИИЭФ (В. Дубинин) увеличить мощность облучателя примерно на 20%. Второе предложение, высказанное В. З. Нечаем и А. Н. Шербиной, касалось корректировки конструкции исследуемых объектов с целью проверки эффективности новой системы защиты. Оценки показывали, что такая комбинированная защита позволит обеспечить существенное уменьшение радиуса поражения рентгеновским излучением.

Неясными в тот период оставались вопросы комплексного действия на спецснаряжение проникающих излучений.

Многообразие комплектующих узлов: электрические кабели, полупроводниковые приборы, конденсаторы, микросхемы и др., выполненные с использованием широкой номенклатуры элементов таблицы Менделеева, различных технологий изготовления и монтажа, внесения требуемых присадок, покрытий, порождало массу вопросов. Главный из них – как обеспечить их защиту, используя некий минимум единых критериев. Решению этой задачи очень помогло проведение лабораторных исследований по имитации действия импульсного рентгеновского разогрева элементов и приборов электронным пучком. Впервые такую возможность использования электронных пучков, полученных на импульсных гамма-установках, обосновали в 1970 г. В. З. Нечай, Ю. А. Зысин и Ю. Ф. Тутуров. Отметим, что В. З. Нечай после ознакомления с открытой публикацией в американском журнале о «катастрофических» повреждениях полупроводниковых приборов при воздействии электронных пучков сразу вы-

сказал предположение, что таким путем американцы имитируют действие сверхжесткого рентгена на микроэлектронику на лабораторных установках.

В июне 1972 г. на Семипалатинском полигоне успешно прошел автономные испытания модернизированный заряд-облучатель, а в августе состоялся ФО-42-2. В опыте была выполнена большая программа измерений рентгеновского спектра в широком диапазоне энергий, выполнены традиционные измерения механических импульсов на образцах пакетов ГЧ, а также на образцах, имитирующих беззазорные соединения, где корпус ГЧ опирается непосредственно на конструкцию заряда.

Измерение движения экспериментальной ГЧ на подвеске под действием импульса рентгеновского удара в опыте, по сути, повторило результат, полученный при проведении калибровочного эксперимента на внутреннем полигоне до выезда на внешний. Оказались близкими записи перегрузок на идентичных посадочных местах в экспериментальной ГЧ, полученные на внешнем полигоне и ранее в калибровочном опыте.

Интересные результаты были получены после извлечения и лабораторной дефектации исследуемых сборок и приборов в сохраняемых контейнерах. В контейнере с приборами автоматки имитировалось облучение со стороны днища ГЧ. На половине контейнера в зоне обслуживания, начиная с крышки, были нанесены защитные покрытия и установлены внутренние экраны согласно предложенным критериям. Вторая половина контейнера не содержала защиты, а выполнялась по существовавшей на тот период технологии.

Эффекты воздействия СЖР-излучения на обоих «половинках» аппаратуры в контейнере существенно отличались. В незащищенной части наблюдались значительное разбрызгивание паяных соединений в блоке автоматки и отказ незащищенного канала. В защищенной части всё было благополучно.

По результатам опыта В. З. Нечая была подготовлена и в декабре 1973 г. успешно защищена докторская диссертация.

Успешное сохранение и извлечение контейнеров с испытуемыми образцами в ФО-42-2 стало начальной точкой реализации идеи сохранить и извлечь из вакуумной системы более представительные образцы техники.

Программа облучательных опытов серии ФО-42 после обсуждения с Л. П. Феоктистовым и Б. В. Литвиновым была представлена Е. И. Забабахину. В тот период шла жесткая конкурентная борьба между двумя новыми зарядами, разрабатываемыми на конкурсной основе (ВНИИТФ и ВНИИЭФ). Последним аргументом в принятии решения в пользу заряда ВНИИТФ могло явиться его успешное испытание в условиях максимально приближенных к модели противоракетной обороны.

Создание каскада устройств, препятствующих проникновению ПВ в вакуумную трубу большого диаметра, позволило существенно увеличить площадь облучаемой поверхности на рабочих позициях и проводить исследования крупногабаритных объектов.

Параллельно совершенствованию защитных сооружений специалисты обоих центров работали над снижением мощности облучателей.

Еще одним новшеством, примененным в опыте ФО-42-3, было введение гелиевой оболочки для снижения потерь излучения. Это техническое решение в дальнейшем получило развитие и многократно применялось в различных облучательных опытах.

Опыт ФО-42-3 состоялся 13 сентября 1974 г. Интересная деталь – перед уходом из концевой бокса с установленным в нем зарядом-облучателем В. З. Нечай вдруг потребовал обшить одну из стенок бокса досками. Недоумевающие генералы из руководства полигона приказали бригаде монтажников срочно выполнить просьбу.

После приема сообщений от руководителей методик, что облучатель сработал в расчетном режиме, прорыва продуктов взрыва нет, и разгерметизация физустановки произошла плавно, генерал Шмаков Михаил Лифантьевич, поздравляя В. З. Нечая, пошутил: «Доски сработали», – на что Владимир Зиновьевич ответил: «И доски тоже».

Дефектация и лабораторные исследования подтвердили, что испытанные образцы полностью сохранили работоспособность.

Таким образом, облучательные опыты серий ФО-42 ВНИИТФ и ФО-СЖР ВНИИЭФ подтвердили ведущую роль сверхжесткого рентгеновского излучения ядерного взрыва в космосе как поражающего фактора и принципиальную возможность построения защиты боеголовок ракет. 5 ноября 1975 г. министр Е. П. Славский поздравил руководство института с присуждением Государственной премии СССР «за комплекс специальных физико-технических исследований». От института лауреатами по теме стали: теоретики В. З. Нечай и В. Е. Севастьянов, математик А. С. Мельниченко, физик-экспериментатор В. С. Дзянков, от конструкторов – Б. В. Белоусов и от испытателей – А. Н. Щербина.

Завершающий опыт ФО-42-4, проведенный в августе 1975 г. на полигоне на Новой Земле, убедительно продемонстрировал, что реализованные в конструкциях разделяющихся боеголовок технические решения позволяют обеспечить их стойкость при одиночном перехвате.

Таким образом, целесообразность строительства ядерной территориальной ПРО стала сомнительной, и противостоящие мировые системы занялись поиском альтернативных технических средств поражения атакующих боеголовок.

Следующий этап облучательных опытов связан с существенным расширением номенклатуры исследуемой техники. Заказы на постановку в облучательные опыты полномасштабных образцов стали поступать от ракетных





и противоракетных КБ, разработчиков спутников. Военно-космическая техника имела существенно меньшую стойкость, чем ядерные боеголовки и для ее испытаний требовались значительные по длине и диаметру физические установки. Чтобы снизить затраты и время подготовки опытов, требовался облучатель меньшей мощности, чем тот, который использовался обоими институтами в опытах ФО-42, ФО-СЖР.

Значительно возросли требования к редакции облучательных опытов в части обеспечения надежного исключения воздействия на испытываемую технику и измерительные комплексы сопровождающих ядерный взрыв факторов, таких как высокоскоростная струя продуктов взрыва, сейсмика, рассеянное проникающее излучение, электромагнитные наводки. Отметим, что стоимость испытываемой техники в облучательных опытах существенно превышала затраты на горно-монтажные работы и заряд-облучатель. Усилия теоретиков обоих ядерных центров сосредоточились на создании зарядов-облучателей существенно меньшей мощности, чем облучатель, созданный во ВНИИТФ под руководством В. З. Нечая и многократно примененный в опытах серий ФО-42 и ФО-СЖР.

ВНИИЭФ, как ведущий по тематике ПРО, предложил облучатель меньшей мощности, чем разработки В. З. Нечая. Так появился облучатель для опытов серии ФО-420, в котором использовались инициатор нашего предприятия (Ю. С. Вахрамеев, В. А. Кибардин, Н. Г. Михальков) и термоядерный узел разработки ВНИИЭФ (В. Г. Заграфов).

Следующим шагом в модернизации облучателей явилось создание под руководством В. З. Нечая ядерного взрывного устройства сверхмалой мощности. Здесь необходимо отметить роль В. С. Любимова и Ю. И. Кузнецова, а в разработке редакции физической установки – С. А. Вашинкина.

Таким образом, в нашем институте было реализовано предложение Л. П. Феоктистова о соз-

дании термоядерного облучателя предельно малой мощности, высказанное в 1968–1969 гг.

Решение о проведении облучательных опытов «предФО-100» и ФО-100 было принято Е. И. Забабахиним на совещании в конце 1983 г. – начале 1984 г. Евгений Иванович, открывая совещание, отметил, что наша кооперация проведения облучательных опытов совместно с ВНИИЭФ наряду с положительными факторами (меньшие затраты) имеет отрицательные моменты. Мы, как институт, вынуждены подстраиваться под программу ведущей организации – ВНИИЭФ, а это не всегда идет на пользу, в частности некоторые методические направления хиреют, не развиваются, начинаем обращаться за помощью. Евгений Иванович предложил подготовить в главк документ о проведении испытаний облучателя сверхмалой мощности, проверки его параметров и защитных устройств в редакции физустановки.

Такой опыт «предФО-100» был проведен в сентябре 1987 г. Подтвердились расчетные параметры облучателя, работа защитных устройств физической установки в режиме малой мощности. Но был один негативный момент. ВНИИЭФ не успевал к сроку проведения «предФО-100» поставить взрыв-затвор большого диаметра для перехвата возможных осколков из ближней зоны взрыва. Их действие привело к повреждению торца физустановки на первой рабочей позиции. Авторам опыта повезло – осколки не повредили испытываемые объекты.

Представляло интерес, где произошло пережатие ударной волной трубы канала вывода излучения (КВИ). Эта информация позволяла в дальнейшем корректировать угол раскрытия КВИ, что существенно определяет площадь облучаемых позиций, то есть возможности установки дополнительно испытываемых образцов или их масштабы.

В конце ноября 1987 г. представители ВНИИТФ (С. А. Вашинкин, А. Н. Шербина) в сопровождении горноспасателей и дозиметри-



стов прошли по штольне 132п, вскрыли технологический люк в фидустановке и прошли, а затем проползли до зоны пережатия трубы – ориентировочно 32–33 метра от центра взрыва. Убедились, что труба в районе пережатия порвалась по сварке, и, видимо, зона сварки послужила источником осколочного поля.

Таким образом, уже в 1987 г. было установлено, что забивочный комплекс и защитные элементы полностью исключают выход продуктов взрыва из бокса в штольню, то есть на опыт ФО-100 мы шли с большой уверенностью в успехе. Жаль, что политики не дали выполнить задуманное. Опыт ФО-100, подготовленный в штольне 108К, был отменен в 1990 г.

### 2.3. Физические исследования при ядерных взрывах

#### *Введение*

Ядерные заряды – одни из самых наукоемких технических устройств, созданных человечеством. Они потребовали концентрации знаний по широкому кругу областей науки и привлечения огромных технических и финансовых ресурсов. В свою очередь, создание ядерных зарядов стимулировало изучение физических процессов, происходящих в условиях, недостижимых в лабораторных экспериментах.

При ядерных взрывах реализуются давления до нескольких миллиардов атмосфер, температуры до нескольких сотен миллионов градусов, возникают интенсивные потоки электромагнитных излучений в диапазоне от радиочастот до частот жестких гамма-квантов и нейтронов с энергией от нескольких долей электрон-вольта до нескольких десятков мегавольт. В процессе взрыва имеют место разнообразные физические процессы: ударные и детонационные волны, кумуляция, турбулентность, фазовые превращения, радиационный перенос энергии, диссоциация и ионизация, ядерные и термоядерные реакции.

Разработанная технология испытаний электронной техники в облучательных опытах позволила в исключительно короткий срок в 3–5 лет создать элементы (от конденсаторов и транзисторов до сверхбольших интегральных микросхем), стойкие к действию поражающих факторов ядерного взрыва, и переоснастить ими бортовую аппаратуру систем управления ракет и военно-космическую технику. Внедрение стойкой техники в аппаратуру ракет существенно снижало эффективность американских работ по СОИ и в итоге привело к сворачиванию и пересмотру программы.

Итак, ядерные взрывы открывают уникальные возможности для фундаментальных и прикладных научных исследований, к сожалению не полностью использованных.

Отметим те направления, по которым велись достаточно широкие исследования и были получены значительные результаты.

1. Изучение термодинамических свойств веществ, уравнений состояния, фазовых превращений.
2. Измерение оптической (интегральной и спектральной) прозрачности плотной плазмы.
3. Исследования термоядерного горения и термоядерной детонации.
4. Исследования электромагнитных излучений, сопровождающих ядерные взрывы.
5. Изучение радиационного воздействия на материалы и технологические элементы.
6. Получение далеких трансураниевых элементов.
7. Измерения нейтронных сечений.
8. Создание мощных оптических лазеров.

Эти исследования проводились в СССР и США как в специальных опытах с использованием ядерного взрыва, так и полутно



с испытаниями зарядов и некоторыми промышленными применениями.

В исследованиях по большинству указанных направлений в нашей стране определяющей была роль двух ядерных центров: ВНИИЭФ и ВНИИТФ. По отдельным направлениям существенный вклад внесли другие отраслевые и академические институты. В этих работах участвовали также многочисленные организации, обеспечивающие подготовку и проведение взрывов. В проведение конкретных экспериментов важный вклад вносили полигоны и их службы.

*Измерения пробегов излучения –  
первый специализированный  
физический опыт (1957 г.)*

На определенных этапах ядерного взрыва преобладающим механизмом переноса энергии является лучистая теплопроводность. Важная роль процессов переноса энергии путем лучистой теплопроводности сначала была осознана применительно к звездам. Теория таких процессов начала создаваться в 1930-х годах. В составе вещества подавляющего большинства звездных объектов преобладают элементы с малыми атомными номерами. При этом основными механизмами взаимодействия квантов излучения с веществом являются тормозное взаимодействие и комптоновское рассеяние.

При ядерных взрывах возникают плотности энергии, величины которых сопоставимы со значениями, характерными для звездных объектов. Однако в случае ядерных взрывов положение осложняется тем, что в зарядах находятся вещества с большими атомными номерами. При высоких температурах они подвергаются многократной ионизации и имеют сложные энергетические спектры. Набор энергетических уровней, их состояние существенно зависят также от термодинамических условий. Получение этих данных даже сейчас представляет собой весьма сложную задачу, а в те далекие времена не была даже ясна важность роли этих процес-

сов. Однако результаты испытаний уже первых систем, использующих радиационное обжатие, косвенно указывали на неточность имеющихся в то время данных по переносу излучения.

Поэтому в 1950-х годах одной из важнейших задач стало получение экспериментальной информации по пробегам излучения в веществах с высоким атомным номером. В 1956 г. для этой цели по инициативе руководителей ВНИИЭФ Я. Б. Зельдовича, А. Д. Сахарова, Ю. Б. Харитона был подготовлен и проведен физический опыт (ФО-1) с полномасштабным ядерным взрывом. Однако по методическим причинам (недостаточный учет воздействия радиационных потоков на средства регистрации) экспериментальную информацию получить не удалось. В 1957 г. аналогичный опыт (ФО-3) взялся провести молодой коллектив ВНИИТФ. Основные участники ФО-3:

- < исходное предложение – Я. Б. Зельдович, А. Д. Сахаров;
- < инициатива проведения данного опыта – К. И. Шёлкин, Е. И. Забабахин, Ю. А. Романов, В. С. Имшенник;
- < научное руководство – Ю. А. Романов;
- < выбор редакции опыта, расчетно-теоретические работы, обработка результатов – Е. Н. Аврорин;
- < конструкторские работы – В. Ф. Гречишников, В. Д. Кирюшкин, А. С. Красавин;
- < физические измерения – А. Д. Захаренков, В. К. Орлов, А. С. Дубовик, П. В. Кевлишвили;
- < руководство проведением опыта на полигоне – В. Ю. Гаврилов.

Исходная идея опыта основывалась на том, что затухание потоков энергии вдоль труб зависит от теплопроводности стенок: чем больше теплопроводность стенки, тем быстрее затухает поток энергии. Энергия, поглощенная отдельными участками стенок труб, определялась по скорости ударной волны в измерительных элементах, смонтированных в стенки. Момент



выхода волны на наружную поверхность элемента фиксировался по появлению оптической вспышки. С учетом опыта ФО-1 особое внимание уделялось надежности измерений. Большую помощь в выборе надежной редакции опыта оказал Я. Б. Зельдович. Регистрация оптического излучения проводилась с расстояний от 2 до 5 км посредством скоростных фоторегистраторов, разработанных в институте химической физики АН СССР.

Результаты опытов стимулировали интенсивное развитие квантово-механических моделей для расчета значений непрозрачности веществ. Важнейший вклад в развитие теоретических работ внесли Я. Б. Зельдович и Ю. Н. Бабаев. Непосредственная разработка теоретических моделей и алгоритмов вычислений, накопление расчетных данных осуществлялось в институте прикладной математики АН СССР А. Ф. Никифоровым, В. Б. Уваровым и их сотрудниками.

*Изучение уравнений состояния и фазовых превращений веществ при динамических нагрузках*

В программу большого числа специальных физических опытов и испытаний ядерных зарядов входили работы по изучению свойств веществ в динамических процессах при рекордно высоких давлениях (до 3,6 Гбар). Наиболее просто были реализованы измерения ударно-волновой сжимаемости методом отражений, разработанным для исследований с помощью химических взрывчатых веществ Л. В. Альтшулером, К. К. Крупниковым и др.

Этот метод предполагает, что известно уравнение состояния эталонного вещества (обычно в качестве эталона использовались железо или алюминий).

Успешный натурный опыт с постановкой таких измерений впервые был проведен сотрудниками ВНИИТФ в марте 1966 г. Схема постановки таких опытов и проведения измерений

была разработана В. А. Симоненко, К. К. Крупниковым и Л. П. Волковым.

Одна из модификаций схемы постановки измерений выглядела следующим образом. В горном массиве вокруг бокса с зарядом создавалась обводная выработка, в которой сооружались ниши для размещения измерительных блоков. Измерительные блоки размещались на гладких площадках, изготовленных в горной породе. Гладкая поверхность устанавливалась перпендикулярно направлению на центр взрыва. Регистрация моментов прихода ударной волны в заданные точки осуществлялась с помощью электроконтактных датчиков.

Уже в первом опыте была реализована расширенная программа с постановкой шести измерительных блоков. С помощью одного из них измерялась ударная сжимаемость гранита относительно ударной сжимаемости железа. Была получена точка на ударной адиабате гранита при давлении в два раза выше достигнутого к тому времени в лабораторных экспериментах. В дальнейшем были уточнены ударные сжимаемости воды и алюминия, зафиксировано влияние процесса плавления на эволюцию фронта ударной волны в кварците. Всего за время проведения подземных испытаний специалисты ВНИИТФ провели исследования с применением более 60 измерительных блоков. В частности, такая же постановка измерений применялась при проведении последнего ядерного испытания института в 1988 г. В этом опыте были получены ценные данные по ударной сжимаемости кварцита и по раздвоению волны в кварце в области фазового перехода кварц–стишовит, по ударному сжатию пористого алюминия.

В аналогичной постановке проводились исследования сотрудниками ВНИИЭФ первоначально под руководством Л. В. Альтшулера, а затем Р. Ф. Трунина.

По совокупности данных ВНИИЭФ и ВНИИТФ можно сделать вывод о существовании двух фазовых переходов в кварците: при



давлении 230–350 кбар (переход от обычной фазы к высокоплотной) и при давлении около 1,15 Мбар (плавление).

Первоначально для построения широкогодиапазонных уравнений состояния использовались данные модели Томаса–Ферми (ТФ) с различными поправками. Однако модель ТФ не учитывает нерегулярное влияние электронных оболочек атомов. В ряде подземных ядерных взрывов исследовалось, в какой мере оно сказывается при ударно-волновых сжатиях плотных сред.

Во ВНИИТФ были выполнены методом отражения измерения ударной сжимаемости алюминия, свинца, воды и кварца относительно ударной сжимаемости железа при рекордно-высоких давлениях: до 240 Мбар в Al и до 550 Мбар в Pb.

Описанные выше результаты были получены относительным методом, предполагающим знание уравнения состояния эталонного вещества.

Абсолютные измерения ударно-волновой сжимаемости требуют одновременного измерения массовой скорости и скорости ударной волны. Известные лабораторные методы определения массовой скорости имеют физические ограничения при высоких давлениях и скоростях.

Американские исследователи Раган, Зильберт и Дайвен предложили схему измерений массовой скорости в области высоких давлений, которая основана на смещении резонансов взаимодействия нейтронов с ядрами движущегося вещества по отношению к их положению у покоящихся ядер (доплеровский сдвиг).

Наиболее ярко резонансы выражены у молибдена, который и исследовался специалистами США. В уране было реализовано давление  $P \approx 90$  Мбар, в молибдене зафиксированы скорость ударной волны  $D = 18,7 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$  и массовая скорость за фронтом ударной волны  $U = 10,2 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$ . Достигнутая в измерениях скорости точность  $\pm 5\%$  не позволяет использовать полученную экспериментальную точку для

калибровки уравнений состояния молибдена. Главные источники погрешности измерений связаны с неопределенностью длительности источника нейтронов и различными механизмами размытия резонансов, однако вклад в погрешность многих из этих факторов ослабевает с увеличением массовой скорости, так что при  $U \approx 100 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$  имеется принципиальная возможность достижения точности  $\Delta U/U \approx 1\%$ .

Во ВНИИТФ был предложен способ одновременного измерения величин  $D$  и  $U$  с помощью гамма-активных реперных слоев, внедренных в исследуемое вещество. (В. А. Симоненко, Л. П. Волков, Н. П. Волошин, В. Н. Ногин и др.) Интенсивный гамма-источник может быть получен при импульсном облучении нейтронами вещества, ядра которого обладают сечением радиационного захвата, превосходящим в  $\sim 10^3$  раз соответствующие сечения исследуемого вещества. В реперных слоях можно использовать европий, для которого при  $E_n = 10\text{--}100$  эВ сечение  $(n, \gamma)$ -реакции составляет  $\sigma = 220 \pm 80$  б. В процессе газодинамического движения реперные слои увлекаются движущимся веществом. С помощью системы коллимирующих щелей фиксируются моменты прохождения ими контрольных положений.

В применениях метода отражения в качестве эталонного вещества широко использовался алюминий. В области давления 5–150 Мбар имеются существенные неоднозначности в уравнении состояния этого вещества. Это и обусловило интерес к алюминию в первых применениях нового метода. При проведении 3 ядерных взрывов были получены значения  $D$  и  $U$  при давлениях в Al равных 9,3, 9,9 и 32 Мбар.

Опыт применений гамма-реперного метода измерений ударной сжимаемости показывает, что имеются большие возможности совершенствования его при использовании различных сочетаний репера и исследуемого материала.

В 1999 г. комплекс исследований сжатия веществ при сверхвысоких давлениях подземных



ядерных взрывов был отмечен присуждением премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники. Лауреатами этой премии от ВНИИТФ стали 6 человек.

### *Исследования термоядерного горения*

В ряде взрывных экспериментов изучались условия термоядерного воспламенения дейтерия и дейтериево-тритиевой смеси.

Теоретический критерий термоядерной вспышки был получен в работе сотрудников ВНИИТФ и ВНИИЭФ (Ю. С. Вахрамеев, В. Н. Мохов, Н. А. Попов).

Проблема термоядерного воспламенения оказалась очень сложной. В 1956–1962 гг. оба института (ВНИИЭФ и ВНИИТФ) предпринимали ряд попыток воспламенить «чистые» узлы (конструкции, содержащие термоядерное горючее, но не содержащие делящихся материалов).

Впервые это удалось в 1963 г. (ВНИИЭФ, В. Б. Адамский, В. Н. Мохов, Ю. А. Трутнев).

Важнейшее значение имел опыт, проведенный в 1965 г. ВНИИТФ по предложению Л. П. Феоктистова. В этом опыте было получено воспламенение дейтериевого и дейтерий-тритиевого узлов и начато исследование возможности термоядерной детонации.

Руководство опытом – Е. И. Забабахин.

Конструкторские работы – Б. В. Литвинов.

Расчетно-теоретические работы – Л. П. Феоктистов, Е. Н. Аврорин, А. К. Хлебников, Л. И. Шибаршов, Е. Г. Гамалий.

Физические измерения – Ю. А. Зысин, А. И. Сауков, В. Г. Рукавишников.

В 1967 г. был проведен опыт по определению пределов зажигания газообразного дейтерия (испытан набор термоядерных узлов различных размеров). Предельные размеры оказались весьма близкими к расчетным.

В нескольких опытах была предпринята попытка моделирования мишени для лазерного термоядерного синтеза. Однако не удалось обеспечить термоядерное воспламенение таких

моделей. По-видимому, причиной являлась недостаточная точность изготовления моделей и неоднородность облучения.

Интерес к термоядерной детонации труб, заполненных дейтериево-тритиевой (ДТ) смесью (ДТ-шнуров), возник в 1970-х годах с точки зрения возможности получения неограниченного выигрыша в энергии в инерциальном термоядерном синтезе.

Во ВНИИТФ по инициативе Л. П. Феоктистова начались теоретические, а затем и экспериментальные исследования детонации.

Теоретически детонация изучалась как путем расчетного моделирования, так и с помощью аналитических расчетов и оценок.

Термоядерная детонация оказалась, по выражению Л. П. Феоктистова, заметно более «физически насыщенной», чем детонация взрывчатых веществ (ВВ).

Приходится учитывать разнообразные физические явления:

- < термоядерные реакции;
- < электронную и фотонную теплопроводность;
- < гидродинамическое движение;
- < перенос альфа-частиц;
- < перенос нейтронов.

В зависимости от параметров ведущим оказывается тот или иной процесс: имеет место либо «гидродинамическая» детонация, либо сверхзвуковая волна горения.

Л. П. Феоктистову и его сотрудникам удалось получить оценку для основных параметров термоядерной детонации: скорости детонации и предельного размера детонирующего шнура.

В ряде экспериментов эти оценки подтвердились с приемлемой точностью. Было достигнуто сжатие ДТ-смеси до  $\sim 10 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ . Диаметры сжатых шнуров были на 2–3 порядка меньше их длины. В экспериментах детонация прекращалась при диаметре, несколько большем, чем по расчетным предсказаниям. По-видимому, это связано с неоднородностью сжатия и нагрева термоядерной смеси.



### *Комплексный физический опыт 1983 г.*

Необходимым элементом физического анализа и оптимизации импульсных процессов с участием плотной плазмы является численное моделирование, основанное на машинном решении уравнений механики сжимаемой сплошной среды, в которой из-за высоких температур и давлений происходят разнообразные и сложные физико-химические превращения, изучение которых представляет чрезвычайно трудную и увлекательную задачу, составляющую предмет науки об экстремальных состояниях вещества.

Основная проблема теоретического описания экстремальных состояний вещества состоит в наличии сильного механического взаимодействия в неупорядоченной среде, что исключает применение теории возмущений к квантово-механической задаче многих тел. Данное обстоятельство делает необходимым привлечение физических моделей, основанных на упрощающих представлениях относительно структуры, энергетического спектра и характера межчастичного взаимодействия. Эти модели основаны, по существу, на экстраполяциях представлений о роли коллективных и квантовых эффектов в термодинамике, развитых для слабонидеальной области, и поэтому остро нуждаются в экспериментальной проверке.

Существенно, что ряд теоретических моделей предсказывает резкие немонотонности термодинамических функций, вызванные термической ионизацией и (или) ионизацией давлением, деформацией ионов при сжатии, а также сильным кулоновским взаимодействием в плазме. В ряде случаев эти явления могут привести к гипотетическим фазовым переходам, что может резко исказить привычный вид фазовой диаграммы металлов и качественно усложнить расчет нестационарных гидродинамических явлений из-за потери устойчивости ударных волн. Вопрос об устойчивости плоских стационарных ударных волн в среде с произвольным уравнением состояния впервые рассмотрен С. П. Дьяковым

в 1954 г. В частности, показано, что в зависимости от величины наклона ударной адиабаты плоская стационарная волна теряет устойчивость, распадаясь на серию ударных волн, разделенных непрерывными волнами сжатия, либо реализуется более сложное течение. В этих условиях, как показал Я. Б. Зельдович, возможно образование ударных волн разгрузки.

Экспериментальная проверка такого рода интригующих предсказаний, а также обсуждение фактических сведений о термодинамике конденсированного вещества при экстремально высоких концентрациях тепловой энергии, начатая в середине прошлого века, продолжается по сей день. В динамических экспериментах используется широкий спектр способов генерации мощных ударных волн. Это химические, ядерные и электрические взрывы; пневматические, пороховые и электродинамические пушки; концентрированное лазерное и мягкое рентгеновское излучение, электронные и ионные потоки.

В 1983 г. в ближней зоне ядерного взрыва был проведен физический опыт (ФО-90). Схема установки показана далее. Программа эксперимента включала измерения ударной сжимаемости алюминия и свинца относительно железа, а также сжимаемости железа относительно свинца в области первой осцилляции на ударных адиабатах (часть горизонтальных каналов на рисунке). По другим каналам осуществлялись измерения усредненных и спектральных значений непрозрачности в алюминии и железе, а также изучение режимов термоядерной детонации. В опыте применялась оптическая регистрация. Были получены данные о непрозрачности в области температур 0,5–1 кэВ, измерены основные параметры термоядерной детонации и исследована сжимаемость конструкционных материалов. Часть результатов, полученных в ФО-90 опубликована в монографии «Мощные ударные волны и экстремальные состояния вещества» (Е. Н. Аврорин, Б. К. Водолага, В. А. Симоненко, В. Е. Фортов. М.: ИВТАН, 1990). Следующий



рисунок дает представление об исследованиях сжимаемости веществ в экстремальных условиях, проведенных отечественными и зарубежными учеными. В конечном счете выполненные исследования позволили значительно расширить доступный для физического эксперимента диапазон параметров, исследовать чрезвычайно широкую область фазовой диаграммы металлов, составляющие сейчас девять порядков по давлению и пять порядков по плотности, где в плазме реализуются разнообразные, сложные и малоизученные физические процессы: многократная термическая ионизация, деформация энергетического спектра связанных электронов («оболочечные» эффекты), снятие вырождения электронов и их сильного кулоновского взаимодействия, переход «металл–диэлектрик» и высокотемпературное кипение.

Желтые области на представленном рисунке наглядно демонстрируют, как созданная в СССР школа исследователей физики ударных волн в конденсированных средах реализовала принцип научных работ Ю. Б. Харитона.

Отечественные участники исследований поведения вещества при высоких концентрациях энергии, опираясь на труды отцов-основателей, для ряда ключевых элементов (важных для приложений) довели верхний предел изученного диапазона давлений до границы, выше которой вклад равновесного излучения становится преобладающим. Термодинамика таких экзотических состояний определяется излучением и слабо зависит от структуры самого вещества.

Ученики и последователи Л. В. Альтшулера, К. К. Крупникова и других предложили ряд постановок измерений применительно к подземным ядерным взрывам и реализовали эти измерения, получив уникальные данные.

#### *Вместо заключения*

В конце 1980-х годов началось сотрудничество советских ядерных центров с американскими ядерными лабораториями. В частности,

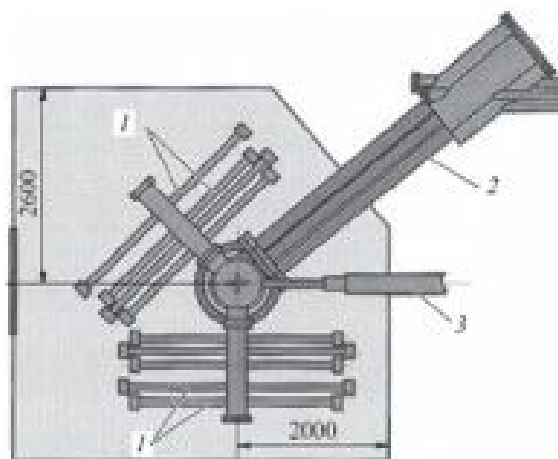
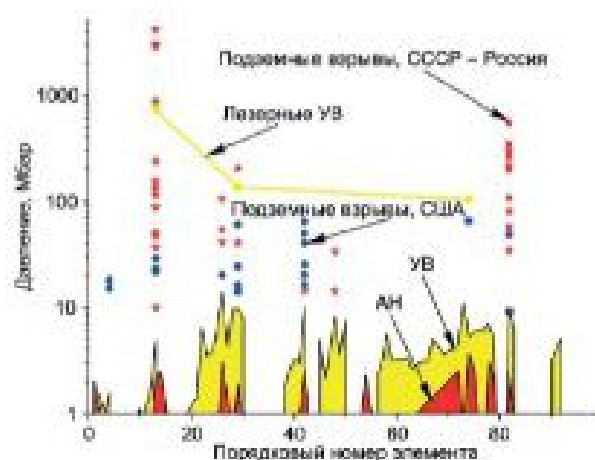


Схема установки (вид сверху):

1 — световые каналы для ударно-волновых и интегральных оптических измерений; 2 — каналы спектральных оптических измерений; 3 — каналы для регистрации термодержки детонации



Исследования ударной сжимаемости элементов с различными  $Z$  в экспериментах с сильными УВ

были начаты обсуждения возможности проведения международных научных экспериментов с использованием энергии ядерного взрыва.

Мораторий на ядерные испытания, объявленный СССР в 1989 г., и последующее заключение Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний обусловили прекращение таких исследований.





## 2.4. Проблемы безопасности ЯЗ и ЯБП

### *Вводные замечания*

Ядерное оружие является, с одной стороны, надежным средством сдерживания агрессора, а с другой – источником опасности. Оно может нанести значительный ущерб не только противнику, но и собственному обладателю, если будет опасным как техническая система. Главный конструктор Б. В. Литвинов всегда подчеркивал, что «...создавая ядерные заряды и ядерные боеприпасы, нельзя делать их такими, чтобы они были опасными при служебном обращении с ними. В противном случае они представляют больше угрозы для своей страны, чем для возможного врага».

Ядерные заряды и ядерные боеприпасы являются потенциально опасными техническими устройствами, но они безопасны при соблюдении требований конструкторской и эксплуатационной документации. Их потенциальная опасность обусловлена наличием в ЯЗ делящихся (оружейный плутоний, оружейный уран) и радиоактивных (третий) материалов, взрывчатых веществ, а также токсичных и химически активных соединений.

ЯЗ и ЯБП создаются достаточно стойкими как к нагрузкам (воздействиям), возникающим при обращении с ними на производстве или в войсках до боевого применения, так и к воздействиям различных факторов при боевом применении. Эта стойкость обеспечивает безопасность в условиях нормальной эксплуатации и надежность при боевом применении. Однако в течение жизненного цикла ЯЗ и ЯБП могут попадать в различные аварийные ситуации, при которых уровни внешних воздействий могут существенно превосходить уровень воздействий при боевом применении или те параметры воздействий, при которых они отработывались на безопасность в соответствии с тактико-техническим заданием Министерства обороны. Поэтому ЯЗ и ЯБП проектируются и изготавли-

ваются так, что при попадании их в аварийную ситуацию, даже такую, при которой произойдет взрыв ВВ ядерного заряда, *ядерного взрыва, представляющего наибольшую опасность, не произойдет*. К тяжелым последствиям может привести взрыв или сгорание ЯЗ или ЯБП с диспергированием и разбросом радиоактивных и токсичных веществ в окружающую среду. Такие случаи были, наиболее известные произошли с американскими ядерными бомбами при падении самолетов-носителей (Испания, д. Паломарес, 17 января 1966 г.; Гренландия, п. Туле, 21 января 1968 г.).

Исход аварий с разбросом радиоактивных веществ опасен и для обслуживающего персонала, и для населения, проживающего на местности, подверженной загрязнению. Избежать такой крайне опасной ситуации можно лишь при самом строгом соблюдении всех норм и правил обращения как непосредственно с ЯЗ и ЯБП, так и со всей техникой, используемой совместно с ними.

Строгое исполнение предписанных правил при проектировании, конструировании, производстве, испытаниях, исследованиях и эксплуатации в армии, как показал полувековой опыт СССР и России, обеспечивает надежную безопасность ЯЗ и ЯБП. За этот период не было ни одной тяжелой аварии со взрывом и разбросом радиоактивных веществ. Однако их отсутствие не может быть доказательством того, что усилением мер безопасности и сведением к минимуму возможности распыления плутония для всех видов ЯЗ и ЯБП заниматься не нужно. Всем лицам, имеющим отношение к ядерному оружию, следует руководствоваться принципом: безопасности никогда не бывает слишком много.

Существенную роль в осознании особой значимости безопасности ядерного оружия сыграла Чернобыльская трагедия (26 апреля 1986 г.).



В «Концепции обеспечения безопасности ядерного оружия», одобренной указом президента в 2011 г., отмечается, что «требуемый уровень безопасности ЯО обеспечивается за счет реализации обоснованных технических решений и организационных мероприятий, при этом за основу принимаются технические решения».

Такой подход всегда соблюдался и соблюдается разработчиками ЯЗ и ЯБП. «...Ядерное оружие – это не просто техническая система, а система человеко-техническая, то есть в ее функционировании действия человека имеют определяющее значение... Люди в любой человеко-технической системе проявляют себя как «слабое» звено. Поэтому при создании таких опасных технических систем как ЯЗ и ЯБП необходимо свести к минимуму влияние человеческого фактора на безопасность за счет разработки безопасных физических схем работы ЯЗ, внедрения в конструкции ЯЗ и ЯБП различных элементов защиты, в том числе «от дурака и злодея», использования прочных и пожаростойких материалов и т. д.» (Б. В. Литвинов).

В данном разделе рассматриваются вопросы обеспечения безопасности ЯЗ и ЯБП на разных этапах их жизненного цикла, в основном за счет реализации научно-технических решений.

#### *Безопасность ЯО (ЯЗ и ЯБП), виды безопасности*

В ГОСТ РВ51315.2–99 термин безопасность ядерного оружия сформулирован как свойство, специально придаваемое ядерному оружию при его создании, которое в сочетании с комплексом организационно-технических мер на всех стадиях жизненного цикла обеспечивает исключение или снижение до допустимого уровня возможности проявления опасности ядерного оружия. В настоящее время разрабатываются государственные нормы безопасности ЯО, цель которых повысить безопасность ЯО за счет ограничения вероятности реализации возможной аварии и ее масштаба. Это

означает, что государство (общество), обладатель ядерного оружия, соглашается с тем, что во имя национальной безопасности оно согласо пойти на определенный риск, связанный с проявлением опасности ЯО в мирное время.

Поэтому одна из главных задач создателей ЯЗ и ЯБП – разработать и сдать в эксплуатацию такие изделия, при обращении с которыми, в том числе и при ликвидации последствий возможных аварий, вероятность взрыва ВВ ЯЗ и распыления плутония была бы меньше конкретной наперед заданной величины.

В течение жизненного цикла ЯЗ и ЯБП могут подвергаться различным воздействиям, в том числе и с уровнем выше регламентированного и отработанного в соответствии с ТТЗ. При этом возможны различные исходы. Наглядная картина воздействий и исходов представлена на приведенной схеме.

В зависимости от возможных видов воздействий и последствий существует несколько видов безопасности:

- < взрывобезопасность (ВБ) рассматривает вопросы обеспечения безопасности ЯЗ и ЯБП без ядерного энерговыделения, направленные на исключение взрыва ВВ ЯЗ при механических, ударно-волновых, тепловых, электрических, пуле-осколочных воздействиях, глубоководном затоплении;
- < групповая взрывобезопасность (ГВБ) изучает возможность подрыва ВВ одного или нескольких ЯЗ и ЯБП, находящихся в группе в случае взрыва ВВ одного ЯЗ и ЯБП;
- < ядерная взрывобезопасность ЯБП (ЯВБ ЯБП) или исключение несанкционированного ядерного взрыва (НЯВ) рассматривает проблему выдачи исполнительной команды от системы автоматики на подрыв электродетонаторов (ЭД) ядерного заряда и нейтронного импульса при аварийных воздействиях на ЯБП;
- < ядерная взрывобезопасность ЯЗ (ЯВБ ЯЗ) рассматривает проблему возможного выделения ядерной энергии при аварийном



подрыве ВВ ЯЗ без задействования системы автоматики;

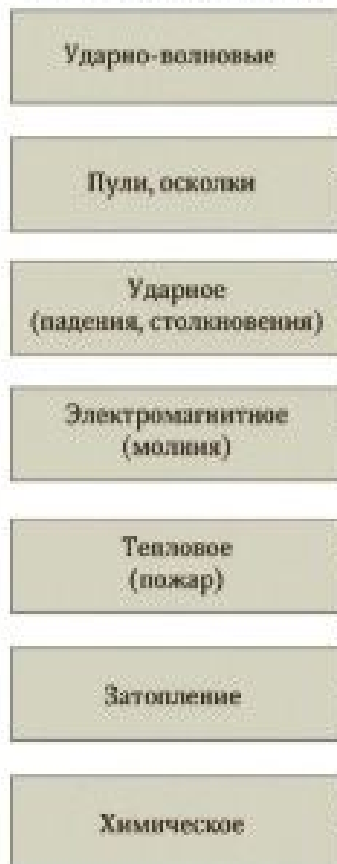
- ◀ групповая ядерная взрывобезопасность ЯЗ (ГЯВБ ЯЗ) рассматривает проблему ядерной взрывобезопасности при подрыве ВВ группы ядерных зарядов;
- ◀ ядерная безопасность (ЯБ) рассматривает проблему близости нахождения активных материалов ЯЗ к критическому состоянию в различных условиях эксплуатации и исключения самоподдерживающейся цепной реакции (СЦР);
- ◀ радиационная безопасность (РБ) рассматривает вопросы защиты персонала от воздействия ионизирующего излучения при рабо-

те с ЯЗ и ЯБП, проблемы диспергирования радиоактивных материалов и загрязнения местности при взрыве ВВ ЯЗ;

- ◀ пожарная безопасность (ПБ) рассматривает возможность возгорания ЯЗ и ЯБП при пожарах;
- ◀ токсическая безопасность (ТБ) рассматривает проблему выхода токсичных веществ за пределы ЯЗ и ЯБП, защитного контейнера в окружающую среду.

В практическом плане наиболее остро стоят вопросы взрывобезопасности, пожаробезопасности и, как следствие, взрыва и сгорания ВВ ЯЗ – радиационной безопасности. Им будет уделено главное внимание.

#### Воздействие на ЯБП



#### Возможная реакция ЯБП



Виды воздействий на ЯЗ и ЯБП и их последствия



Ядерный взрыв со значительным энерговыделением представляет наибольшую опасность, но он гораздо менее вероятен, чем просто взрыв или сгорание ВВ ЯЗ.

Радиационная обстановка на местности в случае взрыва ВВ определяется количеством взорвавшегося ВВ, величиной ядерного энерговыделения, количеством выброшенных радионуклидов и дисперсностью, а также метеословиями в месте аварии и по следу облака продуктов взрыва (сгорания). Затраты на ликвидацию аварии с распылением 1 г плутония составляют от 10 до 100 тысяч долларов в зависимости от места аварии.

#### *Ядерная взрывобезопасность ядерного заряда*

На начальной стадии создания ЯЗ основное внимание уделялось улучшению тактико-технических характеристик, в частности, более эффективному использованию делящихся материалов (ДМ) и разработке ЯЗ большой мощности. Однако вопросам безопасности ЯЗ и ЯБП и безаварийности работ с ними также придавалось большое значение. Огромная роль и заслуга в создании безопасного ядерного оружия в СССР принадлежит академику Ю. Б. Харитону. По мнению академика Л. П. Феохтистова, из всех заслуг Ю. Б. Харитона, имеющих непосредственное отношение к ядерному оружию, его роль в обеспечении безопасности ЯО «является первостепенной». Он не только сам занимался проблемами безопасности, но и прививал своим сотрудникам такое же пристальное внимание и строгое отношение к решению вопросов, касающихся безопасности. Б. В. Литвинов, который является одним из идеологов и основоположников работ по безопасности, всегда подчеркивал, что «его взгляды на безопасность сформировались под влиянием академика Ю. Б. Харитона».

Одной из важнейших задач, решаемых разработчиками каждого ЯЗ и ЯБП, является пре-

дотращение ядерного взрыва и ядерного энерговыделения значительной мощности в случае аварийного подрыва взрывчатых веществ ЯЗ. Для решения этой задачи на первом этапе создания ядерных зарядов и ядерных боеприпасов был применен принцип отдельного нахождения ВВ и узла с ДМ. Первые атомные заряды и боеприпасы (бомбы) изготавливались на заводах по несколько штук или малыми партиями, которые затем передавались войсковым частям Министерства обороны. Хранились они в разобранном состоянии в виде отдельных узлов. Окончательную сборку бомбы и заряда для нее предполагалось производить перед вылетом самолета для выполнения боевой задачи. Перевод авиабомб в состояние боевой готовности осуществлялся лишь на период боевого дежурства, который составлял относительно небольшую долю длительности жизненного цикла авиабомб. После полета авиабомба и заряд вновь разбирались на составные части.

Для хранения россыпью был ряд причин, которые существенно влияли на безопасность. Вот, например, только две из них:

1. Нейтронный запал (НЗ) на основе бериллия и полония-210, который в то время располагался внутри атомного заряда, имел высокую температуру и постоянно выделял поток нейтронов. Высокая температура влияла бы на сохранность характеристик ВВ, а выделяемые нейтроны и возможное их накопление в собранном заряде могли привести к значительному энерговыделению во внештатных ситуациях (при взрыве ВВ ЯЗ).

2. Для подрыва ВВ использовались электродетонаторы, в которых применялся азид свинца. Такие ЭД обладали повышенной опасностью из-за малой величины энергии, необходимой для их задействования. Для подрыва этих ЭД достаточно статического электричества, накапливаемого на теле человека, или иного источника напряжения в несколько вольт.



Описанный выше способ раздельного хранения обеспечивал в то время максимально возможную безопасность. В то же время такой способ имел ряд недостатков – это необходимость частой сборки-разборки ЯЗ и ЯБП вне заводских условий, отсутствие достаточного опыта и квалификации личного состава воинских частей и необходимость сборки перед боевым вылетом, что понижало боеготовность ядерного оружия. Оставался открытым и вопрос о безопасности полностью собранной авиабомбы во время дежурства самолета.

Постановка на вооружение в конце 1950-х годов ядерного оружия в полной сборке и передача его из Министерства среднего машиностроения в Министерство обороны (образовавшееся 12-е Главное управление МО), постепенное накопление ЯО в достаточно большом количестве вызвали необходимость фундаментального пересмотра подхода к безопасности.

Новые конструкции ядерных зарядов и боеприпасов были весьма привлекательны: они позволяли экономить специальные ядерные материалы, почти не требовали обслуживания и времени на подготовку к боевому применению. И при их разработке необходимо было решить проблемы со случайным ядерным взрывом в мирное время и разбросом плутония при аварийных воздействиях на ЯЗ и ЯБП.

Еще в 1960-х годах прошлого века Ю. Б. Харитоновым было сформулировано обязательное требование к ядерному оружию, которое в трактовке Л. П. Феоктистова звучит так: «Ядерный взрыв не должен провоцироваться случайными причинами».

В обоих ядерных центрах (ВНИИЭФ и ВНИИТФ) этому вопросу стали уделять повышенное внимание. В системе автоматики подрыва ЯБП начали внедряться несколько ступеней предохранения, при проектировании ЯЗ стали тщательно выбирать физическую схему и при необходимости разрабатывать механизм обеспечения ядерной безопасности.

Ядерный взрыв должен происходить исключительно при выполнении зарядом своего назначения. Свойство недопущения выдачи автоматикой подрывного импульса в штатном режиме при аварийных воздействиях носит название ядерной безопасности ЯБП (исключения несанкционированного ядерного взрыва) и обеспечивается особыми техническими мерами.

Ядерная взрывобезопасность ЯЗ, работающих на сближении, обеспечивается с помощью «предохранителей» по аналогии со стрелковым оружием, только 100% надежных.

Сложнее дело обстоит с теми зарядами, у которых ядерная «начинка» из ДМ окружена оболочкой из высокомоногого ВВ, поскольку его не всегда удается оградить от тех аварийных воздействий, которые могут привести к взрыву. К таким воздействиям можно отнести пожар, попадание осколков, пуль, падение с больших высот, столкновение транспортных средств при перевозках ЯЗ и ЯБП и т. д. Однако такие подрывы не приводят к сферически симметричному сжатию ДМ, дающему полномасштабный выход ядерной энергии, так как инициирование ВВ ЯЗ происходит в локальной зоне (в одной точке), а не по всей внешней его поверхности. Но даже от относительно «слабого» ядерного взрыва ущерб, вызванный аварийным подрывом ВВ, может многократно увеличиться. Чтобы такого не произошло, заряды всего боезапаса должны обладать свойством «одноточечной» безопасности или, другими словами, свойством ядерной взрывобезопасности.

В настоящее время во всех странах мира, обладающих ядерным оружием, принято считать, что в аварии происходит «одноточечное» инициирование. Это допущение основано на том факте, что когда детонация «одноточечная», то есть когда инициирование ВВ происходит в одной точке в режиме нормальной детонации, всё химическое ВВ заряда взрывается за несколько десятков микросекунд. И трудно себе



представить и воспроизвести аварию, которая вызвала бы многоточечную детонацию за такой короткой промежуток времени.

За счет чего же удастся придать ЯЗ свойства ядерной взрывобезопасности? Для «одноточечной» детонации проблема ЯВБ сводится к определению вероятности получения критической массы ДМ или ограниченной величины ядерного энерговыделения.

В отличие от штатного подрыва ВВ ЯЗ, обеспечивающего ядерный взрыв путем сферически симметричного сжатия ДМ, обычный аварийный подрыв вызывает «однобоковую» деформацию ДМ, приводящую только к небольшому сжатию. Если последнего не хватает для перехода ДМ через критическое состояние, то цепная реакция вообще не начинается.

Но и при не слишком глубоком переходе через критическое состояние может не успеть наступить заметное выделение энергии в цепных реакциях (ЦР). Дело в том, что нейтронный источник при аварии также не задействуется, и начало цепным реакциям могут положить лишь нейтроны, рождающиеся при спонтанном делении ДМ – особом виде радиоактивного распада ядер. Моменты появления нейтронов случайны (так называемый пуассоновый процесс); чем позже наступает начало ЦР после перехода ДМ через критическое состояние, тем меньше делений ядер ДМ успевают произойти за время пребывания его в надкритическом состоянии. Соответственно случаен полный выход ЦР и выделившейся в них ядерной энергии  $Q$ .

Из случайности ядерной энергии  $Q$  следует, что она может оказаться как ниже, так и выше некоторого условного порога  $Q_{\text{пор}}$ . Вероятность того, что  $Q$  не достигает порога, – величина  $P(Q \leq Q_{\text{пор}})$  – тем выше, чем меньше степень сжатия ДМ в результате аварийного подрыва, которую можно считать связанной только с конструкцией ЯЗ.

Выбирая физсхему и конструкцию ЯЗ, можно управлять и вероятностью  $P(Q \leq Q_{\text{пор}})$ , до-

бываясь приближения ее к 1. В этом и состоит суть обеспечения ЯВБ.

Для контроля необходимо знать вероятности  $P$  с параметрами надкритического состояния ДМ, достигаемого в результате аварийного подрыва, которые могут быть независимо рассчитаны и измерены. Первыми, кто начал этим заниматься в нашем институте, были М. Н. Нечазев и А. Б. Говорков. Формула, выведенная А. Б. Говорковым для вычисления  $P$ , до сих пор используется обоими ядерными центрами.

Контроль над степенью гарантии ЯВБ (вероятностью  $P$ ) – одна сторона вопроса, а другая сторона состояла в выработке требований к ней, являющихся критерием ЯВБ ЯЗ.

На практике ЯВБ обеспечивается именно с помощью этого критерия, и выполнение его требований является обязательным для всех сдаваемых на вооружение зарядов. Другими словами, свойство ЯВБ является приоритетной характеристикой любого ЯЗ. При этом следует учесть, что критерий ЯВБ тесно взаимосвязан с другими характеристиками ЯЗ (мощностью, габаритами и т. д.) и оказывает существенное влияние при их выборе. Критерий содержит два количественных параметра:

- < допустимая верхняя граница  $Q_{\text{гр}}$  для ядерной энергии  $Q$ , высвобождаемой в цепных реакциях деления;
- < минимальная гарантия ЯВБ, то есть наименьшее допустимое значение вероятности  $P(Q \leq Q_{\text{пор}})$  – того, что в случае аварийного подрыва  $Q \leq Q_{\text{гр}}$ .

Примером являются параметры критерия ЯВБ, используемого в США:  $Q_{\text{гр}} = 4$  фунта ТНТ, гарантия не ниже 0,999999 (6 девяток), то есть если ВВ ЯЗ подрывается в какой-либо одной точке, то вероятность выделения энергии, превышающей 4 фунта (1 кг) будет меньше  $10^{-6}$ .

В СССР соответствующие подходы к обеспечению ЯВБ были выработаны сотрудниками ВНИИЭФ по поручению Ю. Б. Харитона в 1960 г.



В процессе любой новой разработки заряда выбор его физической схемы на расчетно-теоретической стадии ограничивается требованиями критерия ЯВБ. Как правило, стараются, чтобы расчетная величина  $P$  с запасом превосходила уровень, установленный критерием. На стадии конструкторской проработки производится экспериментальная проверка выполнения данного требования; если ее результат отрицательный, то в конструкцию ЯЗ вносятся изменения, подлежащие последующей экспериментальной проверке.

В настоящее время, с учетом имеющегося большого количества экспериментальных данных, полученных на модельных сборках в лабораторных условиях и натуральных образцах ЯЗ во время испытаний на внешних полигонах, наличия мощной вычислительной техники и современных двух- и трехмерных программ, ядерно-взрывобезопасную конструкцию заряда можно выбрать без проведения экспериментов.

Каждый теоретик-разработчик ЯЗ создает свой заряд обязательно с учетом критерия одноточечной безопасности. Все заряды, находящиеся в войсках, удовлетворяют критерию безопасности.

По существу задачи ЯВБ сводятся к определению сжатия активных материалов ядерного заряда при аварийном взрыве ВВ, вероятности возникновения обрывающихся процессов цепной реакции деления и эволюции нейтронного поля в ядерном заряде.

Экспериментальные данные о сжатии делящихся материалов активной зоны ядерного заряда (центральной части – ЦЧ) в аварийных условиях нештатного одноточечного инициирования ВВ получались в опытах на внутреннем полигоне газодинамического отделения под руководством И. В. Санина. Основным инструментом для исследования сжатия была методика импульсного рентгенографирования, позволяющего получать прямые и наглядные результаты в виде рентгеновских снимков. Исследования проводились на модельных сборках, в которых делящиеся и вы-

сокотоксичные материалы заменялись близкими по динамическим свойствам, но значительно менее вредными материалами. Исполнителями этих работ были Л. Е. Полянский, Л. Н. Борисов, В. И. Попов, С. П. Антипинский, С. М. Ульянов, В. Ю. Львов, И. А. Мелехин, В. Н. Смирнов, А. С. Прокопьев и руководимые ими коллективы. Такие исследования были проведены для всех зарядов разработки ВНИИТФ. На основании этого была разработана экспериментально-расчетная методика аттестации ЯЗ по ЯВБ, по которой информация о плотности материалов, реализующейся в результате аварийного взрыва, определялась экспериментально, а значения ядерного энерговыделения определялись расчетно.

В 1966 г. во ВНИИТФ межведомственной комиссией под руководством А. Д. Захаренкова был окончательно сформулирован критерий по ЯВБ ЯЗ и принята экспериментально-расчетная методика его определения. В последующем этот критерий и методика вошли в соответствующие ОСТы и действуют по настоящее время. По существующей методике все виды аварийного инициирования мажорируются подрывом ВВ от одного детонатора, который подрывает ВВ в режиме нормальной детонации. В отличие от детонатора аварийные воздействия обычно приводят к неполному взрыву (низкоскоростной или затухающий режим детонации) с потерей сжатия ДМ. Поэтому если требования критерия ЯВБ выполняются при нормальной детонации, то тем более будут выполняться при реальном аварийном воздействии. Специалистами США подобные требования были в окончательном виде сформулированы в 1968 году.

От ВНИИТФ во внешних испытаниях принимали участие И. В. Санин, Б. М. Мурашкин, Л. Е. Полянский, В. И. Попов, А. В. Полионов, И. Е. Забабахин, С. Н. Наумов, С. В. Демьяновский, С. П. Антипинский и многие другие сотрудники НИО-4, НИО-5, НКО-6, НИО-12.

В результате газодинамических исследований и полигонных испытаний были отработа-



ны методика полигонных испытаний на ЯВБ, экспериментально-расчетная методика ЯВБ, аттестованы все заряды разработки ВНИИТФ, получен большой материал для создания методики двумерных расчетов. Впервые эта методика была разработана в НИО-3 под руководством А. А. Бунатяна и Н. Н. Анучиной при участии сотрудников НИО-4 Л. Е. Полянского, В. И. Попова, С. П. Антипинского, Б. Л. Стрижова в 1974 г.

В 1970-х годах в институте широко развернулись расчетно-теоретические исследования для решения проблемы ЯВБ, которые проводились в теоретическом и математическом отделениях института под руководством Е. И. Забабахина, Л. П. Феоктистова, А. А. Бунатяна. Большой вклад в решение этой проблемы внесли Н. Н. Анучина, В. А. Сучков, А. С. Шнитко, Н. С. Еськов. С учетом всех имеющихся программ С. Н. Наумовым были проведены расчеты ЯЗ разработки ВНИИТФ на ЯВБ.

Следует отметить, что для обеспечения ЯВБ заряда кроме выбора безопасной физической схемы могут быть реализованы и другие способы. В одном случае конструкция разрабатывается с так называемым механизмом обеспечения ядерной безопасности (МЯБ), который снимается с «предохранителя» в условиях боевого применения. В другом – применяются специальные устройства, которые в случае подрыва ВВ ЯЗ прерывают процесс детонации в определенных местах, исключая тем самым детонацию всего ВВ и, как следствие, обжатие ДМ. Разработками таких механизмов и устройств занимались конструкторы В. Д. Кирюшкин, С. Б. Семёнов, В. А. Павлов, М. Ф. Косарев, А. Д. Шабалкин, В. И. Ягодников, газодинамики А. И. Корягин, В. Г. Израэляни, А. Н. Аверин, С. П. Комар.

#### *Ядерная взрывобезопасность ядерного боеприпаса*

Обеспечение важного свойства «внутренней безопасности» ЯБП предполагает использование ядерно-взрывобезопасного заряда и при-

менение системы автоматики, исключающей задействование ЯЗ при аварийных или не регламентированных воздействиях. До середины 1970-х годов основу концепции обеспечения безопасности системы автоматики ЯБП составляли требования по наличию в ней ступеней предохранения, построенных на разных физических принципах, невозможности в условиях эксплуатации создания физических условий, способствующих снятию ступеней предохранения, осуществлению монтажа электрических схем по двухпроводным линиям (например, в автомобиле она однопроводная) и т. д. Разработанные ЯБП удовлетворяли требованиям в условиях нормальной эксплуатации и в режиме боевого применения.

В совместном решении МСМ и МО предприятиям и воинским частям ВМФ было поручено разработать мероприятия, направленные на снижение пожароопасности в процессе производства и эксплуатации изделия. Одновременно разработчикам ЯБП было поручено оценить возможность выдачи системой автоматики (СА) высоковольтного импульса в условиях стандартного пожара, который может возникнуть на серийном предприятии.

Во ВНИИТФ такая работа была проведена под руководством начальника отдела 85 Н. В. Покровского. Анализ возможных отказов в схемах системы автоматики показал, что значение вероятности выдачи высоковольтного импульса на подрыв ЭД ядерных зарядов находится в пределах установленного в то время уровня. Несколько позже экспертная группа специалистов (В. В. Овчаров, С. Я. Томильцев, О. Я. Полюгина) во главе с А. Г. Белявским (начальник отдела 88) проанализировала устойчивость системы автоматики спецбоеприпасов к тепловому воздействию и сделала заключение, что существующие системы автоматики ЯБП неустойчивы к тепловому воздействию пожара, а компоновка приборов СА и разводка электрических жгутов





в гермообъемах корпусов ЯБП выбраны без учета динамики прогрета конструкции изделий в условиях пожара.

Для подтверждения правильности этих выводов руководством КБ-2 (главный конструктор О. Н. Тиханэ, начальник НИО-14 В. Д. Потеряев, начальник отдела 148 Ю. В. Брыксин) было принято решение провести соответствующие эксперименты. Группу экспериментаторов возглавил В. В. Овчаров. Первые опыты, проводимые на Ладожских полигонах, были со специалистами, стоящими на вооружении ВМФ. Проведенные натурные испытания на нескольких образцах ЯБП хотя и установили тот факт, что отказы системы автоматики не привели к формированию высоковольтного импульса, но для подтверждения показателя безопасности – вероятности невыдачи системой автоматики команд для задействования заряда – нескольких экспериментов было недостаточно.

Одновременно, наряду с экспериментальными работами в различных отделах КБ-2 стали разрабатывать специальные методики для выполнения требований по обеспечению безопасности при различных аварийных воздействиях на ЯБП. Перед разработчиками схем и приборов подрыва, специалистами по надежности и исследователями была поставлена задача разработать автоматику подрыва повышенной безопасности.

В Соединенных Штатах Америки автоматика подрыва считается повышенной безопасности, если она обеспечивает снижение вероятности выдачи подрывного импульса на ЭД боевого заряда в аварийных ситуациях до уровня  $<10^{-6}$ , а в условиях нормальной эксплуатации  $<10^{-9}$ .

Решение этой проблемы потребовало изменения принципов построения схем автоматики, разработки новых (стойких к воздействиям поражающих факторов) приборов автоматики и изменения принципов конструирования ЯБП.

Разработкой методов количественных оценок показателей безопасности как в условиях

нормальной эксплуатации, так и в аварийных ситуациях, занимались А. С. Стоцкий, Л. С. Зажигаев, С. Ф. Бабин, В. А. Страшель, Л. А. Шкодин, И. Ю. Романиков, Р. Н. Филиппова, Г. А. Грязнова, Н. Э. Носко.

Количественные оценки безопасности необходимы не только для подтверждения выполнения требований ТТЗ. Они позволяют оценить необходимость применения той или иной степени предохранения. Любое введение дополнительных элементов, как правило, усложняет схему и конструкцию изделий, снижает показатели надежности, увеличивает вес. Поэтому при выборе оптимальной схемы и конструкции ЯБП проводятся сравнительные расчеты различных вариантов схем и конструкций с оценкой показателей безопасности, надежности, весовых характеристик и стоимостных показателей.

К началу 1980-х годов во ВНИИТФ был накоплен богатый экспериментальный материал по техническим мерам и способам повышения стойкости СА спецбоеприпасов к тепловому воздействию. Это позволило разработать типовую методику расчетной оценки выдачи СА высоковольтного импульса в условиях пожара (Ю. В. Брыксин, В. В. Овчаров, О. И. Чудесников, О. В. Смирнов, С. Ф. Бабин, Н. Н. Владимирова и др.), нормативный документ по методам проектирования СБЧ с учетом невыдачи системой автоматики подрывного импульса при тепловых воздействиях. В лаборатории 145 (Л. М. Захаренко, Б. И. Галченко, Ю. В. Тышкевич) были разработаны и отработаны технические решения, направленные на снижение вероятности выдачи системой автоматики исполнительных импульсов серийных спецбоеприпасов при их модернизации. Несколько позже (в конце 80-х годов) исследованиями по обеспечению ЯББ ЯБП при пуле-осколочных, механических воздействиях, при глубоководном затоплении начали заниматься в отделе 140 (начальник отдела Б. И. Израилев), отделе 142 (начальник отдела Ю. А. Самарин), отделе 148 (начальник от-



дела Б. И. Коротун), отделе 88 (начальник отдела З. А. Горелик).

В настоящее время на базе огромного экспериментального материала, полученного в КБ-2 совместно с НИИК (отдел 156 – С. И. Карачинский, отдел 153 – В. П. Кравченко), разработаны различные методики и программы расчета по определению ЯВБ ЯБП; в КБ-2 разработаны схемы и приборы, отвечающие современным требованиям ядерной безопасности ЯБП.

#### *Взрывобезопасность*

В ЯЗ начальная энергия для возбуждения ядерных реакций создается взрывом обычного химического взрывчатого вещества. В тех ЯЗ, в которых надкритическое состояние достигается соединением двух подкритических деталей, делящегося материала ВВ требуется совсем немного – около 100 г. В ЯЗ, в которых переход в надкритическое состояние достигается увеличением плотности ДМ, требуется значительная внешняя энергия, для чего используются достаточно большие количества ВВ. В некоторых ЯЗ количество взрывчатки достигает сотни килограммов и более. В первом случае при аварийном взрыве ВВ с учетом обеспечения ЯВБ и малого количества ВВ может произойти лишь разрушение конструкции ЯЗ без большого ущерба для окружающей среды. Взрыв большого количества приведет к аварии с тяжелыми последствиями – радиоактивному загрязнению больших территорий. Причем чем более мощное ВВ было применено в конструкции ЯЗ, тем худшие последствия можно ожидать. В то же время чем более мощное ВВ было применено, тем меньше его надо для перевода ДМ в надкритическое состояние.

Заметно увеличить взрывостойкость ядерных зарядов и боеприпасов к прострелам, ударам, пожарам и другим проявлениям аварийной ситуации можно либо путем установки защитных барьеров (преград) на пути к ВВ, либо за

счет перехода на более инертные, более стойкие к внешним воздействиям взрывчатые вещества. Такие ВВ были известны давно, но ранее их применение в отечественных ЯЗ не рассматривалось, поскольку они уступали по энергетике тем ВВ, которые позволяли получать рекордные по боевым характеристикам ЯЗ.

Разработчики ядерных зарядов США пошли по пути повышения взрывобезопасности ЯЗ за счет применения низкочувствительных ВВ, и с 1979 г. заряды с пожаровзрывобезопасным составом (ПБС) начали поступать на вооружение американской армии. К 1990 г. 25% ЯЗ, состоящих на вооружении, были оснащены ПБС, а к началу XXI века число зарядов на ПБС составляло около 80%.

Безопасность ЯЗ определяется в первую очередь чувствительностью ВВ, то есть способностью реагировать на внешние воздействия возникновением горения или взрывом. Однако ее определение с сотыми, десятими долями грамма по стандартным методикам дает лишь относительное представление о чувствительности взрывчатых веществ. При сравнении разных ВВ в таком случае можно только сказать, что одно ВВ более или менее чувствительно по сравнению с другим. При работе с деталями ВВ большой массы нужно знать реальные абсолютные значения тех или иных воздействий, при которых происходит взрыв или возгорание.

Следует также учитывать, что взрывобезопасность ЯЗ ЯБП зависит не только от чувствительности используемых в них ВВ, но и от конкретной конструкции заряда и боеприпаса. ЯЗ и ЯБП с одним и тем же взрывчатым составом, но разные по конструкции в одинаковых аварийных ситуациях, как при падениях, ударах, так и пожарах, могут вести себя далеко не одинаково. Даже простая оклейка деталей из взрывчатых составов (ВС) ЯЗ (оснований) мягкими материалами, которые изолируют соприкосновение ВС с металлом, заметно ослабляет воздействие ударов и наколов. В ударостойких изделиях ВС ядер-



ных зарядов не взрываются даже при падениях на бетонную взлетно-посадочную полосу, при пробитии многометрового льда, при проникании в грунт на несколько метров. Поэтому необходимо проводить исследования на взрывобезопасность отдельно детали из ВС и каждую конструкцию ЯЗ автономно и в составе ЯБП.

Пионерами в проведении исследований реакций оснований ВС при простреле пулями, падении с разных высот на различные преграды были Г. П. Ломинский, Ю. П. Захаров, Н. С. Повышев, А. К. Зорин. Систематические исследования на взрывобезопасность начались с 1987 г. в отделе 48 (начальник отдела В. И. Полов), созданном по инициативе главного конструктора Б. В. Литвинова, в лаборатории взрывобезопасности (начальник лаборатории И. М. Блинов). Тогда было приобретено штатное стрелковое оружие и боеприпасы разных калибров (5,45, 7,62, 12,7 и 14,5 мм), разработаны и изготовлены пороховые пушки для метания осколков, методики регистрации физических процессов при взаимодействии пуль и осколков с ВС. Кроме изучения поведения различных взрывчатых составов под воздействием пуль и осколков, проводились эксперименты по выбору и отработке защитных устройств, устанавливаемых в конструкции ЯЗ и ЯБП или в контейнер. Экспериментальными исследованиями занимались Б. Н. Смирнов (начальник группы), М. А. Волжанкин, Ю. В. Жучихин, В. В. Крыжановский, Ю. В. Ольховский, С. В. Родиков и др. Расчетную оценку и математическую обработку полученных результатов проводил В. С. Селверстов с сотрудниками сектора.

В КБ-2 работы по созданию средств защиты, обеспечивающих ВБ ЯБП в контейнере при действии пуль, начались намного раньше (в конце 1970-х годов). Расчетные оценки проводились в отделе 147 в группе, возглавляемой А. И. Кильмашкиным (В. А. Шукин, Л. А. Блинова, Б. И. Израилев). Проектированием защиты занимался отдел 70 (начальник отдела

В. Б. Скрынников). Испытания из-за отсутствия оружия в институте проводились на полигонах Минобороны и ВВИА им. Жуковского. В 1990 г., в связи с большим объемом работ в области обеспечения безопасности ЯБП при действии обычных средств поражения, в КБ-2 был организован отдел 140, возглавляемый Б. И. Израилевым, а в НИИК создан пуле-осколочный стенд для испытаний ЯБ и их составных частей в различных, в том числе радиационно и взрывоопасных комплектациях. Стенд был оснащен всеми видами отечественного стрелкового оружия и пороховой пушкой для метания осколков, а также системой измерения параметров движения поражающих элементов и реакции объектов испытаний. В последующем, в связи с ростом объемов испытаний, был введен в эксплуатацию закрытый стрелковый тир для испытаний инертных узлов и приборов автоматики и создана система бесконтактного контроля скорости пуль и осколков. За время существования тематики было проведено более 4000 опытов с различными объектами испытаний. Впервые получена экспериментальная информация о поведении и защитных свойствах приборов автоматики и конструктивных элементов различных типов боеприпасов при пуле-осколочных воздействиях, выработаны критерии ядерной и взрывобезопасности, отработаны универсальные защитные контейнеры для боевых блоков и авиабомб, совместно с РФЯЦ – ВНИИЭФ и ВНИИА разработаны методические материалы по испытаниям образцов ЯБП на подтверждение требований ТТЗ по взрывобезопасности при пуле-осколочных воздействиях, проведены государственные зачетные испытания одного боевого блока и двух авиабомб. По материалам работ Б. И. Израилевым защищена докторская диссертация, получен патент РФ. Наибольший вклад в создание стендов и испытания изделий внесли А. Ф. Васильев, А. В. Проскурин, А. В. Городнов, С. И. Карачинский, Г. И. Чужков, Н. В. Старцев, Л. М. Жеребцов, А. С. Балин,



С. В. Мытарев. В настоящее время специалистами НИО-4, НИО-14, НИО-7, НИИК, НИО-3 созданы расчетные программы и методики, базы данных, разработано множество вариантов защитных устройств, выработаны критерии взрывобезопасности ЯЗ, создана методика по определению показателей безопасности и отраслевые рекомендации по расчету показателей ядерной безопасности ЯБП. Расчетные, экспериментальные и проектные работы по безопасности при обычных средствах поражения стали неотъемлемой частью процесса разработок ядерных зарядов и боеприпасов.

Действующий в настоящее время на внутреннем полигоне ВНИИТФ испытательный комплекс предназначен для проведения экспериментов с модельными сборками, макетами ЯЗ или ЯБП, содержащими взрывчатые вещества, на взрывостойкость к ударно-волновым, механическим, пуле-осколочным, тепловым воздействиям, для проведения работ по повреждению ЯЗ и ЯБП и последующему обращению с ними. Все опасные операции при испытаниях изделий, содержащих ВС, проводятся дистанционно с визуальным наблюдением с помощью видеокамер. Принципиальная схема комплекса и выполняемые операции при проведении экспериментов показаны на рисунках далее.



Стрелковый тир НИИК

Имеются другие установки, на которых последние годы проводятся испытания на различные виды аварийных воздействий:

- < копровая установка, на которой можно поднимать и сбрасывать изделия;
- < ракетно-катапультирующая установка, на которой имитируется соударение изделий с преградой с заданной скоростью (отдел В. П. Кравченко);
- < испытательный огневой комплекс, позволяющий создавать температурное поле за счет горения керосина (отдел А. В. Ушкова);
- < гидравлическая установка, в камере которой можно воспроизводить воздействия на изделия при глубоководном затоплении (отдел А. А. Шахова).

С введением в строй комплекса в НИО-4, а также имеющихся в НИИК различных испытательных установок, отпала необходимость в проведении экспериментов на Ладожском полигоне. На нем в течение нескольких лет проводились испытания по изучению поведения ЯБП и ЯЗ в пожаре, при автомобильных и железнодорожных авариях, при падениях и прострелах. Руководителями и ответственными исполнителями по направлениям исследования были: от КБ-1 – С. С. Воробьев, А. В. Васильев, Л. А. Дёмкин, Н. А. Лазукин, В. Н. Модин,



Вид участка пуле-осколочного стенда с пороховой металальной установкой



Б. А. Андрусенко, В. Д. Калинин, Е. Т. Антошин, Ю. В. Самойлин, С. П. Антипинский, В. И. Попов, Г. А. Новиков, В. И. Кашишев, И. В. Кондаков; от КБ-2 – Ю. В. Брыксин, В. В. Овчаров, В. В. Реутов, А. И. Тюрин, В. Б. Скрынников, А. И. Пантелеевко, Б. И. Фомичев, Г. А. Придачкин, В. В. Мурзин, Н. А. Ушаков; от НИИК – А. В. Бородулин, В. П. Чернецов, В. П. Лаушкин; от завода 2 – Ю. И. Шоврин, М. М. Назаров, К. И. Веселов.

В настоящее время эксперименты на аварийные воздействия проводятся в НИИК и НИО-4. В НИИК проводят испытания с ЯЗ и ЯБП на установках, прошедших метрологическую аттестацию по подтверждению требований ТТЗ МО на безопасность, но почти никогда не доводят их до взрыва. В НИО-4 проводятся научно-исследовательские работы в основном с узлами, содержащими ВС. Главная цель экспериментов – определить минимальные значения параметров аварийных воздействий, при которых происходит или разрушение отдельных узлов ЯЗ и ЯБП, влияющих на безопасность, или взрыв (загорание) ВВ. Тем самым определяются максимальные нагрузки,

которые может выдержать тот или иной заряд или боеприпас при попадании в аварию, и каким коэффициентом запаса они обладают по сравнению с теми нагрузками, на которые они были отработаны.

Большой объем работ по взрывобезопасности на модельных сборках проводится в отделе 49 (Б. Г. Лобойко, В. П. Филин, Н. П. Тайбинов, С. В. Баталов, О. В. Костицин, Ю. А. Беленовский). В экспериментах с этими сборками изучаются «тонкие» явления, физические процессы, происходящие с ВВ, которые помогают разобраться в причинах взрыва (возгорания) ВВ той или иной конструкции ЯЗ и ЯБП. Основываясь на результатах с модельными сборками и натурными образцами, конструкторам ЯЗ и ЯБП отделами 48 и 49 выдаются соответствующие рекомендации по повышению безопасности. Расчетчики-механики, тепловики используют результаты опытов для разработки и калибровки своих программ (в КБ-1 отдел 62, начальник отдела Б. Г. Рубцов; в КБ-2 отдел 142, начальник отдела Ю. А. Самарин; лаборатория 143, начальник лаборатории В. Г. Доронин).

При испытаниях практически на все виды аварийных воздействий образцы ЯЗ и ЯБП, как правило, доводятся до взрыва и только при испытаниях на глубоководное затопление (ГВЗ) этого не происходит, так как испытания проводятся с инертными макетами, в которых ВС заменены инертными материалами в целях обеспечения сохранности уникального дорогостоящего оборудования. Испытания проводятся с изделиями как в полном сборе, так и с отдельными составными частями.

Разработкой, расчетами на прочность, испытаниями ЦЧ при затоплениях занимались специалисты отдела 65 (А. А. Исупов, М. М. Кобаев, В. В. Стариков), лаборатории 62/3 (Э. И. Солкин, А. П. Журавлёв, В. В. Савчук), НИИК (А. А. Шахов, А. Ф. Васильев).



Общий вид гидрокамеры для проведения испытаний изделий на глубоководное затопление

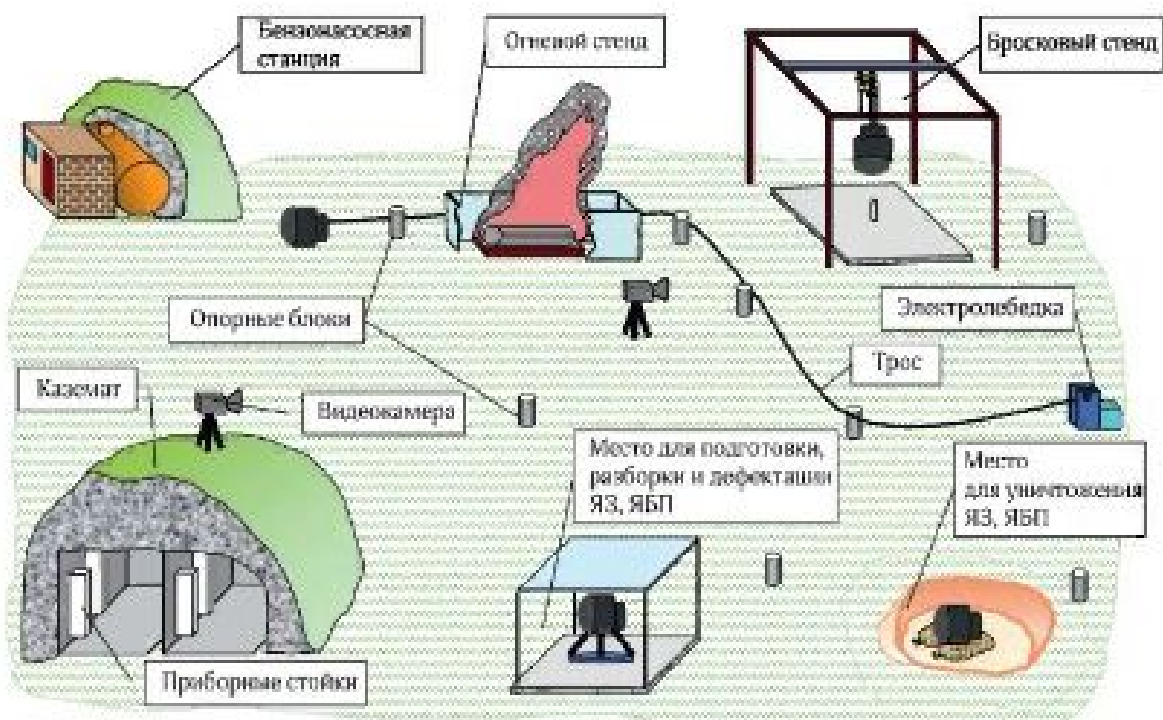
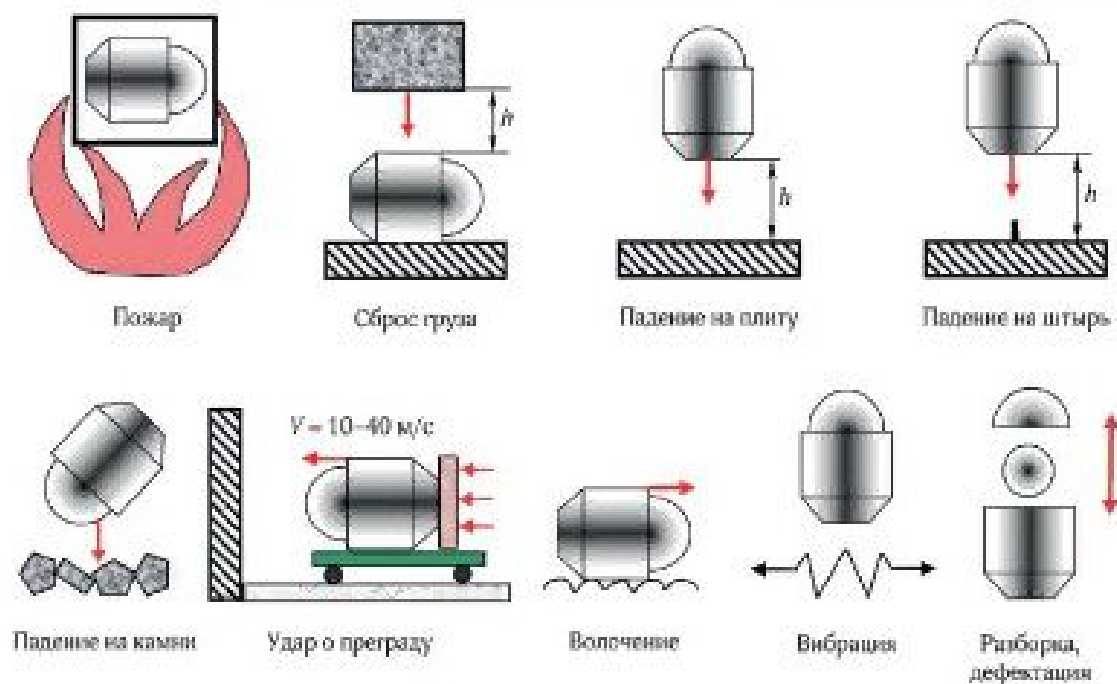


Схема комплекса и проведения экспериментов по повреждению ЯЗ и ЯБП и обращению с ними



Операции при проведении экспериментов по повреждению ЯЗ и ЯБП и обращению с ними



Копровая установка для сброса изделий



Ракетно-катапультирующая установка для имитации соударения изделий с преградой



Испытательный огневой стенд



Внешний вид корпуса изделия, испытанного на ГВЗ



*Групповая взрывобезопасность (ГВБ),  
групповая ядерная  
взрывобезопасность (ГЯВБ)*

ЯБП на этапах производства, транспортирования, эксплуатации, как правило, не располагаются по одному, а сосредоточены в группах. Количество ЯБП и схемы их расположения в группах оформляются документально. Взрыв в аварийной ситуации отдельного боеприпаса в группе создает опасность последующих взрывов зарядов всей или части группы, что существенно увеличивает масштаб аварии по сравнению со взрывом одного боеприпаса. Впервые на серьезность вопроса групповой (коллективной) опасности обратили внимание академики Ю. Б. Харитон и Б. В. Литвинов. Официально решение обеспечения ГВБ было принято МСМ и 12-м ГУ МО в 1976 г. Результаты экспериментов подтвердили реальность и опасность группового взрыва многих существующих схем размещения ЯБП. Однако работы по обеспечению ГВБ широко развернулись через 10 лет. Обеспечение ГВБ для ядерных зарядов возможно только за счет снижения уровня воздействий от ударной волны и осколков взорвавшегося заряда на соседние заряды группы. Это можно осуществить несколькими способами: за счет соответствующего расположения некоторых типов ЯБП, например «цугом» (друг за другом), используя при этом в качестве защитного средства конструкцию самого боеприпаса; установку защитного экрана между изделиями; внедрение встроенного защитного устройства непосредственно в конструкцию ЯЗ и ЯБП или контейнера. На основе многочисленных экспериментов во ВНИИТФ и ВНИИЭФ были разработаны и испытаны защитные экраны (железобетонные и тротильные), предназначенных для обеспечения ГВБ в условиях производства, так как в сборочных цехах в то время собирались и разбирались одновременно больше десятка ядерных зарядов. Кроме того, были проведены исследования по созданию эффективных средств защиты,

устанавливаемых в транспортные контейнеры. Полученные экспериментальные данные послужили основой для разработки руководящего документа. Основным объемом экспериментальных исследований проводился в НИО-4 (С. А. Новиков, В. И. Кашицев, В. Е. Котин, А. Л. Гагарин, А. Г. Добровольский и др.).

Принятый в 1985 г. критерий ГЯВБ определяет, что ядерное энерговыделение в случае подрыва нескольких ядерных зарядов не должно превышать суммарную энергию, которая может быть получена при раздельном их инициировании в одной точке. Расчетные оценки ГЯВБ зарядов ВНИИТФ и характеристики ЯЗ для ее достижения были проведены в 1975 г. Л. П. Феокистовым, а в последующие годы проводились Л. И. Шибаршовым.

В 1988 г. создана отраслевая экспериментально-расчетная методика определения ГЯВБ ЯЗ, в разработке которой от ВНИИТФ принимали участие Л. И. Шибаршов, В. И. Попов, В. И. Кашицев. Решить проблему обеспечения ГЯВБ можно за счет выбора физической схемы ЯЗ, обеспечения ГВБ, выбора схем размещения ЯБП, ЯЗ, использования технических приемов, исключающих взрыв ВВ ЯЗ в режиме нормальной детонации. Возможно также использование комбинаций этих приемов.

*Пожаробезопасность*

Статистика аварийных инцидентов с ЯБП, собранная специалистами Минобороны, показывает, что более 60% из них связаны с пожарами. При тепловых воздействиях пожара взрывчатые составы могут загораться, а при наличии соответствующих условий горение переходит во взрыв. В обоих случаях возможно радиоактивное загрязнение окружающей среды. Таким образом, исследования условий реализации взрыва и горения ВВ ЯЗ являются насущной задачей при разработке ЯЗ и ЯБП.

К моменту начала планомерных исследований, которые стали проводиться с 1973 г., среди





определяемых характеристик ВС, относящихся к области оценки пожаробезопасности, практически только одна отражала реакцию ВС на тепловые воздействия – это температура вспышки. Она определяется по стандартной методике с навеской порошкообразного ВС насыпной плотности при нагревании его в пробирке до температуры вспышки.

В сложных инженерных системах типа ЯЗ и ЯБП применяются ВС высокой плотности, их конструкции содержат различные элементы, которые могут повлиять на поведение ВС при нагревании, загорании и взрыве. Кроме того, ЯЗ и ЯБП могут попадать в пожары различной тепловой интенсивности, и время до загорания может быть очень большим по сравнению с временем задержки вспышки навески. Всё это потребовало специального подхода к исследованию безопасности ЯЗ и ЯБП в условиях пожара.

Отдельные испытания деталей из ВС и макетов ЯЗ проводились Ю. П. Захаровым, В. И. Поповым, С. П. Антипинским, И. П. Шкатуло. Однако целенаправленных исследований до 1977 г. по ПБ в институте не проводилось. На одном из заседаний ученого совета, по словам В. И. Попова, научный руководитель академик Е. И. Забабахин высказал недоумение по поводу отсутствия достаточных данных по поведению ЯБП при попадании их в пожар. Ему ответили, что нет моделей тепловых воздействий и специальных установок, а на их создание требуется время и средства. Е. И. Забабахин ответил: «Чего создавать? Завтра принесу из гаража паяльную лампу и начнем исследования». Действительно, на следующий день Е. И. Забабахин приехал на площадку 3 со своей паяльной лампой, по мастера-умельцы НИО-4 за один день успели изготовить газовую горелку специальной конструкции и стали проводить испытания в присутствии академика.

Внимание Е. И. Забабахина к проблеме ПБ ускорило проведение планомерных исследова-

ний. Они начались в отделе 49 НИО-4 под руководством Е. А. Феоктистовой и Б. Г. Лобойко, а затем проводились в отделе 48 (с 1987 г.) под руководством И. В. Кондакова, В. А. Пестречихина. Главное внимание уделялось исключительно взрыву в случае загорания ВС, так как при взрыве практически всё количество ДМ диспергируется, в то время как в случае сгорания ВВ в аэрозоли переходит максимум 20% ДМ, а размеры загрязненной территории уменьшаются примерно в 100 раз.

Проведенные исследования с высокоплотными образцами ВС, заключенными в оболочку, позволили выявить определенные закономерности перехода горения во взрыв и предложить некоторые конструкторские решения для снижения вероятности возникновения взрыва ВС в составе ЯЗ и ЯБП.

Для повышения пожаробезопасности было разработано ВВ из пожаробезопасного состава (ПБС).

В создании ПБС и его внедрении в разрабатываемые изделия роль ВНИИТФ была определяющей, благодаря труду большого коллектива сотрудников института, среди которых стоит выделить Б. Г. Лобойко, Г. Н. Рыкованова, А. Н. Аверина, В. П. Ратникова, Ю. А. Аминова, В. П. Филина, И. Р. Шакирова.

Большой вклад в создание и совершенствование экспериментальных методов исследований при воздействии пожара на ЯЗ и ЯБП внесли сотрудники НИИК А. Д. Потеряев, В. В. Патокин, В. П. Чернецов, В. П. Лаушкин, В. Ф. Федюшкин и другие.

Расчетные оценки влияния теплового поля в условиях пожара на поведение тех или иных узлов ЯБП, ЯЗ начали проводиться в конце 1970-х годов (О. В. Смирнов, О. И. Чудесников, В. М. Правдин – КБ-2; А. А. Бондаренко, В. Н. Модин – КБ-1).

В 1990-х годах в НИО-14 и НКО-6 были созданы лаборатории, основной задачей которых являлось проведение тепловых расчетов как



в интересах обеспечения работоспособности изделий при эксплуатации и боевом применении, так и их безопасности в условиях воздействия различного рода пожаров. Сотрудниками этих лабораторий (А. П. Каштуров, В. И. Брезгин, В. Г. Доронин, Е. А. Овсянникова – КБ-2; А. В. Светланов, С. П. Грядобитов, А. А. Лапаксин, И. А. Пешков, В. Н. Модин – КБ-1) разработаны расчетные программы и методики, позволяющие с большой точностью предсказывать температуру в любой точке конструкции ЯЗ и ЯБП по истечении определенного времени с начала пожара.

Довольно точные предварительные прогнозы позволяют уменьшить количество испытываемых изделий, более осмысленно ставить эксперименты, оперативно выдавать информацию о состоянии ЯЗ и ЯБП в случае аварии.

#### *Ядерная безопасность*

При определенных условиях возможно ядерное энерговыделение ЯЗ за счет образования критмассовой системы, то есть возможно осуществление самоподдерживающейся цепной реакции (СЦР) деления активных материалов. Энерговыделение, как правило, при этом незначительное, однако негативные последствия такого события диктуют необходимость выполнения ряда требований, исключающих СЦР.

Обеспечение ядерной безопасности при изготовлении и эксплуатации ЯЗ и ЯБП можно достигнуть лишь при комплексном подходе, охватывающем широкий круг вопросов организационно-технического и научного характера. К последним, в частности, относятся:

- < разработка методов расчета и измерения критических параметров систем с ДМ;
- < исследования критических параметров систем с ДМ;
- < проведение расчетных и экспериментальных обоснований безопасности работ при изготовлении и эксплуатации конкретных ядерных зарядов.

Первой установкой, созданной на начальном периоде организации ВНИИТФ в 1958 г., был стенд для критмассовых экспериментов – физический котел быстрых нейтронов (ФКБН), предназначенный для критмассовых измерений с оружейными деляющимися материалами. Работой руководил Л. Б. Порецкий, который в дальнейшем возглавил все работы по ядерной безопасности ЯЗ, разрабатываемых ВНИИТФ. В первых критмассовых исследованиях с макетами ЯЗ принимали участие Ю. П. Милованов, В. Н. Гневшев, В. Н. Коннов, а в дальнейшем Э. П. Магда, В. А. Терехин, В. Д. Пережогин, Ю. А. Соколов.

Специалистами по ЯБ проведены экспериментальные и расчетные исследования с целью обоснованной выдачи заключений по ЯБ на все передаваемые в войска ядерные заряды в случае попадания их в аварийные ситуации, оговоренные в ТТЗ МО. В большинстве своем это – аварийные ситуации, связанные с затоплением спецзарядов водородосодержащими жидкостями.

Такие ситуации учитываются при разработке безопасных конструкций ЯЗ и ЯБП.

#### *Радиационная безопасность*

Ядерный заряд радиационно опасен, так как в нем содержатся радиоактивные вещества. В условиях нормальной эксплуатации он является очень слабым источником ионизирующего излучения, потому что ДМ хорошо загерметизированы, а конструкции ЯЗ и ЯБП обеспечивают надежную защиту от излучения. Поэтому реальной опасности для обслуживающего персонала не существуют, и он работает без средств защиты.

В случае аварийной разгерметизации произойдет локальное загрязнение определенного участка и оборудования. При попадании в аварию ЯЗ и ЯБП имеют сверхнизкую вероятность подорваться с большим ядерным энерговыделением, то есть в мирное время исключается ядерный взрыв. Однако в случае взрыва или



сторания ВВ ЯЗ происходит диспергирование и разброс ДМ, чрезвычайно опасный для окружающей среды и людей.

На опасность РЗМ при аварии, в том числе без ядерного энерговыделения, впервые указал в своих работах полковник Б. И. Огнёв. Им были обобщены данные приблизительно 15 неядерных взрывных испытаний образцов спецзарядов. На основе формул Огнёва были сделаны оценки доз облучения людей на загрязненной территории от диспергирования плутония и осколков деления. Было показано, что основную опасность при взрывах с ядерным энерговыделением до 1 тонны представляет РЗМ от плутония.

В работах И. Е. Заббахина, Е. Н. Аврорина, Л. И. Шибаршова фактор РЗМ был впервые выдвинут как более общий критерий безопасности специзделий. На практике отсутствие механизма надежной оценки вероятности взрыва при аварии, что можно считать эквивалентом вероятности РЗМ, задержало внедрение этого предложения. В США до настоящего времени также нет количественного стандарта безопасности относительно диспергирования плутония и РЗМ из-за сложности определения критерия.

Попытки исследовать диспергирование ДМ в авариях начались во ВНИИТФ и ВНИИЭФ в 1970-х годах. На макетах образцов специзделий исследовался выход аэрозолей при их взрыве. Обедненный уран в этих экспериментах выполнял роль имитатора ДМ. Для отбора аэрозолей в этих экспериментах использовался самолет-лаборатория и планшетные пробоотборники. Аэрозольные пробы затем анализировались в лабораторных условиях. Общим результатом этих работ был тот факт, что аэрозольный выброс в значительной степени зависит от характера и уровня воздействия на ДМ. Подробно охарактеризовать спектр образующихся аэрозольных частиц ДМ в этих экспериментах не удалось. В проведении этих экспериментов во ВНИИТФ участвовали Е. А. Скворцов,

Л. П. Гавриловский, А. П. Пылаев. Работы были продолжены группой С. М. Ульянова (НИО-4), которая разработала методику анализа аэрозолей в поднимающемся взрывном облаке с помощью гирлянд подвешенных анализаторов – каскадных импакторов. На рисунке представлены отдельные фрагменты процесса формирования взрывного облака. Так были промерены аэрозольные спектры для аварийной одноточечной детонации типового спецзаряда разработки ВНИИТФ, исследования влияния некоторых конструктивных приемов уменьшения РЗМ.

В настоящее время исследования диспергирования продолжают. Они сконцентрированы на изучении разрушения ДМ при механических воздействиях, а также на компьютерном моделировании этих явлений для лучшего анализа возможных аварий.

Для изучения влияния метеоусловий на РЗМ в 1999 г. сотрудниками отдела 48 (С. М. Ульянов, И. М. Блинов, П. П. Лысенко, М. Ю. Газдик, Н. И. Саламатов, А. Ф. Плотников, А. Л. Глазырин, А. В. Науменко, В. В. Зырянов, А. Н. Карженков) были проведены полигонные эксперименты по изучению рассеивания взрывного аэрозольного облака на открытой местности. В качестве трассерных аэрозолей использовались специально приготовленные мелкие порошки оксидов инертных металлов. Особенностью опытов было то, что запускались три разных облака с разным трассером в каждом с небольшим интервалом (10 минут) для исследования атмосферной изменчивости на перенос облака и его рассеивание.

Существуют достаточно простые формулы, позволяющие с хорошей точностью определить распределение концентрации радиоактивных частиц на разных расстояниях от места аварии. На основании их создано «Руководство по прогнозированию радиоактивной обстановки при авариях с ЯБП, ЯЗ и их составными частями». В разработке этого документа участвовали С. М. Ульянов и Л. А. Дёмкин.



Более точные математические методы расчета РЗМ и прикладные компьютерные программы высокого уровня разработаны в НТО-2 под руководством М. И. Авраменко.

Главным средством борьбы с РЗМ является обеспечение пожаро- и взрывобезопасности как за счет технических средств, так и за счет организации опасных работ на таком уровне, при котором вероятность тяжелых аварий с разбросом плутония сводилась бы практически к нулю. Прорабатываются некоторые технические решения, которые позволили бы снизить количество диспергируемого материала даже в случае взрыва.

#### *Обеспечение безопасности при работе с аварийными ЯЗ и ЯБП*

Как уже отмечалось выше, в условиях производства и в процессе эксплуатации не исключается потенциальная возможность реализации аварий и нештатных ситуаций с такими сложными системами, как ядерное оружие. Об этом свидетельствует статистика аварийных ситуаций с ядерным оружием США в 1950–1990-е годы. По имеющимся данным, в вооруженных силах США за этот период произошло 1250 инцидентов с ЯО, из них более 250 связано с опасными ударами по ВВ ЯЗ, из которых в 10 случаях аварии сопровождались серьезными повреждениями ЯЗ с выходом радиоактивных материалов за пределы корпуса ЯБП. В двух наиболее известных авиационных авариях (д. Паломарес, Испания и г. Туле, Гренландия) ядерные боеприпасы взорвались с распылением большого количества плутония. Дезактивация местности в Испании обошлась американской казне в то время более чем в 100 млн долларов.

По мере увеличения сроков эксплуатации ядерного боезапаса возрастает вероятность аварий и нештатных ситуаций, после которых ЯЗ и ЯБП не могут быть разобраны по штатной технологии и требуют сверхосторожного обращения, чтобы исключить взрыв.



Процесс подъема взрывного облака при исследовании аэрозолей



Впервые на эту проблему в 1977 г. обратил внимание главный инженер 12-го ГУ МО генерал А. А. Осин. Перед разработчиками ЯЗ и ЯБП была поставлена задача создать специальные безопасные технологии по обращению с аварийными ЯЗ и ЯБП и их разборке.

Идею о возможности решения проблемы снижения опасности и разделения ВВ и ДМ, то есть обезвреживания аварийных ЯЗ за счет щелочного разложения ВВ и разрезки корпусных деталей с помощью кислотных смесей, предложил Б. В. Литвинов. Первоначально этой задачей в КБ-1 занимались А. В. Васильев и В. Н. Низамов, а затем к ним подключился Е. Т. Антошин, который в дальнейшем и возглавил направление обезвреживания.

Прежде чем приступить непосредственно к процессу обезвреживания аварийных ЯЗ и ЯБП, которые могут находиться в контейнере, транспортном средстве, самолете, подводной лодке, ракетной шахте, их нужно извлечь оттуда или хотя бы обеспечить доступ к ним. При этом они будут подвергаться определенным нагрузкам. Поэтому необходимо знать, какие же повреждения могут получить ЯЗ и ЯБП в результате аварии (пожар, столкновение, падение, прострелы) и какие нагрузки можно прилагать к поврежденным узлам ЯЗ и ЯБП и в первую очередь к разрушенному ВВ, чтобы не усугубить последствия аварии. Следует отметить, что чувствительность поврежденного образца ВВ к механическим нагрузкам по сравнению с чувствительностью целого образца в несколько раз выше.

Исследования по определению состояния ЯЗ и ЯБП после различных видов и уровней аварийных воздействий, по снижению их взрывоопасности возглавил И. М. Блинов. Параллельно шли работы по созданию технических средств, необходимых для работ с поврежденными изделиями при ликвидации аварий, методов диагностики и фиксации поврежденных узлов, флегматизации ВВ, разработки нормативной и технической документации.

В результате проведенных работ:

- < впервые в стране разработан физико-химический метод (ФХМ) обезвреживания ЯЗ и ЯБП, который прошел все стадии испытаний и отработки и позволяет безопасно разделять ВВ и ДМ как в стационарных, так и в полевых условиях;
- < разработан комплект технических средств по обеспечению доступа к поврежденным ЯЗ и ЯБП в аварийных ситуациях;
- < разработаны инструментальные методы диагностики состояния поврежденных ЯЗ и ЯБП на месте аварии;
- < созданы автономные датчиковые системы, позволяющие получать объективную информацию об уровне тепловых, механических, пуле-осколочных воздействий на ЯБП при попадании их в аварийную ситуацию;
- < разработана технология флегматизации ВВ ЯЗ и фиксации разрушенных частей ЯЗ и ЯБП, а также фиксации их в составе контейнера;
- < разработан комплект документации по обращению с ЯЗ и ЯБП при ликвидации последствий аварий;
- < создан и передан на оснащение в аварийно-технический центр института локализующий транспортный контейнер, предназначенный для транспортирования поврежденных ЯЗ и ЯБП с массой ВВ до 30 кг с места аварии до места уничтожения (захоронения).

В последнее время всё более широкое применение при ликвидации последствий аварий (ЛПА) с ЯЗ и ЯБП находит технология на основе гидроабразивного резания струями воды высокого давления, которую разрабатывают и внедряют сотрудники отдела аварийных технологий НИО-12 под руководством Е. Т. Антошина и М. Ю. Тышкевича. Проведено несколько работ по обеспечению доступа к ЯЗ, а также по разборке аварийных макетов некоторых типов ЯБП.

РФЯЦ – ВНИИТФ занимает ведущие позиции в стране в области разработки методик и тех-



нология для работы с аварийными ЯЗ и ЯБП. На учениях «Авария-2004», «Авария-2013» (г. Оленегорск, Мурманская обл.) они были применены при ликвидации последствий железнодорожной аварии в присутствии министра обороны С. Б. Иванова, представителей Генштаба и 12-го ГУ МО, зарубежных специалистов и получили высокую оценку.

Определяющий вклад в обеспечение безопасности при проведении работ с аварийными ЯЗ и ЯБП внесли: Б. В. Литвинов, который является идеологом и научно-техническим руководителем работ; Е. Т. Антошина, А. Н. Аверин, И. М. Блинов, Н. А. Лазукин, Б. А. Андрусенко, В. П. Филин, Н. П. Тайбинков, Ю. В. Жучихин, Ю. В. Ольховский, С. В. Первов, А. В. Симарков, Н. Н. Калустин, В. В. Кудинов, В. Н. Модин, А. П. Кухарев (КБ-1); Е. Ф. Чуйков, Н. А. Ушаков, В. Г. Хижняк, А. Ф. Терехов, А. Х. Хабибуллин, В. Н. Пакулев, М. И. Майоров, С. В. Уфимцев, Ю. А. Скурихин, В. П. Сидоров, А. В. Горбатов (КБ-2); В. А. Терехин (НИО-5).

#### *Защитные контейнеры*

Обеспечить пожаробезопасность и взрывобезопасность ЯЗ и ЯБП, а также их целостность и сохранность только за счет конструкции изделий практически не удается, поэтому используется система эшелонированно распределенных защитных мер. Одна часть защитных свойств обеспечивается конструкциями ЯЗ и ЯБП, вторая возлагается на защитный контейнер, третья – на защитные устройства транспортных средств.

Обеспечение безопасности особенно важно на этапе транспортирования, как наиболее опасном при автономной эксплуатации. Следует отметить, что ЯБП более 95% своей жизни эксплуатируются отдельно от носителя (автономно).

Многолетняя практика эксплуатации ЯБП показывает, что основные защитные функции должен выполнять защитный контейнер (ЗК). Разработкой защитных контейнеров в РФЯЦ –

ВНИИТФ для ЯБП занимается НКО-7. Задачи выбора оптимальных технических решений, материалов и соответствующего расчетно-теоретического обоснования решаются специалистами НИО-14. Для выбора физических принципов построения защитных устройств и их места размещения в контейнере привлекались газодинамики. Большой вклад в разрабатываемые ЗК, в части технологического сопровождения и экспериментальной отработки, вносят специалисты НИИК.

Первые контейнеры лишь защищали ЯБП от атмосферных осадков, пыли и служили стапелями для работ с боеприпасами.

Работы по поиску технических решений, направленных на защиту ЯБП от аварийных и поражающих воздействий, начали проводиться с 1980-х годов. У истока их проведения стоял В. Б. Скрынников. На основе проведенных НИР были сформулированы основные концептуальные подходы к защитным функциям разрабатываемых контейнеров.

Защитный контейнер должен обеспечивать:

- < пожаро- и взрывобезопасность ЯБП при падениях, авариях транспортных средств (столкновения автомобилей, сход вагонов с рельс и опрокидывание, пожар, затопление и так далее);
- < взрывобезопасность ЯБП при воздействии пуль и осколков разных калибров с учетом защитных свойств транспортных средств;
- < групповую взрывобезопасность ЯБП при выбранных схемах их размещения.

Определенные ограничения на конструкцию ЗК (габариты и вес) накладывает существующая система эксплуатации ЯБП, в которую должны органично вписываться вновь разрабатываемые контейнеры. Основное направление, используемое при разработке современных контейнеров, – создание единой многослойной конструкции с применением новых материалов, обладающих эффективными защитными свойствами. Выбор толщин корпуса контейнера,



теплоизоляционных слоев и бронезащиты зависят от заданной модели аварийной ситуации и свойств ЯБП, в части его стойкости к внешним воздействиям. Корпус ЗК должен обеспечивать снижение уровня перегрузок при падениях и авариях транспортных средств, а также дестабилизировать, по возможности, траекторию полета пуль стрелкового оружия. При высоких уровнях заданных механических воздействий на систему «ядерный боеприпас – ЗК» в аварийных ситуациях снижение перегрузок до безопасных обеспечивается конструктивными особенностями каждого конкретного контейнера. Защита специзделия от пуль и осколков, обладающих высокими поражающими воздействиями, обеспечивается путем введения в конструкцию контейнера специальных бронезэкранов определенной толщины и конфигурации в зависимости от конкретного ядерного боеприпаса.

При затоплении ЗК с ядерным боеприпасом на большую глубину существует опасность потери устойчивости стенки контейнера и, как следствие, удар по боеприпасу. Сохранение целостности контейнера и исключение удара достигается путем установки гидроклапанов необходимого сечения с заданным порогом срабатывания или использованием стенок ЗК с ослабленными сечениями, разрушение которых позволяет обеспечивать плавное выравнивание гидродинамического давления снаружи и внутри контейнера.

Для оперативного получения информации о параметрах воздействий на ЯБП, находящихся в контейнере, в случае попадания их в аварию контейнер может оснащаться системой регистрации аварийных воздействий. Наличие таких контейнеров в эксплуатации позволяет оперативно принять обоснованные меры по ЛПА и при этом эффективно организовать работу.

Таким образом, современный защитный контейнер – это сложная многофункциональная инженерная конструкция, обеспечивающая безопасность упакованного в нем ЯБП. При этом

она полностью вписывается в существующую систему эксплуатации.

Над созданием защитных контейнеров, в том числе и «интеллектуальных», трудились и трудятся специалисты В. Б. Скрынников, С. Н. Евсеев, В. Н. Морозков, А. В. Анохин, О. А. Черница, В. В. Вдовин (НКО-7), Б. И. Израилев, В. Г. Доронин, Ю. А. Самарин, Г. П. Белянкин, А. И. Кильмашкин, Е. А. Овсянникова (НИО-14). Над созданием системы регистрации аварийных воздействий работали и работают: В. П. Сидоров, А. В. Горбатов, А. М. Кононов, В. Н. Китаев, А. Ф. Шуцкий, С. А. Деришев (НКО-8), Б. И. Галченко (НПКО-21).

Для транспортирования и хранения ядерных зарядов ВНИИЭФ разработал универсальный ряд защитных контейнеров, на базе которых конструктора НКО-6 (В. В. Горюшкин, Л. П. Веселков, Л. С. Мошкин, А. Н. Подколзин) создали упаковки для зарядов разработки ВНИИТФ. Заряды, размещенные в таких упаковках, сохраняют целостность при аварийных воздействиях, оговоренных в ТТЗ. Отдельные узлы, содержащие ДМ, транспортируются и хранятся в защищающих контейнерах, в разработке которых принимали участие М. М. Кобзев, В. В. Стариков, А. А. Щитинин. Эти контейнеры удовлетворяют всем требованиям МАГАТЭ, предъявляемым к транспортным упаковкам для ДМ.

### *Заключение*

Вопросами повышения и обеспечения безопасности ЯО будут заниматься до тех пор, пока не будет демонтирован последний ядерный боеприпас. Существующая система обеспечения безопасности развивается и совершенствуется в зависимости от развития научно-технического прогресса, появления новых требований к обеспечению безопасности и боеготовности ядерного оружия. Отсутствие тяжелых аварий с ЯО свидетельствует о высокой эффективности созданной системы, гибко сочетающей научно-технические и организацион-



но-технические подходы. В этом, несомненно, есть заслуга РФЯЦ – ВНИИТФ, который по ряду направлений в области безопасности ЯЗ и ЯБП занимает ведущие позиции в стране.

Разработчикам ЯЗ и ЯБП в ближайшее время предстоит решить задачу оптимизации обеспечения безопасности, боеготовности с учетом

затрат на их реализацию. Нужно определить-ся, до какой степени повышать безопасность, чтобы сохранить боевые характеристики и не усложнять условия эксплуатации. Направление и способы повышения безопасности известны, и их нужно как можно быстрее реализовывать в конкретных конструкциях изделий.

## 2.5. Полигонные испытания ядерных зарядов и ядерных боеприпасов

### *Введение*

Специфические характеристики ядерных и термоядерных взрывов (практически мгновенное выделение большой энергии, сопровождающееся световым, ионизирующим, электромагнитным и проникающим излучениями и ударной волной) предъявляют особые требования к обоснованию решений об их проведении. Главным и первичным из таких требований является, если можно так выразиться, доказанная необходимость. Вся история отечественных ядерных испытаний свидетельствует о том, что именно с этого начиналась подготовка к каждому из них. При доказательствах необходимости проведения того или иного испытания в разной степени учитывались политические, научно-технические и военно-стратегические условия соответствующего периода времени. Ученые и руководители атомной отрасли, активно развивавшейся в СССР со второй половины 1940-х годов, иногда по-разному подходили к обоснованию необходимости испытаний, но чаще были едины во мнении о недопустимости отставания от овладевших ядерным оружием первыми Соединенных Штатов Америки.

Не повторять дорогостоящих идентичных испытаний, если работоспособность конструкции подтверждена ранее проведенным взрывом – вот основа практического подхода к разработке программы предстоящих новых испытаний. Исключением из этого правила являются специальные контрольные и сравнительные испы-

тания, в задачу которых входило установление (или подтверждение) стабильности характеристик ядерных зарядов при разных сроках хранения (эксплуатации) или в кардинально изменяющихся условиях возможного применения.

В любом случае, а не только в процессе разработки конкурирующих конструкций, обоснование необходимости испытания конкретного заряда было первым и, пожалуй, самым главным этапом подготовки испытания. При этом всесторонне исследовались и экспертировались аргументы «за» и «против» не только в самой организации-разработчике, но и на внутриотраслевом и межведомственном уровне. Второе было очень важным при формировании ежегодного плана испытаний, в котором учитывались временные и материальные ресурсы испытательных полигонов и всех обеспечивающих структур.

После признания необходимости и включения в план испытаний конкретного изделия наступал следующий важный этап подготовки к ним: разработка технического задания (ТЗ) и проектной документации на запланированный опыт. ТЗ разрабатывалось в теоретическом секторе (отделении) авторами подлежащей испытанию конструкции, а исходные данные для проектной организации, выпускавшей соответствующую документацию на испытательный объект, подготавливались испытательным сектором (отделением) совместно с другими заинтересованными структурами института.





Часто к разработке ТЗ привлекались физики-экспериментаторы. В особенности это относилось к специализированным физическим опытам, а также к тем испытаниям, где попутно с проверкой работоспособности какой-либо конструкции проводились физические исследования, требующие такого мощного источника излучений и энергии, как ядерный взрыв.

В течение четырех лет (1957, 1958, 1961 и 1962 гг.)<sup>1</sup> до запрета ядерных испытаний в трех средах (договор 1963 г.) ВНИИТФ, созданный в 1955 г., провел 54 воздушных и 7 наземных испытаний. Использовалась, в основном, ранее отработанная при ядерных испытаниях зарядов ВНИИЭФ технология подготовки и контроля параметров взрывов в этих условиях. Технические требования к обустройству объектов для испытаний (особенно воздушных) в эти годы фактически были типовыми и стабильными: использовалось довольно ограниченное число измерительных методик с размещением аппаратуры в постоянных наземных пунктах и в самолетах-лабораториях, выбирались наиболее подходящие погодные условия. Интенсивный темп испытаний (иногда по 2–3 взрыва в один день) диктовал необходимость сохранения такой стабильности их редакции. Исключения составляли наземные испытания, проводившиеся в целях изучения поражающих факторов ядерного взрыва и фундаментальных и методических исследований. Здесь разрабатывалась широкая программа физических измерений, к реализации которой привлекались не только военнослужащие полигонов и сотрудники ВНИИТФ, но и специалисты некоторых институтов Академии наук.

В 1961 и 1962 г. ВНИИТФ провел первые подземные испытания на Семипалатинском и Новоземельском полигонах, соответственно, а с 1964 г. оба ядерных центра (ВНИИТФ

и ВНИИЭФ) полностью перешли к испытаниям в штольнях и скважинах с обеспечением камуфлетности ядерных взрывов.

В первые годы подземных испытаний технические требования на проектирование испытательных объектов рождались в трудах многократных итераций, обусловленных новизной начального периода такой деятельности. Постепенно во взаимодействии специалистов ядерных центров (ВНИИЭФ, ВНИИТФ), проектного института (ВНИПИ ПТ) и полигонов (ГосЦНИИП-2 и ЦПП-6) была отработана технология разработки проектной документации.

Дело дошло до выпуска в 1984 г. так называемых общих технических требований (ОТТ) на испытания в штольнях и в скважинах. Это событие было определенным этапом в закреплении и освоении опыта подготовки сложнейших ядерных испытаний. Частично эти же ОТТ использовались и при подготовке проектов промышленных ядерных взрывов мирного назначения.

Однако чаще всего опыты были уникальные и частные ТТ выпускались на каждый испытательный объект.

Значительно расширился состав методик физических измерений и исследований, проводимых при подземных ядерных испытаниях. Постепенно усложнялись как редакции испытаний (в частности, с переходом к групповым взрывам в скважинах (с 1965 г.) и в штольнях (с 1966 г.)), так и программы измерений параметров испытываемых зарядов, поражающих факторов ядерных взрывов и сопутных фундаментальных научных исследований.

Особое место занимала отработка ядерно-взрывных устройств для промышленных взрывов, осуществлявшаяся на испытательных полигонах и иногда совмещаемая с испытаниями зарядов оборонного назначения.

Опыт подземных испытаний, конечно, использовался и при проведении промышленных ядерных взрывов с ЯВУ мирного назначения. Из 418 ядерных зарядов и ядерно-взрывных

<sup>1</sup> В 1959 и 1960 г. ядерные испытания в СССР не проводились.



устройство ВНИИТФ в оборонных целях испытано за 1957–1989 гг. 315 зарядов; в 1964–1984 гг. при отработке испытано 23 ЯВУ мирного назначения, и применено в 1968–1988 гг. при промышленных ядерных взрывах 80 ЯВУ.

Всего в СССР в оборонных целях было испытано 797 зарядов, при этом около 40% этих испытаний проведено с зарядами ВНИИТФ. Информация о промышленных взрывах приведена в таблице.

Испытания ядерных боеприпасов, входящих в состав авиабомб, головных частей ракет, боевых частей торпед, артснарядов и мин, обычно проводились с заменой ядерных зарядов на их инертные макеты. Основной целью испытаний является проверка работоспособности системы автоматики подрыва и ее связи с системой управления соответствующего носителя.

Организация этих испытаний находилась в компетенции разработчиков носителей стра-

тегического и тактического ядерного оружия и контролировалась командованием видов и родов войск Вооруженных сил. Принятию ядерных боеприпасов на вооружение предшествовали испытания входящих в них ядерных зарядов и многократно повторявшиеся испытания боеприпасов различной комплектации в составе носителей.

Разработки велись как для моноблочных головных частей ракет, так и для разделяющихся боеголовок с несколькими ядерными зарядами. В некоторых из разработанных ВНИИТФ боеприпасах использовались ядерные заряды разработки ВНИИЭФ, так же как и в некоторых ЯБП ВНИИЭФ и ВНИИА применены ЯЗ ВНИИТФ.

В обеспечение разработок ВНИИТФ провел многочисленные испытания различного назначения (летные, ходовые, стрельбовые, бросковые, десантированием) изделий для ВМФ, ВВС, РВСН, ПВО, ПРО, ГРАУ.

### Промышленные взрывы ядерно-взрывных устройств

Условия проведения	ВНИИЭФ			ВНИИТФ			Всего	
	кол-во взрывов	кол-во зарядов	время проведения	кол-во взрывов	кол-во зарядов	время проведения	кол-во взрывов	кол-во зарядов
Отработка ядерно-взрывных устройств мирного назначения:								
– при взрывах в штольнях	12	13	1964–1975	12	19	1964–1983	24	32
– при взрывах в скважинах	2	2	1966–1973	3	4	1970–1984	5	6
всего при отработке ЯВУ	14	15	1964–1975	15	23	1964–1984	29	38
Промышленные взрывы:								
– в штольнях	1	1	1984	3	4	1971, 1972, 1984	4	5
– в скважинах	48	53	1965–1979	72	76	1968–1988	120	129
всего в промышленных взрывах	49	54	1965–1984	75	80	1968–1988	124	134
всего мирных	63	69	–	90	103	–	153	172



### *Воздушные и наземные ядерные испытания 1957–1962 гг.*

Ядерные испытания зарядов собственной разработки ВНИИТФ начал спустя два года после своего образования. 10 апреля 1957 г. на Семипалатинском испытательном полигоне сбросом авиабомбы с самолета был испытан заряд мощностью 680 кт. Точка взрыва находилась на высоте 2000 м от уровня земли.

Энерговыделение заряда определялось двумя методами:

- < по параметрам светящейся области (т. н. метод огненного шара (ОШ));
- < по анализу радиохимических проб продуктов взрыва (метод РХ).

Измерения по методу ОШ производились специалистами и аппаратурой Института физики Земли с участием представителей полигона. Использовались сверхскоростные фоторегистраторы, ждущие «лупы времени» и скоростные камеры покадровой съемки. При хороших погодных условиях такой состав аппаратуры с размещением на земле и на самолете-лаборатории обеспечивал надежное получение представительных результатов.

Описываемое испытание было 38-м по счету из числа проведенных к этому времени в СССР. Поэтому была использована отработанная технология подготовки и проведения испытания и обеспечения необходимых физических измерений.

Забор проб для радиохимического анализа проводился с помощью фильтров Петрянова, размещенных в двух гондолах, подвешенных под крыльями самолета-лаборатории ИЛ-28.

После приземления самолета-лаборатории непосредственно на аэродроме полигона специалисты-радиохимики полигона и института провели контроль активности проб, их фрагментирование (разрезка фильтров на части) и упаковку в транспортные контейнеры, которые немедленно были доставлены в радиохимическую лабораторию полигона.

Анализ проб на содержание короткоживущих и реперных изотопов проводился двумя группами специалистов: от ВНИИТФ – В. С. Безденежных, И. Н. Ермилов, В. В. Кесарев, В. А. Наседкин, Н. Н. Неводнигий, Н. А. Новоселов; от ВНИИЭФ – Е. К. Бонюшкин, В. А. Бочкарев, Н. Л. Мартынов и другие. Результаты, полученные обеими группами, совпали в пределах ошибок измерений. Эти же пробы были доставлены в радиохимическую лабораторию ВНИИТФ для дальнейшего анализа долгоживущих изотопов. Факультативно при этом испытании измерялись скорость размножения нейтронов реакции деления по интенсивности нарастания  $\gamma$ -излучения и нейтронный выход взрыва по долгоживущим нейтронным индикаторам. Кроме того изучался процесс наработки трансурановых изотопов (Pu-239, Pu-240, Np-237) по соотношению их  $\beta$ -активности с  $\beta$ -активностью Mo-99 из продуктов деления.

Это первое натурное испытание заряда института прошло успешно и явилось хорошим стартом в серии воздушных испытаний института.

В 1957 г. на СИП было проведено еще три испытания ВНИИТФ. Два из них можно отнести к знаменательным испытаниям на северном испытательном полигоне Новая Земля (СИПНЗ): наземный взрыв и воздушное испытание со сбросом авиабомбы.

В наземных условиях 7 сентября 1957 г. был проведен специализированный физический опыт (ФО-3) по измерениям пробегов излучения. Это был первый и единственный наземный ядерный взрыв на северном полигоне. Подробнее о нем уже сказано выше.

При воздушном взрыве на СИПНЗ 24 сентября был успешно испытан заряд мощностью 1,6 Мт с подрывом на высоте 2000 м. Это был первый из 84 воздушных взрывов, проведенных с 1957 по 1962 г. На этом полигоне и с этого испытания началось создание системы организационного и методического обеспечения



воздушных, а затем и подземных испытаний в условиях северного полигона. Научным руководителем этого испытания был К. И. Щёлкин; в государственную комиссию по испытанию входили представители ВВС – Н. П. Селезнев, В. И. Урюпин, С. М. Куликов, В. А. Чернорез и др.; сброс производился с самолета-носителя ТУ-16 под командованием Ф. П. Головашко. Анализ результатов этого испытания показал, что на Новоземельском полигоне можно проводить и более мощные испытания. Но какие именно, еще предстояло теоретически обосновать и экспериментально проверить.

Успешные испытания 1957 г. позволили ВНИИТФ в этом же году сдать на вооружение первый термоядерный заряд советского ядерного арсенала (в составе авиабомбы), а в 1958 г. – два более экономичных заряда для авиабомб и два – для оснащения ракетных комплексов.

За эти работы группа ведущих сотрудников института в составе: К. И. Щёлкин, Е. И. Забабахин, Ю. А. Романов, Л. П. Фескитов, М. П. Шумаев и В. Ф. Гречишников – была удостоена Ленинской премии 1958 г.

Сессия воздушных испытаний СССР 1958 г. состояла из двух частей: первая часть включала тринадцать взрывов (из них 2 – ВНИИТФ) до моратория, объявленного 31 марта, и вторая – 21 взрыв (из них 6 – ВНИИТФ) во время прерывания действия моратория (с 30 сентября по 3 ноября).

Итак, в 1958 г. все восемь испытаний ядерных зарядов ВНИИТФ были проведены на СИПНЗ, из них три испытания были посвящены фундаментальным методическим исследованиям, а остальные – отработке образцов зарядов для ядерного оружия. Все взрывы проведены со сбросом авиабомб с самолетов.

Для измерений физических параметров испытываемых зарядов были задействованы самолеты-лаборатории и наземные пункты регистрации исследуемых явлений. Результаты измерений позволили сделать вывод о нор-

мальной (расчетной) работе испытанных изделий. Интересно, что первое испытание заряда ВНИИТФ в 1958 г. было проведено в один день с испытанием заряда ВНИИЭФ на СИПНЗ – это было 27 февраля (первый из общего числа 17 «сдвоенных» испытаний в один день на одном полигоне), а второе испытание ВНИИТФ совпало с испытанием ВНИИЭФ, проведенным на СИП, и с испытанием «URANUS» США, проведенным на Невадском полигоне в штольне – это произошло 14 марта 1958 г.

В 1959 и 1960 г. СССР ядерных испытаний не проводил. В эти годы ученые Морского филиала ЦНИИ-12 МО Ю. С. Яковлев и В. В. Софронов расчетно показали, что при наличии температурной инверсии в области ядерного взрыва ветровой перенос влияет на распространение волны сжатия. Таким образом, при выборе соответствующих погодных условий можно проводить взрывы с ТЭ, существенно превышающим мощности испытаний 1957–1958 гг.

Из 59 ядерных испытаний СССР 1961 г. в 16 случаях испытывались ядерные заряды разработки ВНИИТФ. Из 13 воздушных испытаний 5 было проведено на СИПНЗ: три – сбросом авиабомбы с самолета; одно – пуском ракеты с наземного старта и одно – пуском ракеты с подводной лодки. Величины реализовавшихся мощностей взрывов находились в пределах 15–5000 кт при высотах подрыва от 1000 до 2300 м. Использовались уже отработанные на северном полигоне методы физических измерений. Особой оперативностью предоставления результатов отличались методики с расположением регистрирующей аппаратуры на самолетах-лабораториях: результаты измерения мощности взрыва выдавались через несколько часов после взрыва, остальные – не позднее трех дней после испытания; к этому времени обычно были известны и данные наземных методик физических измерений.

Восемь воздушных испытаний было проведено на Семипалатинском полигоне; из них –



6 сбросом авиабомбы с самолета и 2 – пуском ракет наземного базирования; диапазон реализовавшихся мощностей взрывов находился в пределах от 0,5 до 16 кт при высотах подрыва от 100 до 700 м (испытания мощных зарядов с 1961 г. были сосредоточены на СИПНЗ).

В качестве носителей ядерных зарядов в упомянутых двух испытаниях использовались головные части твердотопливных тактических ракет «Луна». Такой способ испытаний был более дешевым и оперативным, чем сброс авиабомб с самолета. Кроме того, он позволял перевести тренировки офицерского состава ядерных частей с режима использования макетов ядерных боеприпасов на режим эксплуатации реальных ЯВП и проводить учения одного из ракетных дивизионов в условиях, приближенных к боевым. Ракетные стрельбы производились по площадке П5 Семипалатинского полигона. Огневая позиция была удалена от цели примерно на 22 км, мощности зарядов не превышали 10 кт, высоты подрыва в таком режиме испытаний 1961–1962 гг. составляли от 0 до 400 м.

Сессия воздушных испытаний 1961 г. характерна еще одним немаловажным эпизодом в мировой истории ядерных взрывов. 30 октября было проведено самое мощное ядерное испытание, тротиловый эквивалент которого составил 50 Мт. Это было испытание заряда ВНИИЭФ с размещением его в корпусе авиабомбы, разработанной ВНИИТФ. Об особенностях этой разработки сказано выше.

Творческий вклад специалистов ВНИИТФ в комплекс работ по испытанию самого мощного ядерного заряда 30 октября 1961 г. был оценен присуждением Ленинской премии 1962 г. (вместе с сотрудниками ВНИИЭФ). Это были Б. Н. Леденёв, Г. П. Ломинский, Г. А. Михайлов, М. Н. Нечаев, Г. А. Цыркв.

В серии испытаний ВНИИТФ 1961 г. было еще два наземных взрыва, проведенных с целью проверки аварийных режимов, способных

возникнуть при эксплуатации ядерных боеприпасов. Это были первые натурные опыты ВНИИТФ по исследованию безопасности ядерного оружия.

В программе ядерных испытаний СССР 1962 г., последнего года перед запрещением испытаний в атмосфере, в космическом пространстве и под водой, было 79 ядерных взрывов: 62 воздушных, 12 наземных, 3 космических и высотных, 1 подводный и 1 подземный.

Из 62 воздушных испытаний 1962 г. ВНИИТФ провел 26: 6 с ракетными пусками и 20 – сбросом с самолета. О ракетных стрельбах говорилось выше, а особенностью сбросов с самолетов в 1962 г. было использование наряду с бомбардировщиками ТУ-16, ТУ-95 еще и самолетов-истребителей СУ-7Б. Истребители использовались для бомбометания с кабрирования. Судя по воспоминаниям одного из руководителей воздушных испытаний на СИП В. И. Жучихина, такой метод сброса бомб носил, говоря современным языком, экстремальный характер.

«Испытание малогабаритной авиабомбы, носимой на внешней подвеске истребителя СУ-7Б, проводилось не только с целью проверки правильности идей, заложенных в конструкцию малогабаритного ядерного заряда, но и для осуществления на практике метода сбрасывания авиабомбы кабрированием самолетом-истребителем.

Конструкция авиабомбы, подвешиваемой под фюзеляжем самолета, обладала настолько удачными аэродинамическими характеристиками, что, по утверждению пилотов, она несколько не усложняла управление самолетом».

Из 4 наземных взрывов ВНИИТФ два было проведено ракетными пусками (заряд взрывался при приземлении боеголовки), один – на башне высотой 8 м и один на дневной поверхности. Все эти взрывы были проведены в интересах разработки новых зарядов для ядерного оружия.



За разработку ядерных зарядов для ВВС и ВМФ, успешно прошедших натурные ядерные испытания в 1962 г., двум группам ведущих сотрудников института были присуждены Ленинские премии 1963 г. Среди лауреатов: Е. Н. Аврорин, Б. И. Беллев, А. В. Бородулин, В. А. Бояринов, Н. В. Бронников, А. А. Бунатян, С. С. Воробьев, П. А. Есин, Л. Ф. Клопов, П. И. Коблов, Б. М. Мурашкин, Н. А. Смирнов, М. Д. Чуразов.

В одном из воздушных испытаний осени 1962 г. на СИПНЗ специалисты ВНИИТФ проверяли работоспособность специального радиодальномера (СРД) собственной разработки, предназначенного для точного измерения расстояния от точки подрыва испытываемого заряда до летящего самолета-лаборатории. Полученные результаты такой проверки указали на необходимость совершенствования аппаратуры СРД, которое было продолжено в 1963–1964 гг. на полигоне № 71 ВВС с использованием авиабомб с инертной начинкой.

Специалисты отделения экспериментальной физики ВНИИТФ также осенью 1962 г. принимали участие в исследованиях физических явлений, сопровождающих ядерные взрывы в космосе. Из всей серии таких взрывов от К-1 до К-5, проводившихся с зарядами ВНИИЭФ, специалисты ВНИИТФ участвовали в физических измерениях при двух экспериментах К-3 и К-4 (22 и 28 октября 1962 г.).

Из воспоминаний участника этих испытаний И. М. Израилева, в частности, известно следующее:

«Всеми теоретическими работами ВНИИТФ при этих испытаниях руководил Ю. А. Романов, экспериментальными – Ю. А. Зысин. Работой ракет МР-12 руководил генерал Ф. Ф. Петров.

Вся аппаратура должна была укладываться в заданные массогабаритные характеристики, что в то время было непросто.

Всего было подготовлено 8 ГЧ с аппаратурой: 4 рентгеновских, 3 нейтронных и одна электронная. На подготовку отводилось очень

мало времени, всего несколько месяцев, поэтому пришлось трудиться весьма интенсивно, но это было не в тягость, так как задача была очень интересной...

Подготовка к опыту шла довольно интенсивно, и вот, наконец настал ожидаемый час. Ракеты с нашими ГЧ установлены на стартовых позициях. Мы все собрались на площадке, ждем. Небо совершенно чистое, ясное.

Пуск. Многие, на всякий случай, чтоб не ослепило, не смотрели в небо, в то место, где должен был взорваться заряд; я же из любопытства смотрел. После слабой вспышки на фоне синего неба появилась тонкая белая окружность. Она сначала быстро расширилась до углового диаметра, раза в два меньше лунного, потом остановилась и довольно быстро рассосалась. И в момент взрыва раздался тихий, но совершенно отчетливо слышимый щелчок. Причины его возникновения неясны. Возможно, он является аналогией так называемых электрофонных звуков, которые мгновенно сопровождают полет болида на высотах 30–100 км.

...После взрыва начался поиск упавших ГЧ с помощью военных вертолетов. К сожалению, парашютные системы сработали не все. Из восьми ГЧ три разбились при ударе о землю, и вся информация с них была утеряна. По остальным ГЧ тоже были огрехи: часть аппаратуры не сработала, часть записей была по оплошности стерта. Тем не менее оставшейся информации было достаточно, чтобы получить все необходимые данные».

Заключительная сессия воздушных испытаний СССР 1962 г. завершилась двумя взрывами 25 декабря, в одном из них испытывался заряд ВНИИТФ. Интересно, что в каждом из предыдущих двух дней (23 и 24 декабря) было проведено по 4 испытания (4 воздушных и 3 наземных ВНИИЭФ и 1 воздушное ВНИИТФ). Так спешили завершить испытательную сессию перед запретом ядерных взрывов в трех сферах.



### *Переход к подземным ядерным испытаниям 1961–1964 гг.*

Как известно, первые камуфлетные подземные ядерные испытания США провели в 1957 г. Это были взрыв «Паскаль-А» в скважине (26 июля 1957 г.) и взрыв «Сатурн» в штольне (10 августа 1957 г.).

Спустя год, в СССР началась интенсивная подготовка к подземным испытаниям, что было связано с объявлением одностороннего моратория на проведение испытаний в трех средах.

Публикация американских данных по глубинам заложения зарядов, при которых обеспечивается полное удержание радиоактивности под землей (камуфлет), по устройству забивочных комплексов и т. п. помогла специалистам СССР при подготовке первых подземных взрывов.

Первоначально планировалось проводить такие взрывы в имевшихся горных выработках на побережье озера Иссык-Куль (Киргизия). В мае 1960 г. было утверждено техническое задание на доработку и обустройство этих штолен. Однако проработка проектными организациями МСМ этого варианта проведения подземных ядерных взрывов показала серьезные препятствия на пути его реализации.

Осенью 1960 г. было выбрано иное место для этих целей. Более удобным и безопасным руководители и специалисты посчитали горный массив Дегелен, расположенный вблизи опытного поля воздушных и наземных испытаний уже действовавшего Семипалатинского полигона. Кстати сказать, еще в 1959 г. министр Е. П. Славский ставил командованию Новоземельского полигона задачу изучить горные массивы в районе пролива Маточкин Шар на предмет возможности проведения в них подземных взрывов.

Для подготовки и обеспечения подземных ядерных испытаний в начале 1961 г. во ВНИИФ был образован сектор 12 в составе недавно созданного конструкторского бюро первого тема-

тического направления (КБ-1). Приказ № 16 по НИИ-1011 о создании сектора внешних испытаний экспериментальных изделий был подписан 6 февраля 1961 г. Г. П. Ломинский был назначен заместителем главного конструктора – начальником сектора 12.

Первоначально перед сектором ставились следующие основные задачи:

- < организация подготовки и проведения натурных испытаний ядерных зарядов, разрабатываемых институтом;
- < выдача технических требований проектной организации на оборудование объектов испытаний;
- < разработка конструкций установок, в которых должны были размещаться испытываемые заряды;
- < разработка и эксплуатация аппаратуры автоматики подрыва заряда и аппаратуры контроля ее работы и измерений некоторых параметров заряда (аппаратуры спецконтроля);
- < разработка эксплуатационной документации на окончательную подготовку заряда в условиях полигона и проведение этой подготовки на полигоне;
- < материальное и хозяйственное обеспечение участников испытаний.

Первое подземное ядерное испытание было осуществлено на Семипалатинском полигоне. Это был так называемый калибровочный взрыв заряда мощностью 1 кт, произведенный 11 октября 1961 г. в штольне В-1. В нем наряду с измерениями параметров заряда была предусмотрена достаточно широкая программа исследований радиационной и сейсмической безопасности таких испытаний.

В эксперименте участвовали специалисты ВНИИФ, ВНИИЭФ, полигона, ПромНИИпроекта, 3-го ГУ Минздрава и других организаций. Основной целью испытания была не отработка ядерного заряда, а апробация новой технологии проведения ядерных испытаний.



При этом:

- < проверялась новая система подрыва и контроля работы ядерного заряда;
- < определялись возможности измерений основных параметров зарядов, испытываемых при подземных взрывах;
- < исследовались физические явления подземного ядерного взрыва с точки зрения их использования для разработки новых и развития апробированных при воздушных испытаниях методик физических измерений;
- < регистрировались параметры сейсмических колебаний с целью выяснения возможностей дальнего обнаружения подземных ядерных взрывов;
- < исследовались устойчивость забивочного комплекса и безопасность проведения подземных испытаний.

В целом, эксперимент принес положительные результаты, несмотря на истечение радиоактивных газов через эпицентральную область. Выхода первичных аэрозолей как и заражения местности не было. Однако того, что произошло, хватило для радиационной засветки фотопленок и затруднения съема материалов регистрации. Тем не менее данные о работе заряда и радиационной обстановке в межзабивочном пространстве штольни были получены в объеме, достаточном для представительного анализа результатов эксперимента.

Опыт этого первого подземного испытания был учтен при подготовке следующих взрывов. В частности, были уточнены рекомендации по выбору линии наименьшего сопротивления (л. н. с. – кратчайшее расстояние от точки заложения заряда до дневной поверхности), по конструкции штольни и забивочного комплекса, по размещению регистрирующей аппаратуры вне штольни (в более доступном после испытания месте) по разработке и применению различных преобразователей информации, ее телеметрированию, использованию усилителей и формирователей сигналов и т. п.

Первым ядерным испытанием программы 1962 г. был подземный взрыв заряда ВНИИТФ, проведенный 2 февраля на СИП в штольне А-1. Это было второе по счету подземное испытание СССР, но первое подземное, проведенное в целях исследования поражающих факторов ядерного взрыва.

Участниками эксперимента были те же организации, что и в опыте 1961 г., но редакция эксперимента существенно отличалась от первого калибровочного испытания: длина штольни была почти вдвое, а глубина заложения в 1,5 раза больше чем в штольне В-1. Кроме того, здесь понадобились новые технические решения в обеспечение основной цели эксперимента, связанные с системой вывода излучений и размещением образцов, подвергающихся воздействию поражающих факторов ядерного взрыва, с выводом информации о результатах такого воздействия. Эксперимент прошел удачно, и особенности его технологии также были учтены при подготовке последующих испытаний с аналогичными целями.

В 1963 г. СССР ядерных испытаний не производил. США провели 47 подземных испытаний, а Франция – 3.

После принятия договора о запрещении испытаний в воздухе, под водой и в космосе, начиная с 1964 г., СССР полностью переходит к технологии подземных испытаний. Количество ежегодно проводимых натурных опытов сокращается, но зато возрастает их информативность. Первое время большое внимание пришлось уделять отработке технологии подземных испытаний. Многое предстояло сделать для повышения их безопасности, для выбора наиболее информативной постановки опытов, для создания методик физических измерений. Усложнение разрабатываемых взрывных систем требовало получения более разнообразной и точной информации о протекающих процессах. Многое из того, что было применимо при воздушных взрывах, оказалось неприменимым





под землей. Так, нельзя было использовать ни один из методов определения энергии взрыва, которые использовались при воздушных взрывах. И наоборот, подземные опыты открывали хорошие возможности для измерений потоков нейтронов, гамма- и рентгеновского излучения. Эти потоки несли весьма ценную информацию о протекании процессов при работе зарядов. Использовать ее можно, лишь опираясь на адекватную теоретическую информацию о развитии явления.

Многообразие типов взрывных систем, условий постановки и проведения экспериментов вносило дополнительные осложнения при решении стоящих задач. Например, энергия испытываемых ядерных зарядов варьировалась от единиц килограммов тротилового эквивалента (при испытаниях на ядерную взрывобезопасность) до нескольких мегатонн. При этом в каждом конкретном случае необходимо было обеспечить достаточно высокую точность определения измеряемых параметров. Кроме того, во избежание случайных ошибок или утраты информации было принято измерять основные параметры испытываемых систем по крайней мере двумя независимыми методами.

В частности, необходимо было разрабатывать новые методы определения энергии взрывов. В основе этих методов лежали различные процессы, сопровождающие протекание ядерного взрыва. Так, образование радиоактивных ядер в реакциях деления и синтеза позволяло оценивать энергию как воздушного, так и подземного взрыва с помощью радиохимического анализа проб, положенного в основу радиохимического метода. Выход нейтронов и их спектр из отдельных узлов (что можно было измерить при подземном взрыве) нес в себе информацию о числе реакций деления, а также о реакциях синтеза. Измерения нейтронных потоков позволяли оценивать энергию взрыва относительно «прозрачных» для нейтронов систем. Некоторые методы основывались на определении энергии

равновесного теплового излучения, образующегося при работе отдельных узлов. Большое семейство составляли газодинамические методы, основанные на связи интенсивности газодинамических течений, сопровождающих взрыв, с его энергией.

Газодинамические методы широко использовались при воздушных испытаниях в силу ряда достоинств: однородности естественной газовой среды (воздуха), простоты закономерностей протекания процессов, относительной простоты постановки измерений.

При подземных взрывах эти достоинства были утрачены. Однако главное свойство газодинамических методов – связь энергии взрыва с интенсивностью движения в естественной среде, окружающей заряд, или в искусственной, примыкающей к нему, – проявлялось в полной мере. Это явилось причиной создания семейства методов, которые позволяли определять энергию взрыва фактически во всем диапазоне возможных значений. В частности, для достаточно мощных зарядов можно было регистрировать ударно-волновое течение в естественной среде – горной породе, окружающей место взрыва. По аналогии с методом «огненного шара» для испытаний в воздухе он был назван методом «грунтового шара» (участниками его разработки от ВНИИТФ были: В. А. Симоненко, К. К. Крупников, Л. П. Волков, Н. П. Волошин, Р. С. Израилева, В. Н. Ногин, А. В. Петровцев и др.). При малых энергиях взрыва приходилось обращаться к искусственно создаваемым средам (А. В. Говорков и др.). Со временем эти методы существенно развивались как в постановке опытов, так и в расчетно-теоретическом и аппаратном обеспечении. Например, использовались разные искусственные среды (от легких соединений до тяжелых металлов), разные способы получения информации (от электрических сигналов до световых импульсов).

Важное значение имели методы, основанные на измерении части энергии, которая представ-



лена равновесным тепловым излучением. В их развитие и применение для мощных систем существенный вклад внесли А. К. Хлебников, Ю. И. Кузнецов и др. Различные модификации такого подхода широко использовались разработчиками многомодульных систем. В развитие нейтронных методов существенный вклад внесли В. Б. Розанов, Я. Н. Андреев, В. Г. Рукавишников, Р. М. Комаров, А. М. Лясота и др. Радиохимический метод в силу трудоемкости взятия проб в подземных испытаниях института применялся редко.

На основе регистрации потоков гамма-квантов, нейтронов и рентгеновского излучения были разработаны методы измерения и других важных параметров, характеризующих работу взрывных ядерных систем. Из разработчиков методик гамма-измерений и регистрации гамма-нейтронных изображений узлов испытываемых систем следует отметить таких физиков-экспериментаторов ВНИИТФ, как Л. П. Волков, И. П. Волобуев, А. С. Владимиров, А. В. Домбровский, Г. А. Иванов, В. В. Меньшенин, А. П. Нагибин, Г. А. Новиков, А. И. Свалухин, А. В. Филатов, Б. Т. Черноволков и др. Особенно следует выделить эксперименты с регистрацией и использованием потоков рентгеновского излучения. Прежде всего, сама задача получения достаточно интенсивных рентгеновских потоков определенного спектрально состава является весьма сложной. Для регистрации их создавались трудоемкие физические установки и изоцирковые методы. В это направление работ существенный вклад внесли Ю. И. Кузнецов, В. З. Нечай, А. С. Ганеев, И. М. Израилев, А. Л. Запысов, Э. В. Моисеенко и др.

Были узаконены процедуры постановки и проведения физических измерений. Для каждого метода создавалась методика, которая включала требования к постановке испытания, к условиям проведения измерения и оговаривала необходимое расчетно-теоретическое обеспечение. Для проведения измерений соз-

давались специальные датчики, регистрационные каналы и регистрирующие аппаратные комплексы. Каждая методика должна была быть оформлена и аттестована по стандартам, принятым в отрасли. Официально признавались результаты, полученные именно по таким методикам. Фактически регламентировалась технология проведения испытаний и получения результатов. Это устраняло необоснованность, обеспечивало надежность получения результатов и необходимую точность измерений, исключало сложные процедуры проверок в конкретных применениях методов. На становление этой технологии ушло несколько лет. И, что было особенно важно, такая регламентация не мешала развитию систем измерений. Естественным образом осуществлялась смена теоретических частей методик и их практических руководств, детекторного и аппаратного обеспечения, методов обработки результатов измерений. Появлялись новые методики.

При испытаниях мощных зарядов в штольнях была разработана специальная схема выполнения горных работ, обеспечивающая наилучшие условия для измерений ударно-волнового движения в грунте. Такая оптимизация осуществлялась и при проведении испытаний в скважинах, из-за малых диаметров которых приходилось прибегать к еще более сложным решениям для получения столь же полной информации о работе испытываемых систем, как и при штольневых испытаниях.

Обычно в опытах параллельно осуществлялась регистрация протекания многих процессов – нейтронных, гамма- и рентгеновских потоков, ударно-волновых процессов. Часто требования обеспечения наилучших условий измерений для различных методов противоречили друг другу, приходилось изыскивать компромиссы. Фактически для проведения каждого испытания создавался специальный комплекс, в физическом центре которого находилось испытываемое взрывное устройство.



Некоторые натурные опыты были нацелены на исследования определенных классов физических процессов. Их называли физическими опытами. Часть из них была направлена на поиски путей развития взрывных ядерных систем, другие – на исследования различных факторов ядерного взрыва и воздействия их на элементы или образцы техники, третьи – посвящались исследованию фундаментальных физических проблем.

Программу подземных испытаний СССР 1964 г. открыл 15 марта ВНИИТФ в штольне А-6 Семипалатинского полигона. Это было третье по счету и второе подземное испытание из числа предназначавшихся для исследований поражающих факторов ядерного взрыва. При подготовке этого испытания пригодился опыт, приобретенный в эксперименте 1962 г. в штольне А-1. Эксперименты такого класса получили название «облучательных опытов».

Такие «... опыты являлись наиболее сложным, потенциально опасным видом испытаний, отличающимся большим разнообразием по целям исследований, составу техники, физическим измерениям, системам обеспечения безопасности... Разработчики испытываемой военной техники должны были извлечь свои объекты с расстояния сотен метров после взрыва ядерного заряда... и доставить их радиационно «чистыми» в свои конструкторские бюро и институты для дальнейших исследований» [Ядерные испытания СССР. Том 2].

В первых облучательных опытах образцы не извлекались, а результаты воздействия определялись по данным соответствующих детекторов, передаваемым по кабелям с измерительных позиций к регистраторам.

В эксперименте, проведенном в штольне А-6, изучалось воздействие различных поражающих факторов на головные части ракет. Было установлено, что основным поражающим фактором в условиях космоса является не ударная волна, не свет, а рентгеновское излучение.

За эту работу группа ученых и испытателей ВНИИТФ (А. С. Ганеев, И. М. Израилев, К. К. Крупников, А. В. Лучинский, В. З. Нечай, Б. А. Предени) была удостоена Ленинской премии 1964 г.

6 июня 1964 г. в штольне В-2 СИП ВНИИТФ успешно провел испытание в целях отработки технологии испытаний, исследований механических процессов ядерного взрыва, калибровки сейсмических методик.

18 сентября 1964 г. испытание с этой же целью было проведено с зарядом ВНИИТФ в штольне Г на северном полигоне. Это было первое подземное испытание на СИПНЗ. И второе подземное испытание на этом полигоне также проводил ВНИИТФ: при взрыве 25 октября в штольне В институт впервые в натурном испытании проверял работоспособность «чистого» заряда. Опыт оказался неудачным, что хотя и осложнило начало работ института по программе мирных ядерных взрывов, но предоставило информацию для дальнейших разработок по этому направлению.

В этом же году ВНИИТФ провел пять испытаний в штольнях Семипалатинского полигона.

Таким образом, с 1961 г. по конец 1964 г. в СССР было проведено 11 подземных ядерных взрывов с мощностью в диапазоне от 0,001 до 150 кт. Можно было считать, что переход от воздушных к подземным испытаниям ядерных и термоядерных систем был успешно совершен в невообразимо короткие сроки, при этом были найдены верные пути и использованы надежные средства. Не обошлось и без ошибок, но из них тоже делались нужные выводы. К подготовке испытаний участники относились как к исполнению государственного долга, с приподнятым духом, даже торжественно, сознавая высокое политическое и общегосударственное значение испытаний и чувствуя свою сопричастность к историческим событиям. Традиции и ритуалы создавали сами. Сложился строгий подход к эксплуатации испытываемых изделий, сфор-



мировались организационные правила безукоризненного порядка, обеспечивающего в течение дальнейших десятилетий безаварийную и бесперебойную работу.

В этот период ВНИИТФ провел 6 подземных взрывов, в том числе:

- < первые три подземных испытания СССР на СИП;
- < первые два подземных испытания СССР на СИПНЗ;
- < первые два подземных испытания СССР в целях исследования поражающих факторов ядерного взрыва;
- < первое испытание по отработке промышленных зарядов.

Опыт испытаний ВНИИТФ и ВНИИЭФ этого периода оказал существенное влияние на дальнейшее развитие технологии и улучшение эффективности, качества и безопасности подземных ядерных испытаний СССР.

#### *Ядерные испытания 1965–1989 гг.*

К началу 1965 г. СССР провел одну треть всех ядерных взрывов (230 из 715), испытав при этом 228 ядерных зарядов оборонного назначения и апробировав 2 ЯВУ для промышленных применений.

В каждом испытании было взорвано по одному заряду.

С течением времени перед испытательным сектором ВНИИТФ появились новые задачи:

- < разработка автоматики подрыва для групповых взрывов (два и более) как в штольнях, так и в скважинах;
- < динамическая отработка макетов ядерных зарядов для артиллерийских систем и связанные с этим стрельбовые испытания на артиллерийском полигоне;
- < разработка и создание аварийных технологий разборки и обезвреживания ядерных зарядов, подвергшихся аварийным воздействиям;
- < участие в выполнении НИР по разработке экспериментальных образцов технических

средств инспекции на местах ядерных взрывов;

- < проведение ядерных взрывов в мирных целях;
- < участие в совместных с США экспериментах по контролю выполнения Договора об ограничении подземных испытаний ядерного оружия.

Эти работы стали характерными для следующего 25-летнего\* периода ядерных испытаний (1965–1989 гг.).

Из 14 испытаний СССР 1965 г. институт участвовал в восьми: пять – в интересах разработки боевых зарядов; два – для фундаментальных методических исследований (проверялась работоспособность чисто термоядерных узлов) и одно – с целью отработки мирного ядерно-взрывного устройства.

Успешные испытания 1965 г. боевых зарядов, включавшие проверку новых элементов физических схем и новую систему инициирования ВВ получили высокую государственную оценку: группе ведущих теоретиков, математиков, конструкторов и газодинамиков в следующем 1966 г. была присуждена Ленинская премия. Лауреатами от ВНИИТФ стали: Ф. Ф. Желобанов, А. И. Жуков, Б. В. Литвинов, В. Б. Розанов, И. В. Сания, А. А. Чвилева.

Программа испытаний 1966 г. также состояла из восьми экспериментов. Как и в предыдущем году, один из опытов был посвящен продолжению исследований механических эффектов подземных взрывов, а остальные были направлены на разработку взрывных ядерных систем. Три испытания проводились в интересах создания мирных зарядов и четыре – для военных. Программа испытаний 1967 г. уже включала 14 натуральных экспериментов. Постепенно налаживалась технология испытаний, хотя еще возникали срывы (частичная потеря информации).

\* Точнее, 24-летнего, т. к. в 1986 г. испытания не проводились.



Накапливался опыт конструирования физических установок для натуральных экспериментов, опыт постановки измерений. Но получение необходимых завершающих результатов часто требовало проведения нескольких опытов, и поэтому на выполнение полного цикла работ в зависимости от сложности разрабатываемого заряда приходилось тратить по нескольку лет.

Завершенные циклы работ были выполнены по созданию малогабаритных и экономичных ядерных зарядов. Помимо испытаний по минимальной программе, необходимых при разработке новых зарядов, эти изделия использовались для получения дополнительной информации. Например, один из зарядов был использован для изучения механических процессов при одиночном и групповом взрывах на выброс. В одном из этих опытов проверялась система захоронения осколков деления. В некоторых новых системах проверялась эффективность разных составов ВВ. За цикл работ по созданию автономных зарядов в 1967 г. творческая группа ученых и специалистов ВНИИТФ (А. И. Баламутин, А. Д. Захаренков, В. К. Орлов, П. К. Панов, Л. Е. Полянский, В. А. Стаханов) была удостоена Ленинской премии. Параллельно при испытаниях этих зарядов проводилась отработка технологии испытаний в скважинах.

Успешной также была разработка экономичного термоядерного заряда для оперативно-тактических носителей (М. П. Шумаев, В. А. Стаханов и др.). При испытании его в 1966 г. впервые весь цикл отработки термоядерного заряда был выполнен в подземных экспериментах, и в сжатые сроки заряд был принят на вооружение. При испытании этого заряда были использованы новые методы определения энергии взрыва, в т. ч. упомянутый выше МПШ, в полном объеме были измерены все контрольные параметры. Эта работа в 1968 г. была отмечена Государственной премией. Фактически развитие технологии подземных ядерных испытаний осуществлялось параллельно с испытаниями. В частности, в том

же 1966 г. впервые нашим институтом был проведен групповой опыт в штольне. В дальнейшем такая постановка позволила существенно удешевить проведение испытаний.

Напряженный темп подземных испытаний и промышленных применений ядерных зарядов повлек за собой необходимость существенного совершенствования технологии испытаний, аппаратуры подрыва и контроля работы зарядов, методик и аппаратуры физических измерений.

При первом групповом взрыве двух зарядов (3 декабря 1966 г.) впервые было экспериментально подтверждено предложение физика-теоретика ВНИИТФ Ю. С. Вахрамеева о возможности подрыва нескольких зарядов в одной штольне с заданной одновременностью с получением данных о работе каждого из испытанных зарядов. Постепенное наращивание числа одновременно испытываемых конструкций в одном горном объекте (штольне, скважине) стало возможным, благодаря:

- < разработке системы подрыва зарядов в заданной последовательности и с заданной одновременностью при обеспечении индивидуального контроля срабатывания;
- < внедрению системы ответвлений от основного ствола штольни для размещения испытываемых объектов и гирляндной системы спуска объектов в скважины с обеспечением требуемой прочности и надежности забивочных комплексов;
- < разработке и внедрению необходимого набора методик физических измерений (в том числе и с размещением детекторов на короткой базе), обеспечивающего получение возможно более полной информации о физических процессах в каждом из испытываемых зарядов;
- < обеспечению надежности аппаратуры подрыва и регистрации всей необходимой информации путем внедрения дублирования каналов, вынесения аппаратуры в легкодоступное после испытания место, использо-



вания аналоговой и цифровой телеметрии, применения фотоприставок быстрого проявления и систем гарантийного питания аппаратурных комплексов.

Особые трудности пришлось преодолевать при освоении технологии испытаний в скважинах (начало в 1965 г.). Понадобилась разработка гермо- и термостойких контейнеров и кабельных гермовводов, обеспечивающих работоспособность испытательных комплексов при повышенных температурах и давлениях внешней среды.

Для обеспечения условий физических измерений и безопасности испытаний потребовалось разработать технологию забивки ствола скважины как в районе заложения контейнера с зарядом, так и по всей глубине скважины.

Из 124 промышленных взрывов этого периода (1965–1989 гг.) на долю ВНИИТФ выпало проведение 75 взрывов. Здесь уместно отметить, что даже при рекордно больших глубинах заложения ЯВУ ВНИИТФ соответствующая аппаратура подрыва, контроля и физических измерений обеспечила нормальное срабатывание и получение необходимой информации о работе заряда.

В успешное решение вышеперечисленных проблем существенный вклад внесло отделение испытаний, руководителями которого последовательно работали Георгий Павлович Ломинский (февраль 1961 г. – май 1961 г.), Федор Иванович Ерохин (май 1961 г. – март 1963 г.), Владислав Антонович Верниковский (март 1963 г. – июль 1971 г.), Евгений Иванович Парфёнов (июль 1971 г. – январь 1988 г.), Борис Александрович Андрусенко (январь 1988 г. – август 2002 г.), Борис Танадьевич Черноволюк (август 2002 г. – июнь 2009 г.), Вадим Геннадьевич Смирнов (2009–2013 гг.)

С 2014 г. начальником отделения работает Александр Николаевич Козерук.

Особое место в истории ядерных испытаний СССР и США занимает совместный экс-

перимент по контролю за мощностью подземных испытаний ядерного оружия (СЭК, 1988 г.). Отметим, что при взрыве СЭК в скважине 1350 СИП 14 сентября 1988 г. использовался заряд ВНИИТФ с ТЭ в диапазоне 20–150 кт; в подготовке и проведении этого испытания участвовали специалисты ВНИИТФ, НИИИТ, полигона (ГосЦНИИП-2), ВНИПИ ПТ, МСУ-24, а также представители ядерных лабораторий США (Лос-Аламосской и Ливерморской) и других обеспечивающих организаций.

По мере наращивания темпов подземных испытаний большее значение начали приобретать некоторые особенности их технологии. Так, высокая стоимость подготовки горных объектов (штолен и скважин) привела к мысли о групповых испытаниях, о чем при воздушных взрывах никто даже и не помышлял. От групповых испытаний изделий одного института в некоторых случаях стали переходить к совместным испытаниям зарядов, разработанных в двух центрах (ВНИИТФ и ВНИИЭФ). Это, в свою очередь, потребовало унификации аппаратуры подрыва и систем управления регистрирующими комплексами, а также унификации подхода к проектированию и оборудованию объектов испытаний. Появились так называемые общие технические требования к проектированию и обустройству штолен и скважин, начали разрабатываться унифицированные детекторы и регистраторы; совместными стали разработки новых методик физических измерений и аппаратурных комплексов.

Многие научно-методические и инженерные решения и работы теоретиков, конструкторов, экспериментаторов и испытателей, непосредственно относящиеся к обеспечению подземных ядерных испытаний, были оценены Государственными премиями СССР (1968–1989 гг.). В творческие коллективы лауреатов, как правило, входили ведущие представители институтов 5-го ГУ МСМ, полигонов и войсковых частей 12-го ГУ МО.



За разработку новых методик физических измерений, создание и внедрение ядерно-взрывных технологий, аппаратуры, испытательных комплексов и оборудования лауреатами Государственной премии от ВНИИТФ стали: И. С. Анисимов, В. С. Безденежных, М. В. Белавин, С. А. Ващинкин, Л. П. Волков, Н. П. Волошин, А. В. Домбровский, Г. П. Зырянов, Г. А. Иванов, Э. И. Иванов, В. Д. Калинин, Н. Н. Капустин, Н. Г. Костецкий, В. Ф. Куроплатенко, Е. Ф. Новосёлов, Е. И. Парфёнов, И. С. Путников, В. Г. Рукавишников, Ю. И. Рыбаков, В. С. Саков, А. И. Сауков, А. И. Свалухин, В. А. Симоненко, В. Л. Сорокин, А. С. Фёдоров, А. В. Филатов, А. К. Хлебников, П. А. Чумичев, А. Н. Щербина.

Качественное и безопасное проведение испытаний достигалось четкой организацией работ, высокой дисциплиной руководящего состава и исполнителей, а также строгим соблюдением требований нормативных документов, методической и конструкторской документации. Особое внимание уделялось разработке соответствующих нормативных документов. В качестве примера можно привести разработку отраслевых стандартов, отражающих правила организации работ, технической эксплуатации зарядов, спецбезопасности и общепромышленной техники безопасности. Необходимость разработки этих документов диктовалась тем, что в проведении подземных ядерных испытаний, как правило, принимал участие большой коллектив специалистов различных гражданских и военных организаций (50, 100, а иногда и более 200 человек). Выполнение сложной и ответственной работы таким коллективом требовало четкости и определенности в отношениях между отдельными группами испытателей, каждая из которых выполняла свою часть работы.

Разработанные и введенные в действие указанные отраслевые стандарты устанавливали состав участников экспедиции, их функциональные обязанности, права и ответственность,

порядок работы и взаимоотношения отдельных групп. В них были расписаны этапы работ в экспедиции и требования к сборочным сооружениям, транспортированию спецгрузов, штольням, скважинам, техническая эксплуатация, спецбезопасность и т. д.

Благодаря соблюдению перечисленных требований, несчастные случаи при работах в экспедициях были единичными за многие десятилетия.

Итак, за период 1957–1989 гг. РФЯЦ – ВНИИТФ провел всего в воздухе и под землей 303 автономных и 14 совместных с ВНИИЭФ взрывов 418 ядерных зарядов и ЯВУ своей разработки.

#### *Неядерно-взрывные эксперименты*

После испытания, проведенного на Семипалатинском полигоне 19 октября 1989 г., в планах ВНИИТФ по работам на полигонах оставалось испытание в штольне 108К СИП (1990–1991 гг.), эксперименты «Прилив» на СИПНЗ и «Батыр» на СИП (1991–1992 гг.) и проведение контроля за ядерными испытаниями США на Невадском полигоне (1991–1992 гг.). ВНИИЭФ продолжал подготовку к испытанию в штольне А-13Н на СИПНЗ (1990 г.) и к эксперименту «Гурия» (1991 г.) на СИП.

Официального документа об объявлении моратория в этот период (конец 1989 г. – первая половина 1991 г.) не было.\* Испытательные работы продолжались по указаниям МАЭП. Так, ВНИИТФ к июлю 1991 г. подготовил испытание в штольне 108К, но его проведение было отложено до особого распоряжения. Однако 29 августа 1991 г. Указом № 409 Президента Казах-

\* 27 октября 1989 г. Минобороны и МАЭП подготовили проект постановления Совмина СССР о мероприятиях, связанных с проведением ядерных испытаний, в котором предусматривалось сокращение в 1991–1992 гг. количества ядерных испытаний на СИП и перенос с 1993 г. всех испытаний на СИПНЗ. Однако это постановление не было принято.



стана Семипалатинский полигон был закрыт, и затем все объекты бывшего ядерного полигона были переданы в ведение образованного на его основе Национального ядерного центра республики Казахстан (1993 г.).

Через два месяца (26 октября 1991 г.) Президент России Б. Н. Ельцин объявил мораторий на ядерные испытания. Это политическое решение никоим образом не согласовывалось с научно-техническим руководством ядерного оружейного комплекса и не учитывало того факта, что в 1990 и 1991 г. США провели 15 испытаний, Франция – 12, Великобритания – 2, Китай – 2, а СССР – всего 1. Это не могло отрицательно не сказаться на качестве отечественных разработок ядерного оружия и, как следствие, привело к ослаблению позиций России в этой области.

Российские ядерные центры оказались в ситуации, когда стало невозможным ни подтвердить в испытании эффективность, надежность и безопасность действующего ядерного арсенала, ни тем более экспериментально проверить реализуемость расчетных параметров новых разработок. Из всей цепи связанных друг с другом этапов разработки ядерных зарядов было исключено главное звено – натурные испытания.

Одной из возможностей частичной проверки сохранности параметров и уровня безопасности находящихся в боезапасе и модернизируемых ядерных зарядов стало проведение так называемых неядерно-взрывных (по терминологии США – гидродинамических) экспериментов (НЯВЭ), при которых изучаются процессы, происходящие в ядерном заряде до начала цепной реакции деления.

К целям и задачам неядерно-взрывных экспериментов относятся:

- < проверка работоспособности основного узла заряда на стадии до начала цепной реакции;
- < исследование влияния старения материалов и изменений технологии изготовления

и условий хранения на работоспособность зарядов;

- < поддержание и модернизация измерительных методик и соответствующей аппаратуры;
- < поддержание уровня квалификации кадров испытателей;
- < обеспечение готовности полигона к возможному возобновлению ядерных испытаний.

Гидродинамические эксперименты с аналогичными задачами также регулярно проводятся в США на Невадском испытательном полигоне. И Россия, и США при этом соблюдают требования Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

В связи с тем, что при проведении НЯВЭ используемые делящиеся материалы диспергируются, принимаются специальные меры по обеспечению экологической чистоты экспериментов:

- < испытываемые узлы устанавливаются во взрывозащитных камерах;
- < камеры устанавливаются в штольнях глубоко под землей;
- < пространство между камерами и окружающей горной породой забивается бентонитом;
- < возводится бетонная забивка ствола штольни;
- < осуществляется контролируемый сброс давления газов из взрывозащитной камеры после взрыва через защитные фильтры.

Работы проводятся в последовательности и порядке, характерном для традиционных ядерных испытаний.

Результаты НЯВЭ используются при анализе уровня безопасности ранее разработанных ядерных зарядов и оценке возможностей их модернизации.

Комплексы работ по разработке и внедрению технологии проведения неядерно-взрывных экспериментов и проведению контрольных и физических измерений на ЦПРФ, начатые с 1999 г., оценены присуждением премий Правительства Российской Федерации. От ВНИИТФ лауреатами этих премий стали: А. Н. Аверин,





В. М. Антоненко, Н. С. Воронов, Б. И. Галченко, П. Н. Загороднюк, В. В. Меньшенин, А. М. Никитин, Д. В. Петров, А. П. Покаташкин, В. С. Прусов, В. П. Ставицкий, С. Г. Субботин, Б. Т. Черноволюк.

### *Об участниках ядерных испытаний*

Состав экспедиций института, направлявшихся на воздушные испытания, обычно был небольшим. Их основными задачами были полетранспортные проверки, окончательная сборка и установка испытываемого образца в носитель (подвеска в самолет, монтаж в головной части ракеты и т. п.), обработка и экспресс-анализ результатов измерений. При воздушных испытаниях большая часть измерений осуществлялась специалистами полигонов и организацией-разработчиков первого поколения методик физизмерений.

К ведущим участникам воздушных и наземных испытаний в 1957, 1958, 1961, 1962 г. от ВНИИТФ несомненно относятся: Е. Н. Аврорин, В. С. Беаденежных, Д. М. Беллев, Д. Ф. Вовченко, В. Ю. Гаврилов, А. С. Ганев, В. Ф. Гречишников, П. А. Есин, Ф. Ф. Желобанов, В. И. Жучихин, Е. И. Забабахин, А. Д. Захаренков, Ю. А. Зысин, Э. И. Иванов, И. М. Израилев, Л. Ф. Клопов, П. И. Коблов, Н. Г. Костецкий, Б. П. Кузнецов, Б. Н. Леденев, Б. В. Литвинов, Г. П. Ломинский, Б. М. Мурашкин, М. Н. Нечев, А. С. Никулин, Е. И. Парфёнов, Б. А. Предани, Ю. А. Романов, А. И. Сауков, Л. П. Феоктистов, Г. А. Цыркв, М. П. Шумаев, К. И. Щёлкин. Многие из них участвовали при подготовке, проведении и анализе результатов первых подземных испытаний (1961, 1962 гг.).

При подземных испытаниях фронт работ экспедиций института был значительно шире, чем при воздушных. Во-первых, усложнилась и стала более длительной подготовка объекта (штольня, скважина) к испытаниям; во-вторых, более емкими стали измерения параметров изделий и исследования процессов, спрово-

ждающих взрыв; в-третьих, кардинально ужесточились требования к безопасности экспериментов.

Всё это привело к существенному увеличению численного состава экспедиций, количества и номенклатуры необходимого оборудования и аппаратуры, усложнению процедур проведения испытаний.

За 25 лет периода интенсивных подземных испытаний (1964–1989 гг., за исключением моратория в 1986 г.) на оба полигона СССР (СИП и СИПНЗ) направлялось около 170 экспедиций ВНИИТФ со средним числом участников около 50 человек. Среди них были сотрудники института, побывавшие на полигонах по одному-два раза, но были и рекордсмены, участвовавшие в 30–50 испытаниях.

Трудно перечислить даже малую часть испытателей, обеспечивших выполнение плановых заданий института по испытаниям образцов ядерных зарядов. И всё-таки назовем некоторых участников подземных испытаний из числа наиболее часто работавших в составе выездных экспедиций. Это ученые, конструкторы, экспериментаторы и руководители: И. А. Абрамов, Е. Н. Аврорин, В. А. Андреев, Б. А. Андарусенко, И. С. Анисимов, В. Н. Афанасьев, М. В. Белавин, Г. К. Блинов, В. А. Блюм, А. П. Васильев, О. Г. Васильев, С. А. Ващинкин, В. А. Верниковский, А. С. Владимиров, Л. П. Волков, Н. П. Волошин, Н. С. Воронов, А. Н. Галкин, А. С. Ганев, М. М. Горшков, Ю. Ф. Григорович, Ю. Н. Диков, А. В. Домбровский, П. А. Есин, Ю. Н. Жугин, В. А. Журавель, А. В. Захаров, Г. П. Зырянов, Ю. А. Зысин, Г. А. Иванов, Э. И. Иванов, И. М. Израилев, А. И. Калинин, В. Д. Калинин, Н. Н. Капустин, В. Д. Кирюшкин, С. В. Клоков, П. И. Коблов, Р. М. Комаров, Г. Н. Корбан, Н. Г. Костецкий, К. К. Крупников, В. П. Кручинин, Ю. И. Кузнецов, А. К. Кузлин, В. А. Лавров, В. В. Легоньков, Б. В. Литвинов, Г. П. Ломинский, В. С. Любимов, А. А. Мельников, В. В. Меньшенин, Э. В. Моисеенко, Ф. С. Моссо-



лов, В. И. Мужижкий, Б. М. Мурашкин, П. К. Нагаев, С. П. Нагаев, А. П. Налибин, В. З. Нечай, В. И. Никитин, Ю. А. Никифоров, Г. А. Новиков, В. Н. Ногин, Е. И. Парфёнов, Д. В. Петров, А. В. Петровцев, В. А. Попов, Ю. А. Примизенкин, В. Ф. Прохоркин, Н. В. Птицына, В. Г. Рукавишников, Б. Т. Рыбин, Г. Н. Рыкованов, В. А. Рябов, В. А. Сяков, В. В. Самойлин, А. И. Сауков, А. И. Свалухин, П. А. Сверчков, Н. А. Селезнев, П. Н. Сеничев, В. А. Симоненко, В. М. Слободяков, В. Г. Смирнов, М. В. Соколов, В. Л. Сорокин, Г. И. Суслов, С. С. Сухов, Б. Н. Сырцев, А. С. Фёдоров, А. В. Филатов, В. М. Фомченков, Н. А. Хаврошиц, А. К. Хлебников, В. Н. Хлопунов, В. Ф. Хохряков, В. А. Храмов, В. И. Черкасов, В. Т. Черноволок, А. С. Черноусов, П. Чумичев, Ю. И. Чуриков, Л. И. Шибаршов, Ю. А. Шойдин, М. П. Шумаев, Н. С. Щербатюк, А. Н. Щербина, Ю. Т. Янусов и многие другие.

#### *Полигонные испытания ядерных боеприпасов*

Заключительным этапом разработки любого ЯБП является этап проведения его полигонных испытаний, в процессе которых подтверждается работоспособность боеприпаса в условиях, максимально приближенных к боевой эксплуатации. По результатам полигонных испытаний подтверждаются основные боевые и эксплуатационные характеристики ЯБП, заданные в тактико-техническом задании (ТТЗ) на его разработку, дается заключение о возможности принятия ЯБП на вооружение.

Оценка боевых характеристик ЯБП на соответствие заданным требованиям проводится по результатам измерений бортовой контрольной аппаратурой (телеметрической, специальной телеметрической, спасаемой и др.) параметров срабатывания приборов и устройств ЯБП, условий их функционирования, а также по результатам измерений параметров движения изделий радиотехническими и оптическими средствами полигонов.

Этап полигонных испытаний ЯБП является самым ответственным и трудоемким из всех этапов разработки ЯБП, регламентируемых отраслевыми и государственными стандартами.

Вот почему среди первых структурных подразделений, формируемых при образовании института в 1955 г., был создан сектор внешних испытаний – сектор 9 (в настоящее время научно-испытательное отделение 9 (НИО-9)). В его состав в 1955 г. входили конструкторские отделы, решающие комплекс задач от разработки электрических схем этапных изделий и стендовой аппаратуры для их подготовки до проведения полигонных испытаний.

Первые полигонные испытания ЯБП институт начал проводить уже в 1957 г. Это испытания «изделия 202» в интересах отработки зарядов большой мощности. Испытания проводились на полигоне № 71 ВВС сбросом изделия с самолета-носителя Ту-95. Возглавляли эти испытания первый заместитель научного руководителя, главного конструктора института Г. А. Цырков и начальник сектора 9 Л. Ф. Клопов.

При испытаниях этого изделия специалистами сектора была освоена и применена самая новейшая по тем временам радиотелеметрическая аппаратура РТС-6, позволяющая провести большой объем измерений электрических параметров системы автоматики и физических факторов, действующих на изделие на траектории его полета.

Большой сложностью при испытаниях «изделия 202» оказалась отработка парашютной системы. Парашютная система таких больших размеров (масса 2500 кг, площадь основного парашюта 1600 м<sup>2</sup>) разрабатывалась впервые, потребовалось большое количество летных экспериментов, чтобы довести ее до требуемых технических характеристик.

В сложнейших условиях организационного периода 1955–1960 гг. специалистами сектора 9 на полигонах МО были проведены полигонные



испытания первых образцов ЯБП, разработанных коллективом института в интересах ВВС, ВМФ, ГРАУ.

При выезде на полигоны МО для проведения испытаний ЯБП создавались комплексные бригады (экспедиции) в состав которых входили как специалисты сектора 9, так и специалисты других подразделений института.

В конце 1960 г. при создании в институте отдельного конструкторского бюро (КБ-2) с тематическим направлением по разработке ЯБП претерпела существенное изменение и структура сектора внешних испытаний. В нем было образовано три научно-конструкторских отдела, обеспечивающих организацию и проведение полигонных испытаний ЯБП по конкретным видам вооруженных сил.

Постепенно организацией и проведением полигонных испытаний ЯБП стали заниматься постоянные кадры, знающие специфику полигонов МО и особенности проводимых на них работ. В институте появилась новая профессия – испытатель ЯБП, или, как записывалось в открытых документах «испытатель СИ» («испытатель специзделий»).

Пригодность для работы в испытательных отделах определялась профессией и квалификацией специалистов. При этом учитывалось состояние здоровья, серьезность намерений работать испытателем, когда часто приходится выезжать в длительные командировки (до 120 суток и более), находиться в неблагоприятных местах, проживать в барачных помещениях, солдатских казармах, плавучих базах и т. п. и без права переписки с родственниками.

Не каждый способен был выдержать такие физические и духовные испытания. Одни навсегда связали свою судьбу с сектором 9 и стали «испытателями СИ» с большой буквы, другие недолго проработали в секторе, оставив испытательную службу по разным причинам.

В то время на полигонах МО еще не было специалистов по телеметрической аппаратуре специального контроля (СК), поэтому испытатели своими силами устанавливали приемно-регистрирующую аппаратуру на самолеты (Ли-2, Ил-14) и сами летали на них операторами, отвечали за прием, регистрацию и расшифровку информации.

1960-е годы и начало 1970-х годов были периодом бурного наращивания институтом темпов разработки ЯБП, соответственно эти годы были особыми и в работе испытателей из-за большого объема полигонных испытаний. Так, в 1973–1974 гг. летным испытаниям было подвергнуто 63 изделия для комплексов ракетного оружия (РО) РВСН, 74 изделия для комплексов РО ВМФ и 78 изделий для ВВС.

Увеличение или уменьшение темпов разработки и номенклатуры ЯБП напрямую сказывалось и на объеме их летной отработки. Руководству КБ-2 постоянно приходилось решать задачи оптимизации структуры испытательных отделов сектора 9.

С 1995 г. по настоящее время летными испытаниями всех видов ЯБП, разрабатываемых институтом, в НИО-9 занимается отдел 90.

В разные годы сектор 9 возглавляли опытные и авторитетные специалисты:

- < Леонид Федорович Клопов (1955–1960);
- < Дмитрий Филиппович Вовченко (1960–1965);
- < Олег Митрофанович Журавлёв (1965–1985);
- < Дмитрий Михайлович Белаяв (1985–1992);
- < Вячеслав Владимирович Абрамов (1992–1999).

С 1999 г. НИО-9 возглавляет Евгений Федорович Чуйков.

У истоков создания службы полигонных испытаний ЯБП в НИО-9 стояли специалисты, переведенные или приехавшие в институт из КБ-11: Т. Н. Апполонов, И. И. Бабанин, М. А. Бибикин, Ю. Л. Дмитраков, П. С. Егоров, О. М. Журавлёв, Ю. Н. Каленов, Н. В. Карих, Н. Д. Магдалинов, В. И. Просветова, Л. А. Рачинский, В. П. Рачинская, В. Г. Ширкова, А. Т. Худяков.



К разработке ЯБП для комплексов ракетного оружия Военно-морского флота (РО ВМФ) институт приступил в 1956 г.

Летные испытания изделий проводились:

- < на полигоне «Капустин-Яр» пусками ракет с наземного стенда и со стартовых позиций нештатными ракетами по боевым полям;
- < на Северном флоте пусками ракет с наземного стенда и с подводных лодок со стартовых позиций, расположенных в районах Баренцева, Белого и Норвежского морей, по боевым полям, по ближним береговым и морским целям;
- < на полигоне сбросами изделий с самолета Ту-16А на водную поверхность.

Первые летные испытания ЯБП для комплексов РО ВМФ институтом были проведены на полигоне «Капустин-Яр» 5 сентября 1959 г. пуском ракеты Р-13 с наземного стенда изделия 255А13 по боевому полю (дальность стрельбы 540 км).

Для подтверждения летно-технических характеристик разрабатываемых ЯБП особую ценность представляет режим максимальной дальности, который обеспечивается пусками по боевому полю, расположенному в акватории Тихого океана. Первый пуск ЯБП ВНИИТФ с ПЛ по боевому полю состоялся 10 декабря 1976 г.

В начале 1970-х годов разработка перспективных ЯБП для РО ВМФ нового поколения остро поставила перед испытателями вопрос подтверждения работоспособности ЯБП в летных условиях. Боевые блоки на конечном участке траектории имели большие скорости входа в атмосферу, и из-за образования плазмы при их входе в плотные слои воздуха радиотелеметрическая связь с наземными измерительными пунктами нарушалась. К этому времени был образован внутренний полигон МО, на боевых полях которого были сосредоточены лучшие измерительные средства страны. Работы на внутреннем полигоне позволили проводить летные испытания ЯБП с использованием нештатных ракет-носителей и сократить сроки и объем их летной отработки.

Кроме того, при летных испытаниях ЯБП на внутреннем полигоне дополнительно решались задачи отработки в натуральных условиях новых приборов системы автоматики для перспективных ЯБП, проводились научно-исследовательские работы по повышению качества и надежности радиосвязи с изделиями на участках плазмообразования, по совершенствованию бортовой контрольной аппаратуры радиотелеметрической системы спецконтроля (РТС СК).

Первые летные испытания ЯБП для комплекса РО ВМФ на внутреннем полигоне состоялись 26 января 1977 г.

Летная отработка ЯБП для комплексов РО ВМФ проводится в тесном сотрудничестве с головными предприятиями-разработчиками ракетных комплексов (ГРЦ «КБ им. академика В. П. Макеева» – практически со дня образования института до настоящего времени, «Московский институт теплотехники» – в последние годы), с предприятиями-разработчиками систем управления носителей (НПО А, НПЦ АП) и основных приборов и устройств системы автоматики ЯБП (РФЯЦ – ВНИИЭФ, ВНИИА, НИИИС).

В течение 1959–2005 гг. для боевого оснащения комплексов РО ВМФ были проведена летная отработка 22 ЯБП, из них 19 ЯБП были приняты на вооружение и переданы в производство.

Большой вклад в проведение летных испытаний ЯБП для комплексов РО ВМФ внесли специалисты сектора 9: В. К. Аболымов, А. Ю. Броницкий, Г. И. Веснин, В. А. Гопаца, Ю. Л. Дмитраков, Н. В. Еронин, Ю. Е. Николаев, Г. Ф. Ноткин, В. Г. Олейников, Г. А. Придачкин, Г. А. Севастьянов.

В 1962 г. ВНИИТФ начал разрабатывать ЯБП для комплексов РО РВСН. Летные испытания изделий проводились на полигоне «Байконур».

Первые летные испытания ЯБП для комплекса РО РВСН институтом были проведены на полигоне «Байконур» 5 ноября 1963 г. пуском



ракеты УР-200 с ЯБП. При летных испытаниях ЯБП впервые институтом было организовано получение измерительной информации в Тихом океане с кораблей ВМФ ТОГЭ-4, ТОГЭ-5 при пуске ракеты на максимальную дальность (пуск 29 декабря 1965 г.).

В процессе летных испытаний изделий была проведена летная отработка новых перспективных приборов для ЯБП, были решены некоторые научно-исследовательские задачи:

- « испытывались в летных условиях термодатчики, термобатарей и критические приборы;
- « был отработан наконечник корпуса ББ, работоспособный в условиях образования плазмы при входе ББ в плотные слои атмосферы;
- « впервые в системе бортового контроля изделий была применена телеметрическая аппаратура специального контроля разработки сектора 9.

Летная отработка ЯБП для комплексов РО РВСН проводилась в тесном сотрудничестве с головным предприятием-разработчиком ракетных комплексов РВСН ЦКБМ (генеральный конструктор В. Н. Челомей).

В проведении летных испытаний ЯБП для комплексов РО РВСН активное участие принимали специалисты сектора 9: Б. К. Абакулов, В. В. Абрамов, В. Н. Баженов, А. К. Бакланов, В. М. Боровитинов, Н. В. Еронин, Ю. В. Карпов, Ю. А. Манахов, В. А. Маньков, О. Н. Михайлов, Б. И. Ракит, Г. А. Тарусин, В. А. Тренин, Н. А. Худотеплов, О. Г. Штыров.

Авиационные ЯБП институт начал разрабатывать с первых дней своего образования.

Авиабомбы разрабатывались для дальней (стратегической) авиации, фронтовой авиации и авиации ВМФ.

Летные испытания ЯБП для ВВС проводились сбросами изделий с самолетов-носителей по водным акваториям Черного моря и Ладожского озера, материковым ледникам острова Новой Земли и паковым льдам Центральной Арктики.

Первые ЯБП ВВС, отличающиеся значительными массогабаритными размерами, разрабатывались для дальней авиации. В дальнейшем, с уменьшением массы и габаритов приборов, систем автоматики и ядерных зарядов, появилась возможность создания малогабаритных ЯБП для фронтовой авиации. Одновременно возникла потребность создания ЯБП, применяемых авиацией ВМФ в акватории морей и океанов.

С 1960 по 1963 г. на акватории Черного моря проводились летные испытания ЯБП для борьбы с подводными лодками. Спасаемые варианты ЯБП испытывались при сбросах по сухопутному полигону и по мелководью, с последующими водолазными поисками и подъемом боеприпасов с глубин. При летных испытаниях ЯБП для определения глубины подрыва изделий впервые был испытан уникальный прибор контроля автоматики – автономный терморегистратор. Для проведения испытаний привлекалось спасательное судно «Уран».

Для извлечения самописцев, установленных на борту изделий, практически все изделия пришлось извлекать из грунта (с глубины).

С 1975 по 1979 г. проводились испытания уникального ЯБП, которое предназначалось для применения по бетонной преграде с предельно малых высот и на сверхзвуковых скоростях с больших высот, а также для применения по водной акватории.

При летных испытаниях ЯБП, разрабатываемого в интересах применения в высоких широтах Ледовитого океана, пришлось решать вопросы внедрения изделий в ледовый покров. Испытания проводились на Новой Земле по материковым льдам, на Ладожском озере, на Черном море по чистой воде и в завершении – по плавающим льдам Центральной Арктики (архипелаг Северная Земля).

Летная отработка авиационных ЯБП проводилась в тесном сотрудничестве с ОКБ МАП, НИИИ ПДС, ВНИИА.



В летных испытаниях авиационных ЯБП непосредственно участвовали специалисты сектора 9: А. В. Балашов, В. В. Блинов, В. М. Борисов, В. А. Владимиров, Б. Д. Волошин, В. К. Воробей, Г. И. Горохов, Н. Т. Дорогин, Ю. А. Драничников, Э. М. Коссобудский, М. Г. Леви, А. Н. Леухин, Г. А. Горбунов, Ю. П. Медведев, В. Н. Митрофанов, И. П. Сафонов, Б. Т. Смажильюк, Г. А. Смирнов, А. Н. Соловьёв.

О стрельбовых испытаниях артиллерийских ЯБП детально сказано выше. Здесь отметим, что они проводились в тесном взаимодействии сектора 9 с испытательным отделом 124, созданным в 1969 г. в секторе 12 КБ-1.

Большим достижением конструкторов института явилось создание телеметрической системы контроля, выдерживающей высокие перегрузки выстрела снаряда и предназначенной для контроля траекторных срабатываний составных частей ЯБП. Отработка телеметрической системы контроля проводилась одновременно со стрельбовыми испытаниями ЯБП, проведенными в 1967–1987 гг. Позже (в 1987–1991 гг.) проводились испытания новых образцов ЯБП по проверке их работоспособности при стрельбе из новых артиллерийских систем.

Большой вклад в проведение стрельбовых испытаний артиллерийских ЯБП внесли специалисты сектора 9: А. А. Котенко, Ю. В. Карпов, Е. К. Курячий, Н. А. Миндубаев, В. В. Наумов, Ю. А. Скурихин, А. Х. Хабибуллин, В. Г. Хижняк, В. М. Щербаков.

В 1990-е и 2000-е годы был разработан и испытан унифицированный блок для оснащения ракетных комплексов различных видов вооруженных сил. С 2002 по 2013 г. проведены летные испытания макетов блока для различных комплексов. В проведении испытаний активное участие принимали руководители и сотрудники отделения 9: Е. Ф. Чуйков, О. В. Суворов, В. М. Шахов, Д. И. Пономарь, В. В. Зюзин, В. Т. Романенко, С. А. Рыбалкин, А. В. Ахлюстин, М. С. Крохичев.

Перед каждым пуском проводилась проверка полетного задания и правильности взаимодействия на комплексных стендах в НПЦАП и НПОА. Много труда вложили в эти работы сотрудники КБ-2: В. Г. Старцева, А. А. Рябинина, С. Н. Бажуков, В. Ш. Хакимзянов, А. В. Моисеев, Л. Н. Назарова, Ю. Н. Бордуновский.

В это же время (1990-е и 2000-е годы) испытаны и сданы на вооружение модернизированная противолодочная авиабомба, авиабомба большой мощности для дальней авиации и авиабомба повышенной эффективности и безопасности для фронтовой авиации.

Испытания авиабомб проводились на полигоне с 1991 по 2009 г. Большой вклад в испытания внесли сотрудники испытательного отделения: Г. А. Горбунов, И. П. Сафонов, Д. Б. Сунцов, В. А. Владимиров, Б. Т. Смажильюк, О. Г. Штыров, В. А. Левкович, О. Н. Михайлов, А. А. Броницкий, С. Н. Яковлев, С. А. Рыбалкин, И. А. Толмачев, А. А. Терехов, а также сотрудники конструкторского отделения: В. И. Новиков, Е. А. Хрисанфова, М. Л. Еговцев, Ю. Е. Южанин. В испытаниях макетов авиабомб всегда самое активное участие принимали сотрудники отдела баллистики: А. Н. Шмыгин, Л. В. Губенко.

Испытатели ЯЗ и ЯБП ВНИИТФ всегда трудились в тяжелых условиях полигонов и на самых трудных завершающих этапах разработки – этапах предварительных и государственных испытаний. От их знаний, умения и опыта во многом зависела сдача боеприпасов в серийное производство и на вооружение.

Работы испытателей продолжаются и в настоящее время, когда осуществляется модернизация ранее разработанных ЯБП и отработывается новое ядерное оснащение современных ракетных и авиационных комплексов вооружения, подтверждается работоспособность и безопасность ЯЗ в неядерно-взрывных экспериментах.



## 2.6. Контроль за соблюдением международных договоров в области ядерных вооружений

### *Вводные замечания*

В связи с особой закрытостью работ в области ядерного оружия специалисты, занимавшиеся его разработкой, крайне редко (особенно во времена СССР) привлекались к обсуждениям проектов договоров и соглашений, относящихся к ограничениям или запрещениям каких-либо видов ядерно-оружейной деятельности.

Во второй половине 1980-х годов с наступлением эпохи перестройки ситуация изменилась и организации-разработчики ядерного оружия постепенно стали наращивать степень своего участия в разработке документов международного уровня в этой области и в создании и реализации соответствующих мер контроля за соблюдением достигнутых договоренностей.

Примером наиболее раннего участия специалистов ВНИИТФ в работе делегации СССР на советско-американских переговорах 1975–1976 гг. по заключению Договора о мирных ядерных взрывах (МЯВ) являются «закулисные» консультации В. А. Симоненко и Л. П. Волкова, предоставляемые членам делегации по вопросам контроля мощности подземных ядерных взрывов гидродинамическим методом. В институте был изготовлен образец участка спускной колонны с контактными датчиками регистрации ударной волны в скважине, используемыми при измерениях мощности промышленных ядерно-взрывных устройств. Демонстрация этого образца производилась без личного участия представителей ВНИИТФ. Впоследствии соответствующая часть Протокола к Договору о МЯВ, ратифицированного в 1990 г., включила в себя процедуры, обсуждавшиеся на указанных выше переговорах.

В 1976 г. Комитет по разоружению в Женеве учредил «Специальную группу научных экспертов по рассмотрению совместных мер по обнаружению и идентификации сейсмических

явлений» (ГНЭ), которая за период 1976–1995 гг. разработала научно-техническую концепцию Международной системы сейсмического мониторинга, включенную в меры контроля заключенного в 1996 г. Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ).

В течение указанных 20 лет группой научных экспертов было проведено три комплексных серии технических экспериментов (ТЭГНЭ-1, ТЭГНЭ-2 и ТЭГНЭ-3) по проверке эффективности и точности сейсмических измерений.

Специалисты ВНИИТФ не входили в ГНЭ, однако, в силу необходимости совместного анализа результатов измерения мощности испытательных взрывов различными методами, включая сейсмические, внимательно относились к этим методам и следили за их совершенствованием.

Летом 1985 г. при проведении ТЭГНЭ-2 на геофизическую обсерваторию «Боровое» (Казахстан) был направлен Н. П. Волошин с целью контроля за выполнением иностранными сейсмологами заранее оговоренных процедур подготовки и проведения измерений мощности подземного ядерного взрыва на Семипалатинском полигоне. Контроль носил чисто «аппаратурный» характер, прямых контактов советских контролеров с зарубежными специалистами не было.

В ноябре 1987 г. представитель ВНИИТФ В. А. Симоненко, будучи официально включенным в состав советской делегации, участвовал в подготовительном раунде Женевских переговоров по разработке Соглашения о совместном советско-американском эксперименте (СЭК) по контролю мощности подземных ядерных взрывов. Эти переговоры продолжались и в 1988 г.; ВНИИТФ был представлен в делегации СССР тремя специалистами (В. А. Андрусенко, Н. П. Волошин и В. А. Симоненко). Эксперимент был



проведен в августе–сентябре 1988 г. с большим участием сотрудников ВНИИТФ.

В 1988 г. приказом по МСМ ВНИИТФ был определен головной организацией по выполнению научно-исследовательской работы «Инспекция», целью которой являлось обоснование возможности разработки методов и экспериментальных образцов техники для инспекции на местах при контроле соблюдения будущего договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Научный и практический задел, полученный в результате этой НИР, завершённой в 1991 г., был успешно использован, как при контроле за соблюдением Договора об ограничении подземных ядерных испытаний ядерного оружия (ДОПИЯО) в 1991–1992 гг., так и при выработке текста ДВЗЯИ на Женевских переговорах 1993–1996 гг. и при отработке включенных в этот договор процедур инспекции на местах.

В июле 1989 г. в рамках обсуждавшегося соглашения о 50%-ном сокращении ядерных арсеналов на Черном море вблизи Ялты был проведен советско-американский эксперимент на неправительственном уровне, имевший целью оценку возможности создания технических средств обнаружения и контроля ядерного оружия морского базирования. Эксперимент проводился на борту ракетного крейсера «Слава», на котором через полгода у берегов Мальты состоялись советско-американские переговоры на высшем уровне.

Головной организацией по осуществлению эксперимента был Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Среди участников эксперимента было две организации МАЭП – ВНИИТФ и НИИИТ. Группу специалистов ВНИИТФ возглавлял Б. В. Литвинов.

Результаты эксперимента были обсуждены на декабрьском (1989 г.) семинаре в Вашингтоне. В совместном заявлении советских и американских ученых был сформирован следую-

щий вывод: «...создание приемлемых средств и методов контроля крылатых ракет морского базирования в ядерном оснащении, не противоречащих морскому праву и законам наших стран, вполне возможно».

В 1991 и 1992 г. ВНИИТФ сыграл роль ведущей российской организации, осуществлявшей контроль за соблюдением ДОПИЯО при проведении ядерных испытаний на Невадском полигоне США с использованием инспекции на местах и гидродинамического метода измерения мощности. В эти же годы в Женеве интенсивно работала двухсторонняя консультативная комиссия, рассматривавшая проблемы текущей контрольной деятельности ДОПИЯО, в том числе согласования антиинтрузивных мер и аппаратуры, разработчиком которых от российской стороны был ВНИИТФ.

Как известно, в страны, официально не считающиеся ядерными державами, но занимающиеся ядерно-оружейными программами, МАГАТЭ неоднократно направляла группы технических экспертов с целью проверки факта прекращения такой деятельности. Эпизодически к работе таких групп привлекались и специалисты ВНИИТФ. Так, в 1994 г., в состав группы инспектировавшей ЮАР, был включен В. Н. Шукин, и в 1995 г. в составе группы, проверявшей Ирак, работал В. А. Симоненко. Участие специалистов института в таких инспекциях было довольно результативным, а полученная ими информация использовалась российской делегацией в переговорах по разработке текста ДВЗЯИ и Протокола к этому договору.

В 1994 г. Минатом России поручил ВНИИТФ проведение НИР по выявлению признаков незаявленной ядерно-оружейной деятельности. Работа велась в рамках программы научно-технической поддержки гарантий МАГАТЭ. В результате двухлетних исследований был сформирован состав методик и аппаратуры мониторинга, выявлены вероятные признаки неядерных взрывных экспериментов, предложены





методы отбора и анализа соответствующих проб.

После 1996 г. в институте ведутся работы в области нераспространения ядерно-оружейных материалов и технологий, в том числе работы, в рамках соглашения ВОУ-НОУ по обеспечению неинтрузивного технического контроля за разубоживанием урана, высвобождаемого из сокращаемых ядерных боеприпасов.

Основные участники этих работ: Е. Н. Аврорин, Р. И. Вознюк, Э. В. Моисеенко, Н. Ф. Рубаненко.

Наиболее емкие работы ВНИИТФ в сфере контроля за соблюдением договоров и соглашений по ограничению и запрещению ядерно-оружейной деятельности представлены далее.

#### *Совместный советско-американский эксперимент по контролю порогового договора по ядерным испытаниям*

Исторически процесс ограничения ядерных испытаний складывался из нескольких последовательных этапов. На первом этапе, благодаря усилиям Советского Союза, США и Великобритании, в 1963 г. в Москве был подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. Переход к подземным испытаниям ядерного оружия значительно уменьшил их радиоактивные последствия.

Второй этап процесса ограничения ядерных испытаний завершился подписанием в 1974 г. в Москве Договора между СССР и США по ограничению мощности подземных испытаний ядерного оружия (ДОПИЯО), который был ратифицирован только шестнадцать лет спустя и вступил в силу с 9 декабря 1990 г. Основным препятствием на пути к его реализации было отсутствие взаимосогласованных мер контроля превышения установленного порога мощности испытательного взрыва в 150 кт тротилового эквивалента (т. э.). Предлагавшийся Советским

Союзом телесеismicкий метод контроля отвергался американской стороной, как не обладающий достаточной точностью измерения мощности взрыва.

В 1986 г. президент США Р. Рейган предложил использовать гидродинамический метод измерения мощности непосредственно на месте контролируемого ядерного испытания, а в 1987 г. начались консультации (затем и переговоры) по вопросам разработки соответствующего Протокола к ДОПИЯО.

Советская сторона высказывала опасение в интрузивности гидродинамического метода, заключающейся в возможности получения контролирующей стороной излишней (не относящейся к величине мощности взрыва) информации. Соответствующий доклад был сделан советской делегацией в феврале 1988 г. на Женевских переговорах. В нем не только сообщалось о теоретической возможности проникновения информации о работе и, следовательно, о конструкции испытываемого ядерного заряда в линии связи датчиков с регистраторами сигналов гидродинамического метода измерений, но и были продемонстрированы соответствующие осциллограммы, полученные с указанных линий связи в одном из советских испытаний.

Как стало ясно из дальнейшего хода переговоров, американские специалисты первоначально не придавали большого значения этой проблеме (или намеревались ее замолчать?). Но после практического сличения характеристик используемых в СССР и США радиочастотных кабелей передачи сигналов от датчиков гидродинамических измерений они признали интрузивность этого метода контроля и приняли паритетное участие в разработке особых организационных и аппаратурных антиинтрузивных мер.

Принципиально важным этапом разработки Протокола к ДОПИЯО стал совместный эксперимент по контролю (СЭК), проведенный с це-



любо практической проверки осуществимости предлагаемых обеими сторонами способов контроля: телесейсмического и гидродинамического.

Предварительное проведение консультаций двух сторон позволило сблизить позиции, и было принято обоюдное решение о необходимости проверки и калибровки как одного, так и другого обсуждаемого метода.

Формирование облика СЭК и порядок его подготовки были определены соглашением между СССР и США о проведении Совместного эксперимента по контролю, подписанным в ходе четвертой советско-американской встречи на высшем уровне 31 мая 1988 г. Все административные, организационные и технические процедуры, имеющие принципиальное значение для подготовки и проведения СЭК, обсуждались в ходе второго раунда советско-американских переговоров в Женеве и согласовывались сторонами в отдельном приложении к соглашению. Всего было разработано, согласовано и принято 37 приложений к соглашению, вплоть до плана-графика подготовки и проведения эксперимента. Приказом по МСМ головной организацией по подготовке и реализации процедур контроля гидродинамическим методом был назначен РФЯЦ – ВНИИФ.

Соглашением определено, что в рамках СЭК проводятся два взрыва в глубоких боевых скважинах: один – на Невадском, другой – на Семипалатинском полигонах. Их мощность должна быть максимально приближена к 150 кт, т. е. значению порога, определенному договором 1974 г. Обе стороны на основе полных паритета и взаимности получили возможность зарегистрировать мощность взрывов, используя как телесейсмический, так и гидродинамический методы контроля.

Гидродинамические измерения на каждом полигоне должны были проводиться как в боевых, так и во вспомогательных скважинах, при этом было согласовано, что в качестве эталон-

ного в эксперименте будет принято значение мощности взрыва, зарегистрированное гидродинамическим методом в боевой скважине. Кроме того, в отдельном приложении к соглашению были предусмотрены меры по обеспечению антиинтрузивности гидродинамического метода, т. е. меры по предотвращению раскрытия чувствительной информации о ядерном заряде.

Подготовка к СЭК началась с согласования на первом раунде переговоров в Женеве (ноябрь 1987 г.) программы ознакомительных визитов экспертов США и СССР на ядерные полигоны друг друга. Визиты преследовали две основные цели:

- < уяснить технологические и инженерно-технические аспекты подготовки и проведения испытаний;
- < ознакомиться с возможностями обеспечения пребывания персонала, с инфраструктурой полигона и административными процедурами.

Визит делегации США на Семипалатинский полигон (СИП) в составе 20 специалистов состоялся с 10 по 15 января 1988 г.; ответный визит такой же по количеству группы советских специалистов на Невадский испытательный полигон (НИП) прошел с 24 по 31 января этого же года.\*

\* В 1993 г. (с 14 по 20 июня) состоялся еще один визит делегации США в составе 14 человек на Центральный полигон Российской Федерации (арх. Новая Земля). После объявления в 1991 г. независимости республики Казахстан и закрытия Семипалатинского полигона у Российской Федерации остался один арктический полигон, технология проведения ядерных испытаний на котором имеет принципиальные особенности и отличия. В конце 1992 г. Россия заявила о плане проведения в 1993 г. на этом полигоне испытаний «Прилив» в штольне (т. е. в горизонтальной горной выработке). США направили запрос о возможности визита на северный полигон. Такая возможность Россией была предоставлена и американские эксперты смогли ознакомиться с редакцией штольных испытаний и условиями пребывания персонала на полигоне. Из-за продолжающегося моратория испытание «Прилив» не проводилось.



Во время визита на СИП была подробно представлена типовая технология подготовки и проведения ядерных испытаний в скважинах. Группу обеспечения деятельности советской делегации по технологическим и инженерно-техническим вопросам возглавил главный конструктор института Б. Б. Литвинов, который хотя и не входил в состав официальной делегации, но принимал самое непосредственное участие в обсуждении и решении всех возникающих в ходе визита проблем.

Главная задача советских специалистов при ознакомительном визите на Невадский полигон состояла в том, чтобы получить как можно более полные и содержательные ответы на вопросы по технологии американских ядерных испытаний, условиям их проведения и инфраструктуре полигона. Отметим, что технология скважинных испытаний в Неваде во многих аспектах кардинально отличается от стандартной технологии, принятой в СССР. Прежде всего это относится к благоприятной геологии полигона, расширенным возможностям для постановки методов измерений (скважины большого диаметра, отсутствие воды в скважинах и т. д.).

На втором раунде Женевских переговоров (февраль–июнь 1988 г.) стороны согласовали процедуры и состав оборудования и экспертов предстоящего СЭК. Практическая деятельность по его подготовке была начата специалистами обеих сторон уже в апреле, т. е. еще до подписания соглашения.

Программой эксперимента предусматривалась апробация обоих способов контроля мощности каждого из двух запланированных взрывов – по одному на НИП и СИП. Для телесеismicких измерений предусматривалось использование записей сейсмоколебаний на пяти выделенных станциях каждой страны, данных о горно-геологических условиях и результатах прежних телесеismicких измерений по пяти взрывам, которые стороны взаимно предоставят друг другу. Для гидродинамических

измерений на полигоны направлялись соответствующие приборы, оборудование и группы специалистов, обеспечивающих подготовку проведения эксперимента.

При разработке схемы эксперимента была достигнута договоренность о том, что для достижения целей СЭК постановка испытания и боевая скважина должны быть достаточно характерными для технологий, принятых сторонами и используемых ими в практике обычных испытаний.

Как известно, гидродинамический метод измерения энергии\* подземного ядерного взрыва основан на зависимости параметров ударной волны, распространяющейся в окружающей взрывную камеру горной породе, от величины этой энергии. Измерив, например, интервалы времени от момента взрыва до момента прихода фронта ударной волны к точкам с известными расстояниями от центра и зная ударно-волновые свойства породы, можно расчетно определить выделившуюся при взрыве энергию.

Следовательно, для контроля за мощностью взрыва гидродинамическим методом необходимо:

- < знать (исследовать) свойства, а точнее, уравнение состояния среды, окружающей испытываемый образец ядерного устройства;
- < определить при взрыве параметры ударной волны в этой среде (в простейшем случае – годограф, т. е. зависимость времени прихода фронта ударной волны от расстояния до центра взрыва –  $T(R)$ , либо расстояния пройденного фронтом волны от времени, отсчитываемого с момента взрыва –  $R(T)$ );
- < рассчитать по известному уравнению состояние среды и измеренному годографу величину энергии взрыва.

\* С первого ядерного взрыва США в Аламогорро (15 июля 1945 г.) в практике ядерных испытаний устоялся термин «мощность», хотя речь идет об энергии взрыва.

На практике указанные операции требуют проведения следующих работ:

- < отбора образцов породы из области, прилегающей к контейнеру с испытуемым зарядом, внутри которой скорость ударной волны превышает скорость звука в данной породе (из так называемой ближней зоны взрыва);
- < исследования свойств породы и получения ее уравнения состояния;
- < установки датчиков в указанной области, фиксирующих движение ударной волны, с геометрической «привязкой» к центру взрыва и временной «привязкой» к моменту взрыва<sup>\*</sup>;
- < регистрации сигналов от датчиков, представления результатов в виде голографа ударной волны;
- < проведения расчетов гидродинамического движения в ближней зоне взрыва с учетом полученного уравнения состояния породы и особенностей условий эксперимента<sup>\*\*</sup>;
- < сличения расчетных и экспериментальных закономерностей движения ударной волны и определения мощности (энергии) взрыва.

Во время проведения СЭК все эти процедуры осуществлялись специалистами обеих участвовавших в эксперименте сторон с взаимным обменом их результатами.

Еще до проведения СЭК советской стороне стало известно, что американские специалисты используют для гидродинамических измерений аппаратуру «Корртекс», основанную на принципе импульсного зондирования кабеля-датчика, укорачиваемого ударной волной ядерного взрыва; при этом определяется зависимость  $R(T)$ .

В 1987 г. специалисты ВНИИТФ (ответственные В. Л. Сорокин, В. А. Харитонов) в дополнение к традиционно используемой системе регистрации ударной волны с помощью контактных дат-

чиков, измеряющих зависимость  $T(R)$ , разработали и апробировали новую аппаратуру метода импульсного зондирования (МИЗ-I). Несколько видоизмененный вариант аппаратуры аналогичного назначения ко времени проведения СЭК был разработан в НИИИТ (МИЗ-II). Тем самым, организации СССР подготовили к эксперименту варианты аппаратуры, схожей с аппаратурой США, что облегчило сравнение результатов.

Фактически при проведении СЭК советская сторона использовала контактные датчики с цифровыми и осциллографическими регистраторами и кабели-датчики с аппаратурой МИЗ-I и МИЗ-II, а американская сторона – кабели-датчики и аппаратуру системы «Корртекс». Кроме аппаратуры регистрации ударной волны в обоих взрывах СЭК использовались советские и американские прототипы антиинтрузивных устройств, осуществляющих разрыв цепей передачи информации от датчиков к регистраторам на время до завершения ядерных и термо-ядерных реакций в испытуемых зарядах. Это обеспечивало попадание информации о конструкции зарядов в аппаратуру контролирующей стороны.

Первый взрыв в рамках СЭК (испытание «Кирсардж») был проведен на Невадском полигоне 17 августа 1988 г. в 10 часов местного времени. В результате эксперимента датчики и регистрирующая аппаратура ВНИИТФ и НИИИТ позволили в полном объеме получить информацию о параметрах ударной волны в боевой и вспомогательной скважинах; при этом в американской аппаратуре из 12 задействованных каналов три канала измерения отказали.

Второй взрыв в рамках СЭК (испытание «Шаган») был проведен на Семипалатинском полигоне 14 сентября 1988 г. в 11 часов местного времени. Как и на Невадском полигоне, в этом опыте специалистами ВНИИТФ и НИИИТ был получен полный объем экспериментальной информации. Аппаратура США также сработала успешно.

\* Требования к точности «привязок» довольно высоки и составляют доли процента от соответствующих величин.

\*\* К таким условиям относятся данные о конструкции контейнера, свойства среды, которой заполняется свободное пространство скважины (длинами) и т. п.



Результаты СЭК позволили уточнить преимущества и недостатки двух основных методов измерения мощности ядерных взрывов, рассматриваемых в качестве средства контроля за ДОПИАЮ.

Оба взрыва показали, что стороны с помощью гидродинамического метода контроля могут с высокой точностью измерять мощность ядерного взрыва, а применяемая аппаратура, отличаясь различным техническим воплощением, обеспечивает практически одинаковые возможности.

Телесеismicкие измерения, проведенные на выделенных сейсмических станциях, дали весьма близкие значения магнитуд, а обработка результатов измерений с учетом особенностей очага взрыва привела к значениям мощности обоих взрывов с точностью, достаточной для целей контроля.

Отметим, что редакции взрывов, как в Неваде, так и на Семипалатинском полигоне в интересах гидродинамического метода были значительно усложнены по сравнению с редакцией типовых испытаний сторон, принятых на полигонах. Прежде всего, были проведены эталонные измерения мощности в боевых скважинах с использованием зарядных контейнеров малого размера, при этом ограничены до минимума программы физических измерений, не относящихся к гидродинамическому методу, поэтому значительно сокращены диагностические устройства, которые обычно размещаются вблизи зарядного контейнера. Важнейшей составляющей общего успеха явилось обеспечение качественной забивки скважин в зоне измерений и операций по геометрической привязке датчиков и кабелей-датчиков относительно центра взрыва. Только в таких практически идеальных условиях, удалось обеспечить получение эталонных значений мощности в боевых скважинах и хорошее согласование с эталонными значениями мощности, полученных во вспомогательных скважинах.

Подготовка и проведение калибровочных взрывов в рамках СЭК выявили существенные недостатки гидродинамического метода контроля:

- < эффективность и достаточная точность метода доказаны только для редакций, не отличающихся от типовых (и даже несколько лучших, чем типовые);
- < подтверждена потенциальная интрузивность гидродинамического метода и необходимость принятия антиинтрузивных мер;
- < необходима точная пространственная и временная привязка во избежание больших погрешностей определения мощности ядерного взрыва;
- < наиболее значительным недостатком метода являются сложность, большие сроки, значительная стоимость работ и необходимость присутствия на полигоне персонала контролирующей стороны.

Общие итоги СЭК подводились на третьем раунде Женевских переговоров, который состоялся с 17 октября по 17 декабря 1988 г.

Каждая из сторон представила итоговый отчет с собственными результатами. От российской стороны доклад по итоговому отчету, подготовленному нашим институтом, сделал академик Е. Н. Аврорин. В состав делегации были включены Н. П. Волошин и В. А. Симоненко. В ходе переговоров на отдельных рабочих группах были обсуждены два основных направления – результаты гидродинамических измерений и результаты телесеismicкого метода контроля. В совместном итоговом отчете, подписанном руководителем технической группы СССР В. Н. Михайловым и руководителем технической группы США Р. Айдом, установлено:

1. Эксперимент полностью отвечал всем требованиям Соглашения, несмотря на сложность всех процедур и различия в условиях проведения испытаний.
2. СЭК являет собой пример беспрецедентного уровня сотрудничества двух стран в одной



из самых существенных для национальной безопасности областей оборонной деятельности.

3. Эксперимент стал основой для конкретного согласования мер контроля над мощностью проводимых подземных испытаний и существенно продвинул выработку Протокола к ДОПИЯЮ.
4. В ходе эксперимента представилась возможность сопоставить научно-технический уровень гидродинамических и телесеismicических измерений и обеспечения безопасности ядерных испытаний обеих сторон.
5. СЭК открыл пути научно-технического сотрудничества ядерных лабораторий США и СССР (в последующем – России).

В итоговом отчете в отношении гидродинамического метода контроля стороны пришли к согласию, что на основе данных измерений, проведенных во время эксперимента, погрешность гидродинамического измерения мощности будет составлять 30% с доверительной вероятностью 0,95. В отношении телесеismicического метода контроля стороны пришли к согласию, что СЭК предоставил каждой из сторон уникальную возможность оценить свой способ телесеismicического определения мощности взрывов, используя поддающееся контролю прямое измерение на месте в качестве эталонного значения мощности.

Процедуры и оборудование, использованные при подготовке и проведении СЭК, послужили хорошей основой для выработки Протокола к ДОПИЯЮ, которой были посвящены несколько раундов Женевских переговоров 1988–1990 гг.

1 июня 1990 г. новый Протокол к Договору был подписан Президентом СССР и Президентом США, а в декабре этого же года ДОПИЯЮ официально вступил в силу.

Указанный протокол является уникальным документом по глубине и уровню проработки принятых методов контроля. В дополнение к использованию имеющихся национальных

технических средств он дает право контролирующей стороне применять гидродинамический метод измерения мощности взрыва более 50 кт и проводить инспекцию на месте взрыва с мощностью более 35 кт, а также дает право на использование трех выделенных seismicических станций на территории стороны, проводящей испытание.

Параллельно с переговорами по выработке Протокола в Женеве работала двухсторонняя консультативная комиссия (ДКК), основной задачей которой в 1989–1991 гг. было согласование параметров антиинтрузивных устройств, допускаемых к применению стороной, проводящей испытания, в условиях передачи информации контролирующей стороны.

Из сотрудников ВНИИТФ, принявших активное и непосредственное участие в подготовке, проведении и анализе результатов СЭК, в переговорном процессе по Протоколу к ДОПИЯЮ и в работе ДКК, отметим следующих: Е. Н. Аврорин, Б. А. Андрусенко, Н. П. Волошин, А. С. Владимиров, Н. С. Воронцов, Ю. Ф. Григорович, М. М. Горшков, П. И. Коблов, В. Ф. Куропятенко, В. В. Легоньков, Б. В. Литвинов, В. С. Любимов, В. З. Нечай, В. Н. Ногин, А. В. Петровцев, В. А. Попов, В. А. Симоненко, В. В. Сорокин, В. Г. Смирнов, Б. Т. Черноволков, А. В. Шадрин, Ю. Т. Янусов.

#### *Инспекция на месте как способ контроля за объявленными и необъявленными ядерными испытаниями*

В Протоколе к ДОПИЯЮ, как уже отмечалось, предусмотрена такая мера контроля за соблюдением договора при проведении объявленного ядерного испытания, как инспекция на месте. Процедуры и используемое назначенным персоналом контролирующей стороны оборудование должны позволять однозначно установить, что проверяемые условия контролируемого подземного испытания (свойства горной породы, размеры и обустройство взрывной камеры,



глубина заложения заряда и др.) гарантируют не превышение оговоренной договором величины пороговой мощности в 150 кт т. э.

В Протоколе к ДВЗЯИ предусмотрено, что инспекция осуществляется на предполагаемом месте проведения необъявленного ядерного испытания.

Хотя задачи и время проведения указанных выше инспекционных мероприятий сильно различаются, аппаратура, и методы исследования в некоторой части (визуальные наблюдения, геофизические и геодезические исследования и т. п.) совпадают. Поэтому неудивительно, что некоторые разработки для инспекции на месте в рамках ДВЗЯИ годятся для мер контроля ДОПИЯО, и в этих разработках участвуют одни и те же специалисты. Конечно, работы по созданию методологии и комплекса технологий инспекции на месте в условиях ДВЗЯИ намного шире, чем при контроле ДОПИЯО.

Начиная с 1988 г., как уже говорилось, ВНИИТФ приступил к выполнению НИР «Инспекция» по разработке методов и образцов технических средств для контроля за необъявленными ядерными испытаниями. Заказчиком НИР было Министерство обороны. В силу новизны, сложности и срочности задачи предписывалось организовать работу около трех десятков организаций-соисполнителей шести министерств и Академии наук. Эта работа была новой и нетрадиционной для института.

Поставленные перед созданным коллективом головного института – ВНИИТФ – и такими организациями-соисполнителями, как ВНИПИПТ, ВНИИЭФ, РИАН, МИФИ, ИФЗ, СКБ «Планета», ИНХП, СГИ, УПИ, СГУ, ВНИИС, ПГО «Гидроспецгеология», НПО «Сибгео», МНТК «ГЕОС», ЦНИИ РТК, в/ч 31650, 21109, 52605, задачи в течение 1988–1991 гг. были в основном решены:

- ← проведены теоретические и экспериментальные исследования более 40 методов определения признаков проведения подземного

ядерного взрыва, которые могли быть использованы для инспекции на месте (поиск, локализация, идентификация скрытых взрывов). Впервые проведены системные экспериментальные исследования на 20 объектах Семипалатинского полигона, Большого Азгира, Якутии, в Котласе и Уренгое, что позволило выбрать наиболее рациональный состав методик, вошедших в экспериментальный образец комплекта оборудования (ЭО), найти оптимальную последовательность использования методик при проведении инспекции;

- ← разработаны 16 методик и создана для них аппаратура, составляющая основу ЭО. Изготовлены 2 экспериментальных образца оборудования «Инспекция», каждый из которых состоит из 7 измерительных комплексов и вспомогательного оборудования, размещенных на 11 транспортных единицах. Разработаны методология проведения ИНМ, а также математическое и программное обеспечение, позволяющее проводить обработку, интерпретацию и комплексирование экспериментальных данных в полевых условиях.

Опыт отработки различных технологий ИНМ и полученные результаты позволили ведущим специалистам ВНИИТФ представить на конференции по разоружению несколько основополагающих документов по данной проблеме. Все конструктивные предложения российской делегации на переговорах в Женеве (1993–1996 гг.) по подготовке ДВЗЯИ в части ИНМ базировались в основном на результатах НИР «Инспекция».

В задачу ИНМ входит обнаружение техническими средствами и методами остаточных явлений и материальных объектов, связанных с сомнительным событием и несущих информацию о его месте, времени и характере, которые могут способствовать установлению того, является или нет это событие ядерным взрывом, проведенным в нарушение ДВЗЯИ.

Эффективность ИНМ зависит от очень многих факторов. Поэтому и после проведенной



деятельности – геофизические исследования и геометрические измерения в основной и вспомогательной скважинах, визуальные наблюдения назначенного персонала СССР в районе испытаний на Невадском полигоне – проходил с 27 июня по 23 июля 1991 г. Второй этап – измерения и наблюдения в процессе заложения (спуска в скважину) зарядного контейнера и контроль за забивкой – прошел с 16 августа по 8 сентября 1991 г. Работа назначенного персонала закончилась оформлением фактологического отчета, в котором на основе осуществленных контрольных операций сделан вывод о том, что фактические условия испытания соответствуют планируемому ограничению его максимальной мощности величиной 150 кт.

В подготовке и проведении контрольной деятельности по испытанию «Хойя» от РФЯЦ – ВНИИТФ принимали участие: Б. А. Андрусенко (руководитель группы назначенного персонала), Г. А. Блинов, Ю. М. Богачёв, Ю. Н. Диков, В. В. Легоньков, Ю. Г. Максимов, В. Н. Муреев, В. Н. Ногин, С. В. Русинов, О. Г. Саламатов, В. Г. Смирнов, А. Е. Ушаков, О. Н. Шубин, О. В. Черников.

При испытании «Джанкшн» ВНИИТФ был назначен ответственным за контроль соблюдения требований ДОПИЯО с помощью гидродинамических измерений мощности. Отметим, что аппаратные комплексы гидродинамического метода контроля разрабатывались двумя организациями: ВНИИТФ и НИИИТ. Конкурс выиграл ВНИИТФ.

Координационная группа по испытанию «Джанкшн» составила график контрольных операций на заседаниях в Вашингтоне, прошедших с 6 по 27 июня 1991 г. Контрольные операции на Невадском испытательном полигоне осуществлялись с октября 1991 г. по март 1992 г. тремя группами назначенного персонала СССР – Российской Федерации.

Первая группа (16 октября – 30 ноября 1991 г., руководитель В. З. Нечай) проверила контрольное оборудование после его доставки

на полигон, провела геофизические исследования скважин и отбор проб грунта.

Вторая группа (1–31 декабря 1991 г., руководители Е. Н. Аврорин и Н. П. Волошин) разместила оборудование на площадке у скважин и на командном пункте и проверила его работоспособность. Параллельно были подготовлены соответствующие главы фактологического отчета и проведены корректировки скоординированного графика в связи со сдвигом конечного срока испытания с 1991 на 1992 г.

Третья группа назначенного персонала (25 января – 30 марта 1992 г., руководители Г. А. Цырков и В. Л. Сорокин) установила датчики гидродинамических измерений в основной и вспомогательной скважинах, подключила весь комплекс контрольной аппаратуры, включающий антиинтрузивные, приемопередающие и регистрирующие приборы и устройства синхронизации их работы с аппаратурой управления американской стороны.

При проведении испытания (26 марта 1992 г.) датчики и весь комплекс аппаратуры российской стороны сработал нормально. Обработка полученных данных подтвердил факт соблюдения требований ДОПИЯО при проведении испытания «Джанкшн».

После составления итогового фактологического отчета группа назначенного персонала покинула полигон.

В контрольных мероприятиях при испытании «Джанкшн» от ВНИИТФ принимали участие Е. Н. Аврорин, С. П. Бабушкин, А. Ф. Бектеев, А. Д. Варфоломеев, Н. П. Волошин, Н. С. Воронов, Ю. Ф. Григорович, А. В. Дубина, А. В. Карпов, С. В. Колмогоров, В. В. Легоньков, Ю. Г. Максимов, А. И. Марков, К. В. Морев, В. А. Морозов, Б. М. Мурашкин, С. П. Нагаев, В. З. Нечай, В. Н. Ногин, А. В. Петровцев, В. А. Попов, Е. Р. Пушкарев, С. А. Рогожин, О. Г. Саламатов, В. А. Сальников, В. М. Слободенюков, В. Л. Сорокин, О. В. Черников, А. В. Шадрин, А. А. Юбин, Ю. Т. Янусов.





деятельности – геофизические исследования и геометрические измерения в основной и вспомогательной скважинах, визуальные наблюдения назначенного персонала СССР в районе испытаний на Невадском полигоне – проходил с 27 июня по 23 июля 1991 г. Второй этап – измерения и наблюдения в процессе заложения (спуска в скважину) зарядного контейнера и контроль за забивкой – прошел с 16 августа по 8 сентября 1991 г. Работа назначенного персонала закончилась оформлением фактологического отчета, в котором на основе осуществленных контрольных операций сделан вывод о том, что фактические условия испытания соответствуют планируемому ограничению его максимальной мощности величиной 150 кт.

В подготовке и проведении контрольной деятельности по испытанию «Хойя» от РФЯЦ – ВНИИТФ принимали участие: Б. А. Андрусенко (руководитель группы назначенного персонала), Г. А. Блинов, Ю. М. Богачёв, Ю. Н. Диков, В. В. Легоньков, Ю. Г. Максимов, В. Н. Муреев, В. Н. Ногин, С. В. Русинов, О. Г. Саламатов, В. Г. Смирнов, А. Е. Ушаков, О. Н. Шубин, О. В. Черников.

При испытании «Джанкшн» ВНИИТФ был назначен ответственным за контроль соблюдения требований ДОПИЯО с помощью гидродинамических измерений мощности. Отметим, что аппаратные комплексы гидродинамического метода контроля разрабатывались двумя организациями: ВНИИТФ и НИИИТ. Конкурс выиграл ВНИИТФ.

Координационная группа по испытанию «Джанкшн» составила график контрольных операций на заседаниях в Вашингтоне, прошедших с 6 по 27 июня 1991 г. Контрольные операции на Невадском испытательном полигоне осуществлялись с октября 1991 г. по март 1992 г. тремя группами назначенного персонала СССР – Российской Федерации.

Первая группа (16 октября – 30 ноября 1991 г., руководитель В. З. Нечай) проверила контрольное оборудование после его доставки

на полигон, провела геофизические исследования скважин и отбор проб грунта.

Вторая группа (1–31 декабря 1991 г., руководители Е. Н. Аврорин и Н. П. Волошин) разместила оборудование на площадке у скважин и на командном пункте и проверила его работоспособность. Параллельно были подготовлены соответствующие главы фактологического отчета и проведены корректировки скоординированного графика в связи со сдвигом конечного срока испытания с 1991 на 1992 г.

Третья группа назначенного персонала (25 января – 30 марта 1992 г., руководители Г. А. Цырков и В. Л. Сорокин) установила датчики гидродинамических измерений в основной и вспомогательной скважинах, подключила весь комплекс контрольной аппаратуры, включающий антиинтрузивные, приемопередающие и регистрирующие приборы и устройства синхронизации их работы с аппаратурой управления американской стороны.

При проведении испытания (26 марта 1992 г.) датчики и весь комплекс аппаратуры российской стороны сработал нормально. Обработка полученных данных подтвердил факт соблюдения требований ДОПИЯО при проведении испытания «Джанкшн».

После составления итогового фактологического отчета группа назначенного персонала покинула полигон.

В контрольных мероприятиях при испытании «Джанкшн» от ВНИИТФ принимали участие Е. Н. Аврорин, С. П. Бабушкин, А. Ф. Бектеев, А. Д. Варфоломеев, Н. П. Волошин, Н. С. Воронов, Ю. Ф. Григорович, А. В. Дубина, А. В. Карпов, С. В. Колмогоров, В. В. Легоньков, Ю. Г. Максимов, А. И. Марков, К. В. Морев, В. А. Морозов, Б. М. Мурашкин, С. П. Нагаев, В. З. Нечай, В. Н. Ногин, А. В. Петровцев, В. А. Попов, Е. Р. Пушкарев, С. А. Рогожин, О. Г. Саламатов, В. А. Сальников, В. М. Слободенюков, В. Л. Сорокин, О. В. Черников, А. В. Шадрин, А. А. Юбин, Ю. Т. Янусов.



Следующим подконтрольным испытанием на НИП был взрыв «Гринуотер», где РФЯЦ – ВНИИТФ отвечал за инспекцию на месте. Координационная группа заседала в Вашингтоне с 28 февраля по 12 марта 1992 г. Первая группа назначенного персонала в период с 28 апреля по 30 мая 1992 г. провела на НИП геофизические исследования и геометрические измерения выработки наложения (основная скважина) и провела визуальные наблюдения в районе испытаний. Запланированное прибытие второй группы назначенного персонала не состоялось, так как американская сторона 24 июля 1992 г. уведомила Российскую Федерацию об отмене испытания «Гринуотер».

В подготовке и проведении контрольных мероприятий по этому испытанию от ВНИИТФ участвовали С. П. Бабушкин, В. А. Блюм, Ю. Ф. Григорович, С. В. Демьяновский, А. Д. Карпов, П. И. Коблов (руководитель группы назначенного персонала), В. В. Легоньков, Ю. Г. Максимов, Э. Н. Маслович, Ю. И. Рыбаков, О. Г. Саламатов, О. В. Черников, А. А. Юбин.

Участвуя в проведении контроля за соблюдением международных договоров в области ядерных вооружений, институт накопил определенный опыт соответствующих процедур, разработал и применил комплексы регистрирующей аппаратуры и оборудования и находится в готовности к возобновлению контроля за соблюдением положений ДОПИАЮ, если США возобновят ядерные испытания. В институте также разработаны научно-технические средства контроля за соблюдением ДНЯО в части нераспространения ядерно-оружейных технологий и материалов. В настоящее время ВНИИТФ участвует в реализации мер неинтрузивного контроля за разубоживанием оружейного урана.

### *Деятельность по ликвидации инфраструктуры ядерных испытаний бывшего СНГ*

Работы по уничтожению ядерного устройства, заложенного в штольне 108К бывшего Семипалатинского испытательного полигона до его закрытия, являются беспрецедентным примером взаимодействия сотрудничества государств, входивших в СНГ, для решения сложнейшей научно-технической задачи.

Ядерное устройство в штольне 108К было заложено в 1991 г., но по ряду политических причин эксперимент не был произведен, а объект законсервирован и сдан под охрану внутренних войск. Среди таких причин можно назвать, прежде всего, действующий мораторий, распад СССР и объявление независимости Казахстана, закрытие полигона указом Президента Казахстана, расформирование войсковых частей, входящих в инфраструктуру полигона и негативное влияние общественных организаций. Сложилась парадоксальная ситуация, когда ядерное устройство государства «ядерного клуба» находится на территории государства, присоединяющегося к Договору о нераспространении ядерного оружия. Туниковую ситуацию было необходимо разрешить в кратчайшие сроки.

Начальным этапом явилось заключение Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан от 24 марта 1994 года. Данным Соглашением российской стороне было определено финансирование и выполнение всего комплекса работ по демонтажу ядерного устройства и материальной части физического опыта. При этом отдельной статьей соглашения оговорено, что российская сторона при невозможности извлечения ядерного устройства произведет его уничтожение с использованием накладного заряда химического взрывчатого вещества, полностью исключая ядерное энерговыделение, а материальная часть физического опыта демонтируется и беспрепятственно вывозится



на территории Российской Федерации. Для контроля исполнения соглашения была создана двухсторонняя координационная группа (руководитель А. Н. Шербина). Приказом министра РФЯЦ – ВНИИФ определен головной организацией с возложением на него функций заказчика.

Во исполнение соглашения и на основании проектной документации, разработанной ВНИИПромтехнологии и прошедшей экспертизу казахстанской стороны, РФЯЦ – ВНИИФ заключил договора с субподрядчиками на производство горно-проходческих и строительно-монтажных работ по вскрытию и ликвидации объекта.

В результате в сжатые сроки, в условиях нарушенной инфраструктуры полигона специалистами института (руководитель работ Б. А. Андрусенко, начальник экспедиции Г. П. Зырянов) был выполнен огромный комплекс работ, включающий:

- < вскрытие объекта и реализацию мероприятий для обеспечения безопасности персонала;
- < работы по демонтажу и эвакуации исследовательских узлов и объектов, кабельных линий;
- < контроль проходки обходной выработки и вскрытия концевой бокса с ядерным устройством;
- < принятие решения о состоянии ядерного устройства и необходимости уничтожения с помощью заряда химического взрывчатого вещества;
- < подготовку накладного заряда химического взрывчатого вещества и процедуры снаряжения взрыв-затвора для его уничтожения;
- < установку управляющей и контрольной аппаратуры уничтожения;
- < контроль возведения защитных элементов забивочного комплекса;
- < собственно операции по уничтожению ядерного устройства и взрыв-затвора;
- < проведение независимого контроля чистоты экологической обстановки после уничтожения ядерного устройства;

< эвакуация технологического оборудования и персонала.

Ядро экспедиции на полигоне составили специалисты НИО-12 и НИО-4. Особенностью деятельности по ликвидации ядерного устройства являлась необходимость осуществления значительного объема внутренних работ в институте. Это, прежде всего, проведение расчетов и прогноза длительного нахождения ядерного устройства в неконтролируемой среде, определение технических решений по демонтажу (уничтожению) ядерного устройства и демонтажу материальной части физического опыта. Требовалось в сжатые сроки провести расчеты, разработку, изготовление и испытание накладного заряда химического взрывчатого вещества, а также подготовку соответствующего технологического оборудования. Как заключительный аккорд, правильность выбора должна была надежно подтвердиться результатами полномасштабного модельного эксперимента на внутреннем полигоне института. Во внутренних работах участвовал большой коллектив специалистов НКО-6, НИО-4 и НИО-12, итогом их напряженного творческого труда явились результаты, полученные непосредственно на Семипалатинском полигоне.

По результатам прогноза состояния ядерного устройства после длительного нахождения в неконтролируемой среде и результатам осмотра контейнера с устройством, с учетом безусловного обеспечения безопасности персонала, было принято решение о невозможности его извлечения. 31 мая 1995 г. произведено уничтожение ядерного устройства в концевой выработке штольни 108К с использованием накладного заряда химического взрывчатого вещества, что полностью исключило ядерное энерговыделение. Факт уничтожения был подтвержден объективной информацией, полученной как по каналам специального контроля, так и по результатам сейсмических измерений. Радиационная и экологическая безопасность на



всех этапах работ обеспечивалась комплексом организационных и технических мероприятий, контроль радиационной обстановки в течение пяти суток после уничтожения показал, что значения наблюдаемых параметров находятся на уровне естественного фона.

Знаменательно, что на следующий день после уничтожения ядерного устройства штольне 108К посетили послы США, Великобритании и Японии, которые убедились в том, что работы выполнены успешно и с надлежащим качеством. В результате поручение Правительства Российской Федерации и Правительства Республики Казахстан было выполнено в сжатые сроки при безупречном соблюдении мер безопасности и минимальном воздействии на экологическую обстановку. Поставленная задача была решена в условиях нарушенной инфраструктуры полигона и крайне настороженного, а подчас негативного отношения к проводимым работам со стороны местного населения и многочисленных общественных движений. Данная работа полностью закончена и является значительным вкладом в решение проблем экологии охраны окружающей среды на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне.

Принимая во внимание высокий научно-технический уровень проведенной работы и самоотверженный труд специалистов России и Казахстана, Правительство Российской Федерации присудило целевую премию в области науки и техники за 1996 г. коллективу специалистов, принимавших непосредственное участие в реализации соглашения: Б. А. Андрусенко, Б. Т. Рыбин, В. Г. Смирнов, Х. К. Сулейманов (НИО-12); А. К. Музыра, В. П. Филин (НИО-4) и Ю. Ф. Половинкин (НКО-6), Ю. И. Кузнецов (НТО-1) и А. Н. Щербина (НИИИК).

Следует отметить, что в середине 1990-х годов на бывшем СИП были зафиксированы многочисленные попытки несанкционированного проникновения на большинство объектов полигона с целью извлечения металлических

конструкций, кабелей и лома цветных металлов. Известно, что кроме элементов технологического обустройства эти объекты содержали специальное технологическое оборудование (СТО), применявшееся в ядерных испытаниях, а также ядерные материалы, входившие в состав испытанных зарядов. В этой ситуации появилась вероятность несанкционированного извлечения СТО и ядерных материалов, что создавало угрозу распространения элементов советских ядерных технологий и оборудования для проведения полномасштабных испытаний.

Поэтому, для предотвращения угрозы распространения было заключено Соглашение от 28 марта 1997 г. между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о контейнерах «Колба» и специальном технологическом оборудовании, находящихся на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона.

Первоочередной задачей выполнения работ являлась подготовка и согласование перечня опасных и уязвимых объектов полигона, содержащих СТО, при этом принимался единственный критерий опасности – наличие СТО. В согласованный перечень был включен первоочередной объект РФЯЦ – ВНИИТФ – площадка Актан-Берли (объект 19/75), содержащая несработавшие макеты ядерных зарядов в двух скважинах. Поэтому совместная деятельность специалистов РФЯЦ – ВНИИТФ и казахстанской стороны заключалась в уничтожении этих макетов и осуществлялась в два последовательных этапа.

На первом этапе в июне 1998 г. сотрудниками института проведено обследование объекта 19/75 с целью получения полной информации об условиях предстоящих работ, прежде всего: изучение радиационно-экологической обстановки, масштабов несанкционированной деятельности и выбора редакции ликвидации макетов. Как и для ликвидации ядерного устройства в штольне 108К, для уничтожения макетов на объекте 19/75 были проведены



значительные внутренние работы в институте. Такие работы включали в себя расчеты положения макетов в скважинах, расчеты для определения массы взрывчатых веществ и формы кумулятивного заряда. Специалисты НИО-4 провели эксперименты на внутреннем полигоне института по определению массы взрывчатых веществ и формы кумулятивного заряда с целью пережатия скважин и ликвидации макетов. На внутреннем полигоне также произведены несколько экспериментов с полноразмерными моделями контейнеров с макетами и фрагментами скважин. Материалы исследований и рекомендации по их применению, прошедшие соответствующие экспертизы Минатома и уполномоченных ведомств Казахстана, составили основу для выпуска проектной документации.

На втором этапе в полевой сезон следующего года специалистами РФЯЦ – ВНИИТФ и казахстанской стороны были произведены операции по уничтожению двух макетов ядерных зарядов на месте путем подрыва кумулятивных зарядов промышленных взрывчатых веществ с использованием специально пробуренных скважин. Контроль радиационной обстановки после уничтожения показал, что значения наблюдаемых параметров находятся на уровне естественного фона.

Результаты обследования объектов бывшего СИП, в том числе площадки Актан-Берли, проведенного в 2002 г., показали, что попытки вскрытия объектов продолжаются и одного уничтожения макетов явно недостаточно, так как сохраняется значительная вероятность распространения отходов ядерной деятельности (ОЯД), т. е. диспергированных в незначительном объеме трансурановых элементов искусственного происхождения оружейного назначения. Поэтому в 2002 г. принято решение о формировании трехсторонней группы экспертов (Россия, Казахстан и США) с целью координации работ по обеспечению нераспространения ОЯД. Таким образом, с этого момента и по настоящее

время вся последующая деятельность вышла на трехсторонний уровень.

При определении объектов, наиболее опасных и уязвимых с точки зрения распространения ОЯД, ВНИИТФ первоочередным объектом признал объект 19/75 площадки Актан-Берли. Проект получил условное наименование «Терновник». Объект включал в себя четыре скважины, в которых проведены испытания макетов ядерных зарядов, в двух из которых макеты были уничтожены в 1999 г., а также двадцать четыре скважины, размещенные на территории 2500 м<sup>2</sup>, в которых проводились газодинамические эксперименты с трансурановыми элементами оружейного назначения.

Проектом, разработанным казахстанской стороной по исходным данным ВНИИТФ, предусматривалось значительное усиление защитных барьеров без непосредственного доступа к ОЯД. Трехсторонние работы (руководитель от ВНИИТФ В. Г. Смирнов, НИО-12) по усилению защитных барьеров в скважинах на объекте 19/75 площадки Актан-Берли выполнены в полевой сезон 2004 г. Вокруг каждой скважины, в которых проведены испытания макетов ядерных зарядов, сооружены защитные железобетонные кольца на всю глубину скважины, а оголовки скважин закрыты мощными пятиметровыми железобетонными саркофагами. Над оголовками скважин, в которых проводились газодинамические исследования, сооружен единый железобетонный саркофаг мощностью три метра. После создания саркофагов территория площадки засыпана грунтом и спланирована под естественный рельеф. С момента завершения этих работ и до настоящего времени следов несанкционированной деятельности по вскрытию не зафиксировано, радиэкологическая обстановка не нарушена.

Таким образом, на всех объектах Семипалатинского полигона было ликвидировано специальное технологическое оборудование, но угроза распространения отходов ядерной дея-



тельности оставалась весьма реальной, так как вскрытие штолен горного массива Дегелен продолжало возрастать угрожающими темпами. Поэтому на двухсторонних консультациях (Россия и США) с целью исключения возможного несанкционированного доступа и распространения ОЯД определены штольни, которые представляют потенциальную опасность, поскольку в этих штольнях на различных участках и в значимых количествах содержатся ОЯД. На консультациях определены и согласованы критерии степени уязвимости ОЯД, содержащихся в штольнях, такие как тип и количество ОЯД, их физическое состояние после проведения испытания, состояние участка, содержащего ОЯД и его положение относительно дневной поверхности, а также мощность и состояние существующих защитных барьеров.

На основании критериев уязвимости специалистами РФЯЦ – ВНИИТФ и ЛАНЛ определены пятнадцать штолен, отнесенных к категории наиболее уязвимых с точки зрения несанкционированного распространения ОЯД. Сотрудниками НИО-12 (М. В. Красносельских и др.) обоснованы и предложены для реализации две принципиально различные технологии вскрытия штолен, содержащих ОЯД с последующим созданием дополнительных защитных барьеров.

Первая технология для десяти штолен РФЯЦ – ВНИИТФ – вертикальная, основана на бурении разведочных и основных скважин с дневной поверхности в ствол штольни для нахождения участка, содержащего ОЯД, и создания дополнительных защитных барьеров. Вторая технология для пяти штолен РФЯЦ – ВНИИТФ – горизонтальная, заключается в работах по восстановлению штольни от портала до участка, содержащего ОЯД, с последующим созданием дополнительных защитных барьеров. Следует отметить, что последовательность деятельности как по вертикальной технологии, так и по горизонтальной, определяется в исходных данных РФЯЦ – ВНИИТФ по каждому кон-

кретному объекту, которые являются основой для разработки и выпуска проектно-сметной документации и последующего проведения полевых работ.

Таким образом, в горном массиве Дегелен проведены трехсторонние работы по вскрытию пятнадцати объектов РФЯЦ – ВНИИТФ, на которых сооружены дополнительные защитные барьеры, выполнены необходимые мероприятия по маскировке и приведению объектов в состояние естественного рельефа, при этом полностью обеспечены требования радиэкологической безопасности. Интересно, что штольня 108К в 2010 г. была повторно вскрыта по горизонтальной технологии, при этом обеспечивался доступ к ОЯД, и результаты измерений подтвердили факт уничтожения ядерного устройства.

За комплекс работ по реализации Соглашения от 28 марта 1997 г. сотрудники РФЯЦ – ВНИИТФ В. Н. Ногин (НТО-1) и В. Г. Смирнов (НИО-12) в составе коллектива удостоены премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники 2012 г.

На ядерном саммите в Сеуле (март 2012 г.) президенты России, США и Казахстана выступили с совместным официальным заявлением по сотрудничеству на бывшем СИП. В заявлении отмечено, что, начиная с 2004 г., Россия, Казахстан и США совместно ликвидировали последствия использования самого крупного полигона в мире, на котором было проведено 500 ядерных взрывов. Полигон больше не представляет угрозы, и это является хорошим примером сотрудничества и хорошим примером для других стран в решении вопросов ядерной безопасности.

Следует также привести цитату из выступления Президента США: «...полигон, на котором во время холодной войны находилось много ядерных материалов, был уязвим с точки зрения распространения этих материалов. Мы сумели добиться, чтобы ядерные материалы находились в большей безопасности...»



## 2.7. Сертификация, установление и продление гарантийных сроков. Авторский надзор за производством, эксплуатацией и утилизацией ЯЗ и ЯБП

### *Вводные замечания*

В процессе разработки ЯЗ и ЯБП накапливался опыт их создателей по использованию в конструкциях новых материалов, позволяющих совершенствовать технические и эксплуатационные характеристики этих изделий. Создавалась и совершенствовалась специальная лабораторно-конструкторская база, оборудование которой позволяло воспроизводить климатические условия эксплуатации ЯЗ и ЯБП в войсковых частях МО, а также транспортные нагрузки и нагрузки боевого применения. Непрерывно совершенствовались технологические процессы изготовления материалов, составных частей, в целом ЯЗ и ЯБП в серийном производстве.

В результате практической деятельности предприятий МСМ–Минатома–Росатома и организаций Минобороны выработалась система, позволяющая разрабатывать, отрабатывать, передавать в серийное производство и эксплуатацию ЯЗ и ЯБП с гарантированными эксплуатационными и боевыми характеристиками. Необходимой составной частью этой системы является авторский надзор разработчиков за боезапасом ЯЗ и ЯБП, осуществляемый с целью подтверждения выданных гарантий путем получения и соответствующей обработки данных по фактическим физико-механическим и другим характеристикам материалов, ЯЗ и ЯБП в целом на всех этапах жизненного цикла.

Основные этапы и принципы работы этой системы закреплялись соответствующими отраслевыми и межотраслевыми стандартами.

Полученные в результате работы по сложившейся системе данные использовались для прогнозирования состояния конструкций ЯЗ и ЯБП при увеличении назначенных им гарантийных сроков, расширении температурно-временных условий эксплуатации, подтвержде-

ния безопасности проведения работ с ЯЗ и ЯБП в процессе эксплуатации, а также при разборке и утилизации по окончании их жизненного цикла.

В процессе работы по надзору за боезапасом ЯЗ и ЯБП выявлялись отдельные случаи выхода их контролируемых характеристик за пределы, установленные конструкторской и нормативной документацией. В таких случаях проводилось тщательное исследование причин, вызвавших обнаруженные отклонения, вырабатывались и реализовывались конкретные мероприятия по совершенствованию конструкций с целью устранения отклонений, что всегда учитывалось при создании новых совершенных конструкций ЯЗ и ЯБП.

Работы по авторскому надзору за производством, эксплуатацией и демонтажом ЯЗ и ЯБП, включают контроль и испытания ЯЗ и ЯБП, их компонентов, как вновь изготовленных, модернизированных, так и изъятых из боезапаса, и являются важнейшей составной частью работ по сертификации ЯЗ и ЯБП боезапаса МО.

### *Работы серийно-конструкторского отдела*

С ростом числа разработанных и переданных в серийное производство и эксплуатацию изделий возникла необходимость централизованного ведения в РФЯЦ – ВНИИТФ конструкторских работ по авторскому надзору за ЯЗ и ЯБП боезапаса МО. С этой целью в 1965 г. в научно-конструкторском отделении по разработке ядерных зарядов (секторе 6) КБ-1 РФЯЦ – ВНИИТФ был создан серийно-конструкторский отдел. Первоначально отдел был скомплектован из сотрудников сектора 6, имевших к тому времени достаточный опыт разработки, участия в лабораторно-конструкторской отработке и пере-



даче в СКБ конструкторской документации на ЯЗ и их основные составные части. Возглавил отдел опытный конструктор Павел Алексеевич Есин, до этого занимавший пост первого заместителя главного конструктора, начальника сектора б.

С целью обеспечения надежности ядерных зарядов отдел был обязан:

- < на этапе лабораторно-конструкторской разработки ЯЗ и ЯБП участвовать в испытаниях конструкций изделий и их основных составных частей;
- < на этапе серийного производства осуществлять оперативное решение вопросов по запросам серийного производства, проводить тщательный анализ предлагаемых к проведению изменений конструкторской документации на ЯЗ, их сборочные единицы и детали, рассматривать и проводить анализ результатов заводских испытаний составных частей ЯЗ, регулярно выпускать отчеты по качеству серийных ЯЗ и КД на них;
- < на этапе эксплуатации обобщать опыт эксплуатации ЯЗ, проводить анализ материалов по реальным условиям эксплуатации ЯЗ, выпускать соответствующие отчеты. Проводить анализ рекламаций с выдачей заключений. Осуществлять сбор, классификацию, анализ и выдачу заключений по изменениям, зафиксированным в конструкции ЯЗ, их составных частей и деталей, в материалах ЯЗ, находящихся в эксплуатации (в том числе опытной). Выдавать заключения о техническом состоянии ЯЗ боезапаса. Организовывать работы в отрасли по проведению контроля технического состояния ЯЗ разработки РФЯЦ – ВНИИТФ, находящихся в боезапасе МО. Организовывать и осуществлять конструкторское сопровождение работ по расширению температурно-временных условий эксплуатации и увеличению гарантийных сроков ЯЗ боезапаса МО, выпускать соответствующие итоговые документы.

С целью подтверждения безопасности ЯЗ боезапаса МО отдел должен организовывать проведение экспериментальных исследований ЯЗ, их составных частей на аварийные воздействия, возможные в процессе производства и эксплуатации, осуществлять анализ моделей типовых аварийных ситуаций, разрабатывать технические задания на проведение исследований, согласовывать программы и методики испытаний, выпускать обобщающие документы по результатам проведения ННОКР по изучению аварийных воздействий на ЯЗ, выдавать рекомендации по повышению стойкости ЯЗ при аварийных воздействиях, разрабатывать и вводить в КД критерии стойкости ЯЗ при аварийных воздействиях.

Серийно-конструкторский отдел проводил и проводит работы в тесном взаимодействии со следующими структурами:

- < отделами НКО-6 – разработчиками КД на ЯЗ и их основные составные части;
- < отделами газодинамического отделения института;
- < отделами физического отделения института;
- < отделами НИИК;
- < отделениями-разработчиками ЯБП института и отрасли;
- < научно-теоретическими и математическими отделениями института;
- < серийными предприятиями ЯОК;
- < воинскими частями МО;
- < военными представительствами МО в институте и в смежных организациях отрасли.

Создание и совершенствование нормативно-технической документации по авторскому надзору за ЯЗ и ЯБП боезапаса МО проводилось и проводится во взаимодействии с предприятиями-разработчиками ЯБП отрасли и с НКБС РФЯЦ – ВНИИЭФ.

С момента образования серийно-конструкторского отдела перед ним была поставлена задача об организации и проведении работ по расширению установленных КД (ЭД)





температурно-временных условий эксплуатации и продлению гарантийных сроков ЯЗ боезапаса. С этой целью был проведен анализ реальных климатических условий эксплуатации ЯЗ в различных климатических зонах СССР и мирового океана, выпущены соответствующие отчеты.

В РФЯЦ – ВНИИТФ и РФЯЦ – ВНИИЭФ были запланированы и проведены по техническим заданиям серийно-конструкторских отделов лабораторно-конструкторские ресурсные испытания образцов ЯЗ ЯБП, находящихся в эксплуатации. Бесценный вклад в работу по увеличению эксплуатационных ресурсов ЯЗ и ЯБП внесли результаты длительного опытного хранения ЯЗ в составе ЯБП в местах эксплуатации в температурно-временных и влажностных условиях, максимально приближенных к климатическим условиям конкретной местности.

В результате комплекса проведенных работ было экспериментально установлено, что ЯЗ и ЯБП боезапаса МО разработки РФЯЦ – ВНИИТФ обладают существенными запасами по эксплуатационным ресурсам. С учетом статистических материалов контроля технического состояния ЯЗ боезапаса, в том числе ЯЗ опытного хранения, результатов лабораторно-конструкторских ресурсных испытаний образцов ЯЗ и их компонентов были научно обоснованы и существенно расширены эксплуатационные характеристики ЯЗ боезапаса и они перестали ограничивать условия эксплуатации ЯБП в течение всего их жизненного цикла.

В 1970-х годах серийно-конструкторским отделом было организовано проведение исследований ЯЗ боезапаса МО на их стойкость к возможным аварийным воздействиям на всех этапах их жизненного цикла (при пожарах, падениях, авариях транспортных средств, затоплениях и пр.). На полигонах МО были организованы испытания образцов макетов ЯЗ в составе макетов ЯБП по исследованию поведения (изменения

технического состояния) ЯЗ в конкретных аварийных ситуациях. Исследования автономных ЯЗ (на образцах, макетах) на аварийные воздействия были организованы и проведены в НИИК института.

Совместно с РФЯЦ – ВНИИЭФ были разработаны и внедрены в КД отраслевые руководства по классификации возможных аварий в процессе производства ЯЗ, по ликвидации последствий аварий ЯЗ при аварийных воздействиях.

В КД на ЯЗ боезапаса разработки РФЯЦ – ВНИИТФ были введены критерии оценки состояния ЯЗ после аварийных воздействий.

В серийно-конструкторском отделе был разработан безопасный способ обращения с ЯЗ, подвергшимися аварийным воздействиям, позволяющий произвести обезвреживание (разделение делящихся материалов и взрывчатых составов) аварийных ЯЗ, как автономных, так и в составе ЯБП.

#### *Авторский надзор на этапе серийного производства*

Целью авторского надзора в процессе производства ЯЗ и ЯБП является обеспечение заданного качества серийной продукции. Для этого разработчиком проводятся:

- < проверка технологических процессов изготовления ЯЗ и ЯБП, их составных частей, приборов и материалов на соответствие требованиям КД и НТД;
- < анализ результатов испытаний деталей, сборочных единиц, приборов и контрольных блоков, проводимых для аттестации качества серийной продукции;
- < анализ предложений и запросов серийных предприятий и выдача обоснованных решений по ним.

Этот комплекс работ позволяет оперативно выявлять и устранять конструктивные и производственные недостатки и обеспечить заданное качество и надежность ЯЗ и ЯБП. Необходи-



димость и эффективность авторского надзора особо проявились в 1990-е годы, когда в процессе происходивших в стране изменений на серийных предприятиях значительно уменьшилось финансирование и объемы производства, снизилась технологическая дисциплина, уволились квалифицированные специалисты, были потеряны традиционные поставщики комплектующих и материалов.

Дополнительно для проверки качества текущей серийной продукции в 1995 г. в нормативную документацию были введены периодические испытания образцов, собираемых из деталей и сборочных единиц текущего серийного изготовления.

Такие испытания образцов проводятся на экспериментальной базе РФЯЦ – ВНИИТФ.

#### *Авторский надзор на этапе демонтажа и утилизации ЯЗ и ЯБП*

До 1992 г. плановая разборка поступающих с опытного хранения для проведения контрольных проверок, переаттестаций и снимаемых с эксплуатации ЯЗ и ЯБП проводилась в условиях развернутого серийного производства и достаточного финансирования. Разборка проводилась высококвалифицированным персоналом на тех же серийных предприятиях, которые и изготавливали эти изделия, по конструкторской и технологической документации для сборки с указанием о проведении демонтажа в порядке обратной сборки. При незначительном (по сравнению с изготавливаемым) количестве ЯЗ и ЯБП такая организация работ обеспечивала своевременную и безопасную их разборку.

Договор СНВ-1, подписанный президентами СССР и США в 1991 г., положил начало массовому демонтажу ЯБП. Значительные количества демонтируемых ЯЗ и ЯБП и экономические трудности 1990-х годов внесли свои коррективы в процесс разборки. Такая ситуация зачастую вынуждала проводить разборку

ЯЗ и ЯБП не на тех предприятиях, где производилась их сборка, персоналом не знакомым с конкретными конструкциями, без специально разработанного оборудования. Как правило, на разборку поступали изделия с просроченным сроком гарантии. Потенциальные опасности работ с ЯЗ и ЯБП при этом существенно возрастают. В процессе длительной эксплуатации и дополнительного хранения происходят коррозионные процессы в металлах, теряют прочность клеевые соединения и пластмассы, образуются неразъемные соединения, меняются свойства взрывчатых веществ, вследствие радиационных превращений возрастает уровень излучений делящихся материалов и, соответственно, облучение персонала.

В этих условиях вопросы безопасности при разборке ЯЗ и ЯБП требуют особого внимания, а их решение – целого комплекса организационных и технических мероприятий.

Для координации этих мероприятий приказом по Минатому была создана постоянно действующая комиссия при секции НТС № 2, председателем которой был назначен главный конструктор РФЯЦ – ВНИИТФ Б. В. Литвинов.

В последующие годы (1993–1996) специалистами институтов-разработчиков и серийных предприятий с участием 12-го ГУ МО РФ были проведены основополагающие работы, обеспечивающие эффективную и безопасную разборку снимаемых с эксплуатации ЯБП:

- < разработаны и внедрены в производство отраслевые документы, регламентирующие процессы разборки ЯЗ и ЯБП;
- < разработаны технические требования к разборке по каждому типу ЯЗ;
- < выпущены инструкции на порядок работ при отклонениях от процессов штатного демонтажа;
- < практически отработаны процедуры аттестации технологических процессов разборки и проверки готовности персонала межведомственными комиссиями;



- ◀ для ЯЗ и ЯБП с истекшими сроками гарантии обоснованы и установлены допустимые сроки хранения (ДСХ), в течение которых обеспечиваются их безопасное хранение, транспортирование и разборка;
- ◀ для межцеховой транспортировки ЯЗ конструкторской документацией введены контейнеры, обеспечивающие в соответствии с правилами МАГАТЭ защиту ЯЗ от недопустимых механических, тепловых воздействий, от воды при затоплении контейнера и других аварийных воздействий;
- ◀ введены в действие локализирующие сооружения, исключающие выход наружу радиоактивных продуктов при возможном аварийном взрыве ЯЗ в процессе его разборки.

Одной из актуальных задач, которую было необходимо решить в короткие сроки, стала проблема вывоза и демонтажа ЯО, оставшегося на территории Украины, Белоруссии и Казахстана после распада СССР. Согласно межгосударственным соглашениям эти ЯБП должны были быть демонтированы, вывезены и разобраны в России с участием представителей этих стран. Прделанная организационная работа и практический опыт, полученный в ходе массовой разборки ЯЗ и ЯБП, позволили специалистам РФЯЦ – ВНИИТФ совместно с предприятиями промышленности и Министерством обороны РФ успешно решить эту важную государственную задачу. За участие в работах по разукomплектованию и разборке ЯЗ и ЯБП, вывезенных с территории Украины, государственными наградами были отмечены сотрудники РФЯЦ – ВНИИТФ В. Н. Балакшин, В. П. Кулаков и О. В. Суворов.

После разборки ЯЗ и ЯБП их составные части, детали и материалы подлежат повторному использованию, утилизации, уничтожению или захоронению. Практически применяют следующие способы утилизации:

- ◀ повторное использование в качестве заготовок и полуфабрикатов в новых изделиях;

- ◀ использование для изготовления товаров народного потребления;
- ◀ использование в качестве вторичного сырья;
- ◀ извлечение драгоценных и цветных металлов.

Если утилизация экономически невыгодна или экологически вредна, то составные части, детали и материалы разобранных ЯЗ и ЯБП подлежат хранению, уничтожению и захоронению.

Начиная с 1999 г. в соответствии с разработанным «Положением по организации авторского надзора на этапе разборки специзделий и спецзарядов, снимаемых с вооружения» на серийных предприятиях проводится:

- ◀ анализ и проверка полноты и качества выполнения требований по обеспечению безопасности;
- ◀ контроль выполнения организационно-технических мероприятий, изложенных в актах МВК по разборке, актов комиссий по авторскому надзору, а также в решениях одной из секций НТС-2;
- ◀ получение и анализ информации о фактическом техническом состоянии разбираемых изделий;
- ◀ оценка состояния технического оборудования, оснастки и инструмента;
- ◀ оценка квалификации персонала, производящего разборку.

Ответственное отношение к контролю за процессом разборки, продуманная и отработанная система проведения работ обеспечивают эффективную и безопасную разборку и утилизацию ЯЗ и ЯБП, снимаемых с эксплуатации.

#### *Гарантийный надзор при эксплуатации в войсках*

Служба гарантийного надзора (ГН) во ВНИИТФ была организована в 1974 г. Создание такой службы было вызвано необходимостью обратной связи с эксплуатирующими организациями (объектами РТБ Минобороны).



Основными задачами службы ГН стали:

- < оказание помощи войсковым частям в освоении новых образцов спецнаделей при их эксплуатации;
- < определение и оценка соответствующих требований эксплуатационной документации (ЭД) в части обеспечения сохранности характеристик безопасности ЯБП в условиях реальной эксплуатации;
- < участие в работах по проведению технического обслуживания ЯЗ и ЯБП и принятие к реализации выявленных недостатков и предложений.

Был разработан отраслевой стандарт «Гарантийный надзор», который определил порядок работы этой службы.

20 сентября 1974 г. в КВ-2 ВНИИТФ была организована лаборатория гарантийного надзора (лаборатория 148); с 1 января 1975 г. она была преобразована в отдел ГН, который стал заниматься и аварийными ситуациями (пожар, затопление, ж/д аварии и т. п.).

В 1989 г. функции гарантийного надзора были переданы в отдел эксплуатации.

По мере накопления опыта проводился пересмотр положений соответствующих ОСТов и конкретизировались задачи гарантийного надзора.

К настоящему времени установлены два вида гарантийного надзора:

- < плановый, проводимый в соответствии с годовым планом проведения ГН на объектах РТБ и С (утверждается руководством в/ч 31600 и ФААЭ);
- < оперативный, проводимый для решения технических вопросов, возникающих в процессе эксплуатации (по отдельному решению или программе).

Кроме того, введено в действие положение о порядке проведения ГН за условиями эксплуатации ЯБП в составе комплексов (носителей) ЯО.

Ежегодным планом предусматривается проведение комиссионных проверок по ГН

в 13–15 войсковых частях на всей территории РФ (по климатическим зонам и видам родов войск).

### *Продление гарантийных сроков ЯЗ и ЯБП*

Задача продления назначенных гарантийных сроков (продление сроков эксплуатации) является важной и актуальной, поскольку ее решение позволяет наиболее полно использовать гарантийные сроки службы комплексов вооружения, выявлять резервы разработанных конструкций с последующим использованием полученных знаний в новых разработках. В современных условиях актуальность и практическая значимость работ по продлению сроков эксплуатации ЯЗ и ЯБП заключается в реализации концепции поддержания на требуемом уровне системы ядерных вооружений в течение длительных сроков без возобновления их дорогостоящего производства.

Начало работ по продлению сроков эксплуатации за пределы гарантийных сроков относится к 1970–1980 гг., когда для ряда ЯБП потребовалось продлить их эксплуатацию в течение одного-двух лет сверх назначенных гарантийных сроков – до момента завершения разработки новых образцов ЯБП. На состоявшемся в РФЯЦ – ВНИИТФ совещании главных конструкторов предприятий – разработчиков и изготовителей ЯБП, их составных частей, а также представителей заказчика, были определены основные методические принципы продления сроков эксплуатации и достигнута договоренность по ряду юридических и финансовых вопросов, связанных с рекламационной работой. Был согласован термин «дополнительный срок гарантии» – (ДСГ), который с одной стороны, удовлетворяет заказчика и разработчиков ЯЗ и ЯБП, поскольку обозначает гарантию работоспособности изделий, а с другой стороны, предоставляет возможность устанавливать в течение ДСГ иной, по сравнению с действующим



в течение гарантийного срока, порядок предъявления рекламаций и штрафных санкций.

В условиях отсутствия опыта эксплуатации за пределами гарантийного срока и ограниченной достоверности имитации с помощью ускоренных испытаний физико-химических процессов, протекающих в таких сложных системах, как ЯЗ и ЯБП, при длительной эксплуатации, необходимо было решить ряд методических вопросов, связанных с режимами испытаний, количеством испытываемых образцов, критериями оценки результатов испытаний и т. п. В РФЯЦ – ВНИИФ с участием других предприятий отрасли была создана методика продления сроков эксплуатации ЯЗ и ЯБП, сделаны первые шаги в оценке работоспособности составных частей за пределами гарантийных сроков. В дальнейшем эта методика стала основой для разработки НТД, действующей и в настоящее время.

Начиная с середины 1990-х годов, работы по установлению ДСГ сверх назначенных при разработке гарантийных сроков стали проводиться практически для всех типов ЯБП, находящихся в боезапасе МО РФ. В условиях, когда заказчиком постоянно выдвигаются требования продления сроков эксплуатации комплексов вооружения, работы по установлению ДСГ не утрачивают своей актуальности.

Продление срока эксплуатации ЯЗ и ЯБП – это результат выполнения широкомасштабных и разноплановых научно-исследовательских работ, включающих:

- < аналитические исследования технического состояния ЯЗ и ЯБП, находящихся в боезапасе МО РФ, с целью оценки перспективы их дальнейшей эксплуатации;
- < экспериментальные исследования и переаттестационные испытания ЯЗ и ЯБП.

При этом научно-технической и информационной основой для установления ДСГ является сложившаяся в Росатоме и МО РФ система сопровождения изделий в эксплуатации:

периодическое техническое обслуживание, подконтрольная эксплуатация, периодические испытания, опытное хранение, авторский и гарантийный надзор, выборочные проверки и переаттестация ЯЗ и ЯБП.

В последние годы новой научно-технической разработкой в области исследования работоспособности и физической долговечности ЯБП при длительной эксплуатации явилось проведение переаттестационных испытаний ЯБП в сборе (без разборки на составные части) на экспериментальной базе предприятий-разработчиков. В этих ЯБП ядерный заряд заменяется на его габаритно-массовый образец. Такие испытания ЯБП в сборе дают существенный выигрыш во времени и стоимости работ, при них исключается необходимость разработки и согласования частных программ, уменьшается объем перевозок, сохраняются ресурсы испытательного оборудования, упрощается система переаттестации в целом.

По мере накопления опыта проведения работ (уже в течение более 25 лет) и подтверждения установленных ДСГ положительными результатами реальной эксплуатации, решен также целый ряд методических, технических и организационных вопросов, в том числе таких, как:

- < продление сроков эксплуатации составных частей, предприятия-разработчики и изготовители которых не относятся к Росатому РФ;
- < распространение результатов переаттестационных испытаний составных частей одних ЯБП на ЯБП более поздних лет выпуска или аналогичных типов;
- < проведение технического обслуживания ЯБП в течение ДСГ и организация замен составных частей при необходимости;
- < уточнение отдельных эксплуатационных и технических характеристик ЯБП (температурно-временных ресурсов, требований к показателям надежности и др.).

Все эти вопросы проработаны, согласованы с заказчиком и отражены в НТД в качестве



ве допущений или для обязательного исполнения.

В процессе выполнения работ по установлению ДСГ, помимо практических результатов по поддержанию боеготовности ЯЗ и ЯБП, получены весьма перспективные научно-технические результаты:

- < определены ресурсные возможности (запасы работоспособности) составных частей, которые являются основой для разработки новых ЯБП с повышенными гарантийными сроками и обеспечивают возможность прогнозирования технического состояния ЯБП в дальнейшем, при необходимости продления сроков эксплуатации;
- < подтверждена возможность повторного использования деталей и отдельных сборочных единиц ЯЗ и ЯБП;
- < получены результаты уникальных комплексных испытаний ЯБП в сборе;
- < создана методическая база, разработаны режимы и определен объем испытаний, позволяющие определять предельно допустимые сроки эксплуатации ЯЗ и ЯБП.

Специалистами РФЯЦ – ВНИИТФ в тесном сотрудничестве с представителями предприятий-изготовителей ЯБП, предприятий разработчиков и изготовителей составных частей, а также представителей заказчика, проделан значительный объем переаттестационных работ, по результатам которых нескольким десяткам типов ЯЗ и ЯБП сроки эксплуатации были увеличены в 1,2–1,5 раза, а для отдельных типов – в 1,8 и более раз по сравнению с назначенными при разработке гарантийными сроками.

*Об основных участниках работ по авторскому и гарантийному надзору, продлению сроков эксплуатации и хранения ЯЗ и ЯБП*

Работы по сертификации, аттестации, установлению и продлению гарантийных сроков, авторскому надзору за производством и де-

монтажем, гарантийному надзору при эксплуатации ЯЗ и ЯБП носят комплексный характер. Они выполнялись и выполняются коллективами научно-теоретических отделений, конструкторских отделений по разработке ЯЗ и ЯБП, в т. ч. серийно-конструкторского отдела и отдела эксплуатации, газодинамического и физико-экспериментального отделений, НИИК и Отраслевого научно-методического центра надзора за специальной безопасностью в сотрудничестве с представительством заказчика, отраслевого бюро стандартизации (НКБС) и специалистами серийных предприятий.

В сложившихся современных условиях действия Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний работы по авторскому надзору и сертификации ЯЗ и ЯБП боезапаса МО не только сохраняют свое большое значение, но и становятся приоритетными.

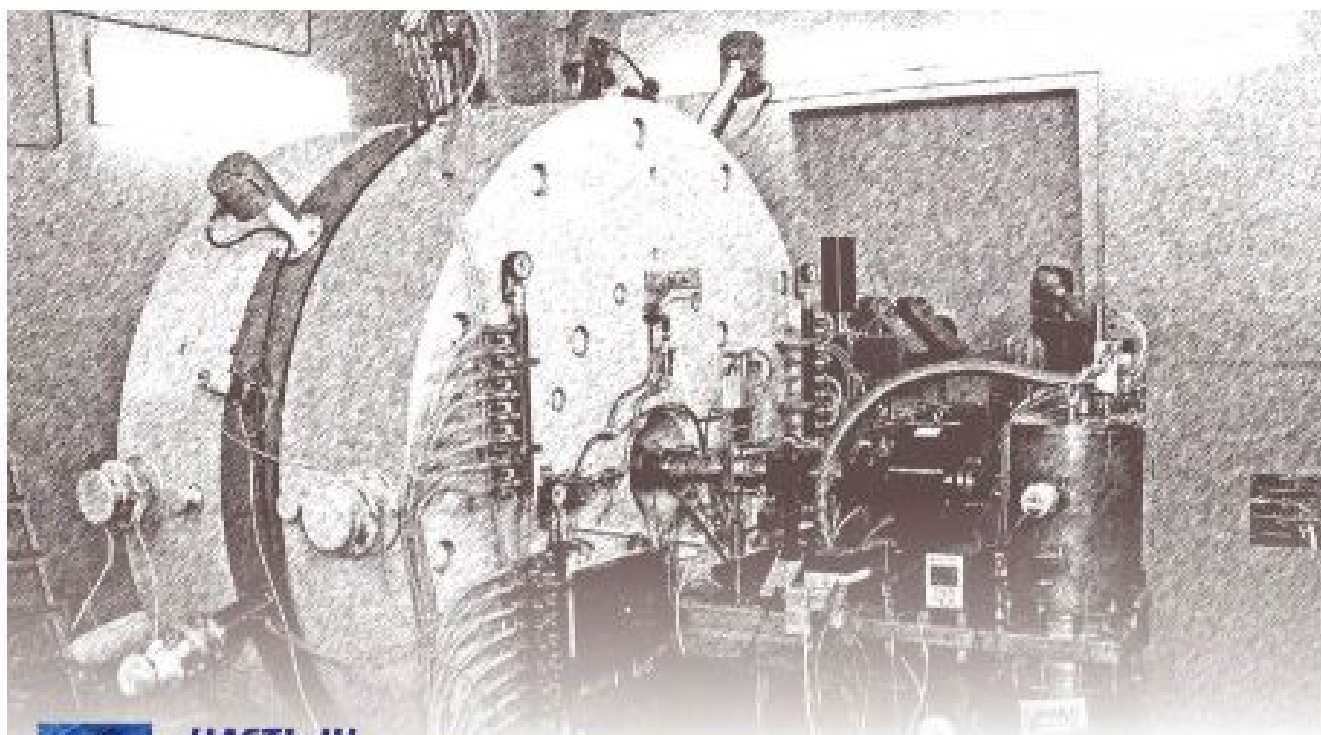
Определяющий вклад в указанные работы внесли следующие ученые, конструкторы, исследователи, испытатели ВНИИТФ и служащие военного представительства: А. Н. Аверин, С. В. Агеев, В. И. Андрушин, С. П. Антипинский, Е. С. Антоневич, Е. Т. Антошин, И. И. Бабанин, С. Ф. Бабин, Н. В. Баев, В. Н. Балакшин, А. И. Баламутин, Н. И. Безсонный, В. Г. Белозеров, Р. И. Березенко, В. П. Болтнев, Ю. С. Большаков, В. А. Бондаренко, А. В. Бородулин, Н. В. Бронников, Ю. В. Брыксин, А. С. Булатова, А. В. Васильев, А. Ф. Васильев, Б. А. Введенский, Г. А. Ветчинкин, А. А. Волкова, С. С. Воробьев, С. Н. Выдрин, В. И. Гаврин, А. Н. Гальцев, Ю. Н. Глухих, С. И. Гончарова, В. А. Горопашный, Е. А. Горячев, А. В. Дедик, Л. Н. Деднев, Л. А. Дёмкин, В. В. Деримедведь, Ю. Н. Диков, С. М. Ермаков, С. С. Ермолин, Ю. А. Ерохин, П. А. Есин, Ф. Ф. Желобанов, А. П. Журавлёв, Ю. В. Жучихин, Э. В. Запонов, Ю. Н. Зуев, В. И. Зыков, Ю. А. Иванов, Г. В. Игнатов, Н. И. Иснюк, А. А. Исупов, В. Н. Кадочников, В. В. Каллала, И. М. Каменских, А. И. Капустян, И. С. Карпов, М. М. Кобзев, С. Е. Колбасов, В. П. Колотыгин, Б. И. Коротун,



Г. М. Корочин, В. И. Котко, А. Н. Котлов, А. С. Красавин, А. П. Кухарев, А. В. Лаврухин, В. М. Лагутина, Н. А. Лазукин, В. П. Лаушкин, Л. Л. Лебедев, Б. Г. Лобойко, В. В. Лукашевич, А. В. Лукин, В. С. Любимов, И. О. Майоров, О. М. Мамаюсупов, Н. И. Матвеев, Н. П. Миненков, В. Н. Модин, В. А. Молтенинов, В. И. Мужижский, Б. М. Мурашкин, С. Н. Наумов, В. Н. Низамов, А. М. Никитин, Г. А. Новиков, Ю. А. Новиков, Н. В. Новоторцев, П. П. Ножиков, А. Я. Онопа, В. А. Павлов, В. В. Патокин, В. Д. Пережогин, В. Н. Повышев, И. С. Погребов, Н. И. Подкорытов, В. И. Попов, В. Д. Потеряев, В. П. Ратников, Ю. Е. Рач-

ков, С. А. Рогожин, А. Т. Родин, Б. Г. Рубцов, В. Г. Рукавишников, С. Г. Салихов, С. В. Самылов, И. В. Санин, Л. С. Селиверстов, В. Е. Синявин, В. А. Стаханов, А. С. Степаненко, В. А. Страшель, В. И. Стребков, В. Г. Субботин, О. В. Суворов, В. А. Терёхин, Б. А. Трофимов, В. И. Трубин, С. М. Ульянов, С. Г. Фадеев, Г. Н. Фёдоров, Е. А. Феохтистова, В. П. Филия, И. К. Хамко, В. А. Чеботников, В. П. Чернецов, Ю. И. Чернухин, Ю. К. Чернышев, Е. Ф. Чуйков, А. Б. Шевченко, Н. В. Шубин, М. П. Шумзев, В. И. Шекалов, В. А. Шукин, А. Г. Юдов и др.





### **ЧАСТЬ III. ПРОИЗВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ. КОНВЕРСИЯ И ДИВЕРСИФИКАЦИЯ**

#### **3.1. Опытное производство изделий и макетов для отработки и зачетных испытаний**

##### *Вводные замечания*

Неотъемлемой составной частью нового уральского ядерного центра НИИ-1011 с самого начала его образования являлась гибкая и оперативная производственная база – так называемое опытное (в отличие от серийного) производство. В его задачи входило изготовление изделий и макетов для самых разнообразных видов испытаний, которые должны подтвердить соответствие разрабатываемых ЯЗ и ЯБП требованиям тактико-технических заданий.

Одновременно опытное производство должно выполнять задачу по поиску новых конструкторских и технологических решений, позволяющих отработать документацию, подтверждению возможности серийного изготовления разработок института и доведению документации до серийнопригодного уровня. Для выполнения уникальных опытов на различных стадиях разработки необходимы оригинальные физические установки, уникальные стенды, аппаратура, приборы. Их изготовление

так же было закреплено за опытным производством.

Ниже в кратком изложении представлена история становления и развития опытных Государственных заводов № 1 и № 2, отмечены достижения их коллективов.

##### *Завод № 1*

В апреле 1955 г. в соответствии с постановлением Совета Министров СССР родился наш институт и одновременно первое опытное производство. Директором будущего завода был назначен Петр Флегонтович Чистяков.

Первый и главный вопрос, который необходимо было решить – подобрать и укомплектовать завод кадрами. По решению министерства часть специалистов переводились в «новый» институт из КБ-11, в том числе и на первое производство. Первым заводчанином, прибывшим летом 1955 г. на Урал из КБ-11, был начальник инструментального цеха Геннадий Петрович Ситников, а весь штат завода на этот





момент насчитывал около 80 человек. 1955–1960 гг. были периодом организации завода, пуска его цехов. В эти годы набор кадров носил массовый характер.

Основой структуры завода послужило образование 7 июня 1955 г. многопрофильного «комплексного» цеха, который разместился на территории 21 площадки в здании «казармы», изначально предназначенной для воинвоентроителей. Возглавил цех Александр Аркадьевич Соколов. Первая продукция для будущих изделий – жгуты, фидеры, блоки питания, антенны, барометрические приборы стали изготавливаться в цехе с конца 1956 г.

В марта 1957 г. в здании барачного типа (вварий Лаборатории «Б») состоялось открытие гальванического участка, на котором присутствовал первый директор института Д. Е. Васильев. Руководителем гальваники была назначена Евгения Константиновна Котова.

Этап активного строительства завода на площадке 9 начался с запуска в эксплуатацию первого корпуса завода в августе 1958 г., в котором разместился первый механосборочный цех. Возглавил это производство Борис Иосафович Беляев. А уже осенью этого года в новом здании были изготовлены и сланы 3 изделия, тем самым было выполнено задание правительства по производству материальной части для государственных испытаний изделий разработки института.

В 1958 г. были образованы два цеха, играющие принципиально важную роль в выполнении задач всего предприятия, – механосборочный цех спецпроизводства (для работы с дефицитными и другими специальными материалами, первый начальник цеха – Сергей Михайлович Червяков) и цех сборки изделий (руководитель – Рудольф Евгеньевич Пушкарёв). В дальнейшем в начале 1980-х годов цех спецпроизводства был перебазирован в специально построенное современное здание, которое разместилось на территории физико-экспери-

ментального отделения (пл. 20) и учитывало специфику деятельности данного цеха.

В 1959 г. директором завода назначен Александр Аркадьевич Соколов. В эти годы первое производство было преобразовано в Государственный завод № 1, были организованы пресовое и заготовительное производства. Начальниками этих цехов назначены Николай Иванович Воронов и Иван Ефимович Дрига. В этот период были созданы службы управления на заводе: отдел труда и заработной платы (возглавил его Семен Моисеевич Коен), планово-диспетчерский отдел (первый руководитель – Александр Иванович Кривошеин), материально-техническая служба (во главе с Владимиром Николаевичем Согриним), отдел главного энергетика и механика (первый начальник отдела – Виктор Ефимович Старцев).

В январе 1960 г. был создан один из крупнейших цехов завода – приборный. Своё начало этот цех получил в составе «комплексного» цеха на 21 площадке. Осенью 1958 г. приборно-механический участок перебазировался в здание первого механического цеха. Цех специализировался на выпуске высоковольтных и низковольтных разъемов, электромагнитных реле, датчиков, крепежно-нормализованных деталей, изготовлении деталей методом штамповки. В 1966 г. приборный цех получил новое здание.

В этот период происходит передача административных прав на завод в отношении отделов, обслуживающих производство: отдел главного технолога во главе с Иваном Георгиевичем Голяевым и отдел технического контроля, первый руководитель Николай Федорович Булатов.

К 1960 г. на заводе работало 1695 человек. Создание собственной производственной базы института, в основном, было завершено.

В шестидесятые годы завод продолжал наращивать производственные мощности, обеспечивая материальной частью разработки института как по новым изделиям, так и по изготовлению



установок для проведения физических опытов и испытаний изделий. Это уже был мощный заводской комплекс, способный решать сложные разносторонние задачи по обеспечению нужд института в разработке и отработке изделий различного класса.

Особенностью периода с 1961 по 1968 г. является то, что организация и строительство завода завершились, наступил период становления. На первый план вышли этапные задачи по всестороннему анализу и совершенствованию организации производства: техническая и технологическая подготовка производства, внедрение новой техники и технологий, организация труда и управления, экономическое планирование и диспетчирование, материально-техническое снабжение, качество выпускаемой продукции и повышение культуры производства. Руководителями завода в это время были Николай Андреевич Голиков (с 1961 по 1965 г.) и Николай Владимирович Салтыков (с 1966 по 1968 г.).

В этот период на заводе организована служба новой техники (первый руководитель – Виктор Георгиевич Шубин), служба кадров,

которую возглавил Андрей Анатольевич Грязнов. Для повышения качества изготавливаемой продукции была создана система бездефектного изготовления продукции (БИП). Внедряются технически обоснованные нормы, разрабатываются комплексные планы мероприятий (КПМ), организуется работа по сменным заданиям, создается Совет мастеров, начинается строительство первой заводской базы отдыха.

К концу шестидесятых годов становление завода завершилось и наступил период организационного и технического развития. В это время заводом руководили Борис Иосафович Белаяев (с 1968 по 1981 г.) и Герман Степанович Лбов (с 1981 по 1988 г.).

Перед институтом стояла задача совершенствования ядерного оружия, проводилось большое количество натурных испытаний. От завода требовалось увеличение объемов изготавливаемой материальной части в сжатые сроки.

Усилия коллектива были направлены на повышение производительности труда на каждом рабочем месте. Для достижения этой цели осваиваются новые технологические процессы:



П. Ф. Чистяков, Н. А. Голиков, Б. И. Белаяев,  
Г. С. Лбов, А. А. Рябов



В. Л. Вилков, А. А. Рябов,  
Б. И. Белаяев, И. В. Мамаев



спарка, обработка резанием высокопрочных сталей и титановых сплавов, электроэрозионная обработка труднообрабатываемых материалов. Значительно расширяется парк оборудования, с том числе с программным управлением. Ведущими специалистами, возглавившими работу по внедрению станков с ЧПУ были Александр Иванович Пичугин, Владимир Трофимович Киселёв, Рудольф Геннадьевич Москвин.

Серьезным рычагом в решении задач повышения эффективности производства и вовлечения в этот процесс всего коллектива завода стали внедряемые в этот период передовые методы организации и мотивации работы сотрудников – социалистическое соревнование и бригадная форма организации труда. Возглавлял эту работу Иван Арсентьевич Ступичев. Соревнование было развернуто среди ИТР, рабочих, служащих, между цехами и участками. Регулярно проводились конкурсы профессионального мастерства.

В связи с постоянным усовершенствованием конструкции разрабатываемых изделий, уменьшением габаритов, улучшением характеристик постоянно проводились реконструкции действующих участков и совершенствовались технические возможности производства. Проблема получения герметичных разъемов была решена путем применения технологии стеклопая. В 1975 г. на базе центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) был создан участок для изготовления таких соединителей. Автором и организатором был Валентин Кириллович Мякин. В этом же году было завершено строительство и сдан в эксплуатацию заготовительный комплекс здания 175.

С конца шестидесятых годов в институте проводились работы по внедрению автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) и созданию системы управления опытным производством (АСУОП). На заводе был создан отдел под руководством Бориса Васильевича Куликова.

В конце 1980-х – начале 1990-х годов произошли глобальные перемены в стране. Эти годы стали серьезным испытанием для института и завода. Все, что с таким подъемом строилось в течение многих лет, было разрушено за короткий период. Значительно сократились объемы государственного оборонного заказа и финансирования, резко возрос отток квалифицированных кадров, прервалась преемственность поколений, терялись важные традиции, снижалась трудовая и исполнительская дисциплина. В такой обстановке надо было выжить, сберечь коллектив и научиться работать в новых условиях. Руководством института и завода (директором завода с 1988 по 2001 г. был Анатолий Андреевич Рябов) предпринимались решительные шаги по сохранению коллектива.

Заработная плата выплачивалась с большими задержками и не в полном объеме. Сотрудники института вынуждены были искать пути выживания, многие увольнялись с предприятия. Поскольку постоянно происходила задержка выплаты зарплаты от 3 до 6 месяцев, администрация института, завода и профсоюз взяли на себя функции обеспечения сотрудников завода продуктами питания. Было организовано садоводческое товарищество «Авангард», строились овощные ямы.

Требованием этого времени был лозунг: «Все на поиск договорных работ!» Резкое сокращение гособоронзаказа способствовало развитию конверсии.

В числе выполненной в эти годы на заводе гражданской продукции следует отметить такую, как:

- < линия резки кирпича-сырца для Кунашакского кирпичного завода (напряженную и большую работу по доработке конструкторской документации проделал отдел новой техники под руководством А. С. Воробьева);
- < дйцесортировальные машины для Ленгипроа;



- ◀ разнообразное парковое литье для города Новоуральска;
- ◀ негоряемые сейфы с кодовыми и кодово-ключевыми замками;
- ◀ газовые резаки и комплектующие для точных приборов Челябинского предприятия «Метран».

И завод выстоял! Основной костяк рабочих и специалистов был сохранен.

Надо отметить, что конверсионное направление в работе завода продолжилось и в новом тысячелетии. Вместе с подразделениями института специалисты завода выполняют сложнейшие заказы по проектам международного научно-технического сотрудничества, а также осуществляют изготовление оборудования для модернизации и развития исследовательской, технологической и испытательной базы института.

Так, с 2000 г. на заводе изготавливалось оборудование для международного проекта ЦЕРН. Сначала это были модули для детектора CMS. Для выполнения этой престижной для института работы была применена уникальная технология для изготовления в каждом металлическом модуле сотни тысяч глубоких отверстий маленького диаметра, отвечающих очень высоким требованиям по точности (отверстия предназначались для размещения оптоволоконной детектирующей системы). Авторами технологического воплощения стали ведущий инженер-технолог Юрий Яковлевич Кретинин и электрогазосварщик Виктор Вениаминович Гусев. За изготовление этого заказа РФЯЦ – ВНИИТФ в 2003 г. был удостоен престижной награды «Золотая премия CERN». В 2010–2012 гг. на заводе была выполнена отработка и изготовление прототипа укороченного модуля CCDTL, который был разработан институтом ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН и специалистами РФЯЦ – ВНИИТФ. Модуль был успешно испытан на стенде ЦЕРНа.

Большой объем работ был выполнен на заводе по отработке и изготовлению оборудования

и приборов (также разработанных в РФЯЦ – ВНИИТФ) для автоматизированной системы оперативно-технического учета и контроля ядерных материалов для АЭС.

С конца 1999 г. положение в институте стало изменяться в лучшую сторону. Начал увеличиваться объем государственного заказа, улучшилось финансирование института и завода. Необходимо было восполнять упущенные возможности в техническом развитии завода, восполнить кадровые потери, вселить в людей уверенность в завтрашнем дне.

Новый этап жизни завода проходил под руководством Валерия Петровича Вилкова (директор завода с 2001 по 2014 г.).

Техническое возрождение завода началось с плана технического перевооружения производственной и экспериментальной базы института на период с 2000 по 2005 г. Выделяемые средства были незначительными, но это уже был шаг к преодолению существующего застоя. Затем разработка новых проектов технического перевооружения завода получила продолжение.

Так, в 2008 г. была разработана «Программа реструктуризации и технического перевооружения Государственного завода № 1» с целью обеспечить отработку и изготовление разрабатываемых образцов новой техники, не снижая объемов производства, в более сжатые сроки и меньшим численным составом.

Реализация проектов перевооружения получила продолжение, благодаря чему поступившее на завод в последнее десятилетие современное высокопроизводительное оборудование дало толчок к освоению ряда новых технологий, например, в области металлообработки, – высокоскоростное резание, обработка труднообрабатываемых материалов и закаленных сталей, резьбофрезерование. Теперь появилась возможность сконцентрировать на одном обрабатывающем центре несколько технологических операций, таких, как черновое и чистовое фрезерование, растачивание, сверление, нарезание



Н. В. Салтыков

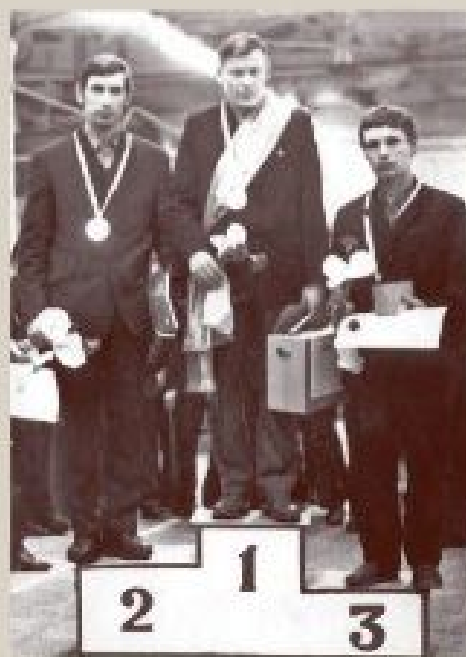


А. А. Соколов



Г. П. Ситников







резьбы, выполняемые ранее на нескольких универсальных металлорежущих станках.

Ряд технологических переделов первого производства за счет перевооружения перешли на новый уровень работы. В этот период внедрено современное металлообрабатывающее, сварочное, термическое, электроэрозионное оборудование, обрабатывающие центры с ЧПУ, координатно-измерительные машины, оборудование для заготовительного комплекса и центральной заводской лаборатории.

В радиомонтажном производстве внедрены следующие технологии: автоматизированная гальваническая линия, которая позволила изготавливать печатные платы методом МСО; автоматизированная линия поверхностного монтажа; новейшие приборы для контроля продукции, позволяющие значительно сократить время проверок.

Уровень автоматизации полученного оборудования дал возможность применять систему сквозного проектирования, выполнять обработку деталей по 3D-моделям, при этом сокращая время на технологическую подготовку производства и непосредственно на изготовление продукции. Современные технологические возможности завода позволили разработчикам применять новые подходы в конструировании изделий.

Неоценимый вклад в успешную реализацию задачи технического перевооружения внес главный инженер завода Александр Феоктистович Церенчиков (с 2001 по 2013 г.).

Очень точно оценил значение произошедших на заводе перемен бывший главный инженер предприятия и директор завода Б. И. Беляев, который посетил завод в 2013 г. (на заводе он не был 25 лет): «Произведено мощнейшее техническое перевооружение цехов на основе новейшего производственного оборудования с числовым программным управлением. Значительно расширены технологические возможности, ставшие базой повышения качества наших изде-

лий, повысилась мощность завода. Это само по себе уже замечательно, впечатляюще и даже потрясающе.

Но, на мой взгляд, произошло значительно больше: рывок в техническом перевооружении сработал как локомотив, мало того, произошло повышение культуры и облика цехов. Но всё это послужило основой психологического возрождения духа заводчан. Вглядываясь в ваши глаза, я вижу в них снова искру оптимизма, вижу в них готовность сделать всё в лучшем виде и в нужные сроки».

Одновременно с решением технических проблем совершенствовалась организационная структура, как на заводе, так и в институте. Так, в 2009 г. произошло выделение центральной измерительной лаборатории (ЦИЛ) в единое подразделение метрологического обеспечения института. В том же году служба РСО завода перешла в службу безопасности института.

В этом же году произошло объединение литейного цеха и цеха пластмасс в единый цех по изготовлению изделий из пластмасс, резино-технической и тарной продукции. Технический отдел механизации и автоматизации производственных процессов (ТОМиАПП) был передан в отдел главного технолога завода. Тогда же произошло расформирование отдела главного механика и энергетика (ОГМиЭ) с передачей части функций в энергоремонтный цех и информационно-вычислительный центр (ИВЦ). Бюро разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ из ИВЦ завода было передано в ОГТ. Отдел разработки АС ИВЦ завода переведен в единую службу предприятия.

Энергоремонтный цех поменял свое территориальное расположение, переместившись с площадки 16 в здание инструментального цеха. Кроме того, за последние годы были сданы в эксплуатацию новые производственные здания второго механосборочного цеха – гальваническое отделение и современный цех по выпуску корпусной тематики института.



Для того чтобы внедрять современные передовые технологии, прогрессивное оборудование и совершенствовать производственные процессы, необходим приток нового поколения специалистов. Эта задача успешно решается. Целенаправленный прием молодых специалистов возродился в 2001 г. – только на завод были приняты 17 человек. Всего с 2001 по 2014 г. в ряды заводчан влились 189 молодых специалистов.

Массовый приход молодежи для завода был радостным событием. Первые несколько лет, когда специалистов приходило особенно много (25 человек), проводился праздник посвящения их в заводчане. Готовились сувениры – папка со всеми необходимыми канцелярскими принадлежностями, разработанный буклет о заводе, значок с эмблемой. На этом мероприятии происходило знакомство молодых специалистов с руководителями завода всех уров-

ней, что помогало им быстрее войти в ряды заводчан.

В связи со сложившейся в 1990-е гг. кадровой проблемой на заводе (отсутствие притока молодежи и отток квалифицированных специалистов) вновь пришедшие кадры получили хорошие возможности профессионального и карьерного роста. Работоспособность, целеустремленность и желание реализовать себя позволили многим из них добиться серьезных успехов в продвижении по служебной лестнице. Так, многие специалисты за короткий срок были назначены руководителями групп, начальниками бюро, участков, заместителями начальников цехов. Вот только несколько примеров: Эдуард Евгеньевич Шульц – главный инженер завода; Алексей Валентинович Коржаков – начальник основного цеха завода, Евгений Анатольевич Игнатченко – главный энергетик завода.



Встреча молодых специалистов с руководством завода, 2002 г.





Чествование передовиков производства



Команда завода № 1 «Авангард» – победитель городской эстафеты, посвященной Дню Победы



Опасность технологических операций определила автономное, удаленное от города и других производственных площадок расположение завода № 2.

Проектирование и строительство первоочередных производственных зданий заняло период с 1955 по 1958 г. В декабре 1958 г. на заводе были изготовлены первые детали из литевых смесей взрывчатых веществ. За последующие четыре года завод освоил новые технологии прессования деталей из взрывчатых материалов.

Неоценимый вклад в становление завода, освоение новых, ранее не применявшихся технологий, в дальнейшем его развитие внесли первый директор завода Николай Александрович Смирнов, главный технолог Евгений Михайлович Прасолов, начальники цехов Григорий Самсонович Ильин, Виктор Анатольевич Бояршинов, конструкторы-разработчики технологической оснастки Лев Викторович Соколов, Николай Александрович Захаров, Леонид Георгиевич Субботин.

Параллельно с изготовлением деталей и узлов по традиционным технологиям завод совместно с газодинамическим отделением института вел разработку новых взрывчатых составов. Это потребовало создания нового оборудования, новых пресс-форм и режимов прессования, усиления контроля за соблюдением требований техники безопасности.

Решающий вклад в разработку новых составов, определение их технологических свойств, режимов и способов их технологической переработки, конструирование и изготовление необходимой оснастки внесли коллективы лабораторий завода под руководством Петра Кузьмича Панова, Юрия Александровича Шишкина, конструкторского бюро завода в лице конструкторов Юрия Гавриловича Климова, Сергея Борисовича Дьячкова, Виктора Анатольевича Зубова, заместителя главного технолога завода по конструкторской части Олега Владимировича Ершова.

В 2009–2013 гг. в связи с новыми подходами к качеству ядерных зарядов и ядерных боеприпасов, усилением внимания к их безопасности в условиях усиливающихся террористических угроз, и созданием условий для невозможности их несанкционированного применения коллектив завода проводит техническое перевооружение, принимает активное участие в разработке новых взрывчатых составов, разрабатывает технологии применения новых составов в конструкциях ЯЗ.

Одновременно приобретается современное оборудование, позволяющее существенно повысить качество деталей из взрывчатых составов, максимально приблизить их характеристики к требованиям теоретиков и разработчиков.

Вместе с распадом СССР в стране по разным причинам перестали производиться некоторые важные для отрасли материалы как для изготовления взрывчатых веществ, так и для других компонентов ядерных зарядов. Коллектив завода принял активное участие в исследованиях применимости материалов-заменителей и в организации малотоннажных производств по выпуску материалов для потребностей отрасли.

Так, для создания замкнутого цикла изготовления деталей из ВВ с высокой плотностью, минимальной разноплотностью и точными геометрическими размерами при сложной конфигурации завод был оснащен гидростатическим прессом, двумя станками с ЧПУ во взрывобезопасном исполнении, контрольно-измерительной машиной во взрывобезопасном исполнении. Под руководством директора завода Б. С. Пантюхина и главного инженера завода И. Р. Шакирова была разработана и отработана сквозная технология получения высококачественных деталей из ВВ. Хочется отметить, что монтаж и пусконаладочные работы завод производил своими силами без привлечения других подразделений института. Результатом этих работ явилась полная готовность производства к реализации новой отработанной технологии.



Большой вклад в реализацию этой технологии внесли начальник прессового участка В. В. Шиллов, инженеры-технологи Е. С. Комисаров, М. А. Бусыгин, главный механик завода А. И. Кленов, главный энергетик Б. А. Суетин, старший мастер Ю. В. Бескрестнов, старший мастер К. Ю. Годов, начальник ОТК Н. С. Батин, контролер В. А. Нелюбин.

В целях улучшения безопасности работ, более точного поддержания режимов прессования прессовый участок цеха был оснащён автоматическими системами контроля процесса прессования, системами видеонаблюдения.

Важным направлением развития производства стало внедрение современного высокоточного весового оборудования во взрывобезопасном исполнении, которое позволило повысить точность взятия навесок, усовершенствовать технологию определения плотности деталей, усовершенствовать систему учета спецматериалов.

Трагедия на атомной подводной лодке «Курск» заставила обратить внимание на создание ВВ с более низкими показателями чувствительности к таким внешним воздействиям, как удар пули или осколка, тепловое поле пожара, ударная волна, удар при падении на железобетонное основание. Исследовательские работы, проведенные заводом и КБ-1, завершились созданием нового пластизольного взрывчатого вещества ТПА-23Т, удовлетворяющего современным требованиям по безопасности.

В связи с актуальностью проблемы было принято решение о создании на заводе № 2 участка приготовления пластизольных составов и снаряжения ими корпусов.

Основная сложность создания участка заключалась в том, что оборудование, необходимое для смешения композиции, серийно не выпускается. Руководством завода было принято решение о проектировании и изготовлении установки собственными силами. Работу возглавил И. Р. Шакиров, работавший в то время главным инженером завода. Основной вклад в реализацию этого проекта внесли нынешний главный инженер завода В. В. Скочиллов, заместитель главного технолога по конструкторской части Ю. Н. Поликаев, инженеры-конструкторы К. Н. Прянин, М. В. Лукьяничков, инженер-технолог М. А. Воробьёв.

Монтаж установки также проводился силами заводчан. В 2011 г. участок был принят в эксплуатацию. Проведенные испытания показали правильность выбранного направления.

При разработке и отработке композиции ТПА большую роль сыграли Н. Г. Багаветдинов, работавший тогда начальником научно-исследовательской лаборатории, сотрудники



Специальный станок с ЧПУ



Система видеонаблюдения



лаборатории Е. А. Потеряева, В. П. Тябокина, Т. В. Тихонова.

Важнейшую роль в изготовлении установки смешения сыграли работники инструментального цеха во главе с начальником цеха А. А. Кляйном, особо отличились токарь Ю. И. Наймушин, слесарь Е. В. Чекалкин, оператор станков с ЧПУ О. А. Косицын, инженер-технолог П. В. Быков.

В связи с сокращением ядерных арсеналов остро встал вопрос о продлении гарантийных сроков хранения изделий, стоящих на вооружении. Эта задача решается конструкторскими бюро института с привлечением научно-исследовательской лаборатории и цехов завода. С этой целью был приобретен и смонтирован фрезерный станок XL8140, позволяющий дистанционно вырезать образцы для исследований из деталей с истекшим ГСХ.

Аналогичный станок смонтирован и запущен в цехе. Его внедрение позволило изготавливать детали сложной конфигурации с криволинейными поверхностями, пазами и т. д.

Проведенная работа позволила поднять на новый качественный уровень технологию изготовления деталей из ВВ, более полно воплощать в жизнь задания разработчиков. За достигну-

тые успехи ряд сотрудников цеха переработки ВВ и отдела главного технолога удостоены правительственных, отраслевых наград, стали лауреатами премий. Орденом Почета награжден директор завода И. Р. Шакиров, медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени награждены начальник технологического бюро С. Ю. Самойлин, инженер-технолог В. А. Альгин, аппаратчик по подготовке продукта А. И. Воробьев, нагрудным знаком Госкорпорации «Росатом» «За заслуги перед Госкорпорацией» награжден начальник цеха Н. Г. Багаветдинов; за успешную работу «Создание технологии изготовления пластизольных ВВ» лауреатами премии имени первого директора института Д. Е. Васильева стали инженеры-конструкторы К. Н. Прякин, М. В. Лукьянчиков, инженер-технолог М. А. Воробьев.

Как уже упоминалось, в связи с распадом СССР ряд необходимых для отрасли материалов перестал производиться, так как предприятия-производители оказались за пределами Российской Федерации. Государством перед ГК «Росатом» была поставлена задача создать малотоннажные производства для обеспечения потребностей отрасли. С этой целью был



Система АСКРПП



Установка смешения пластизольей



разработан ряд федеральных целевых программ. Учитывая специфику производства, накопленный опыт, реализация ФЦП «Организация малотоннажного производства карбида бора особой чистоты» была поручена РФЯЦ – ВНИИТФ, а внутри института – технологическому отделению 160 и заводу № 2. Разработкой основ технологии, оборудования для ее реализации занималось НИО-160, а вся работа по поиску поставщиков оборудования, по закупке и монтажу, а также по доведению технологии до серийноспособной легла на плечи завода. В течение 2010–2012 гг. была проделана огромная работа по монтажу оборудования в условиях действующего производства, запуску его в эксплуатацию. В этой работе участвовал весь коллектив завода, но основная тяжесть легла на плечи цеха переработки пластмасс, физико-химической лаборатории, отдела главного технолога. Весомый вклад в реализацию ФЦП внесли начальник цеха А. Д. Комиссаров, механик цеха С. В. Остахов, молодой специалист энергетик цеха П. Ю. Астраханцев, руководитель группы химических методов исследования Людмила Витальевна Каримова. Под ее руководством организовано рабочее место по очистке карбида бора от примесей. Координацию всех работ, разработку технологических процессов осуществляло технологическое бюро цеха под руководством И. В. Патракова при непосредственном участии инженера-технолога Э. В. Потаповой.

В 2012 г. участок был принят в эксплуатацию, в 2013 г. изготовлена технологическая партия карбида бора особой чистоты. Участок вышел на проектную мощность.

Учитывая опыт работы на современных высокоточных станках с ЧПУ в цехе переработки ВВ, было принято решение об установке аналогичного станка в цехе переработки пластмасс. Это решение было реализовано в 2009 г. и позволило значительно поднять производительность и улучшить качество выпускаемых цехом



Комплекс ДСК



Комплекс «Тепло»



Прибор для определения температуры вспышки



Н. А. Смирнов

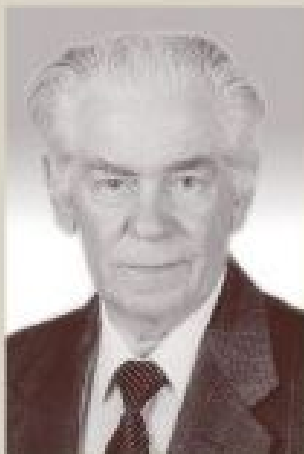


В. А. Бояршинов



Г. С. Ильин





Л. В. Соколов



С. А. Юхтанов



Б. А. Цепилевский





деталей. Значительную роль в этом сыграла сложная работа мастера В. В. Хлебникова, инженера-технолога молодого специалиста М. Д. Никулина.

Все эти годы не прекращалась активная работа цеха сборки зарядов. Следуя современным тенденциям, усложнялась конструкция зарядов. Это потребовало применения новых технологических приемов, разработки и освоения новых средств технологического оснащения. В целях повышения технологической дисциплины и безопасности труда введена в эксплуатацию система видеонаблюдения. Работники цеха продолжают в составе экспедиций выезжать на ЦП РФ для участия в подготовке опытов. За проведенный цикл работ, успешное руководство начальник цеха В. Ю. Трутнев награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, такой же награды удостоен начальник технологического бюро С. Г. Пехов.

Большая работа за эти годы проделана научно-исследовательской и физико-химической лабораториями завода. При проведении технологического перевооружения им было уделено особое внимание и на сегодняшний день они обладают современным высокоточным оборудованием, позволяющим на высоком уровне проводить исследования ВВ, их компонентов, определять качественные характеристики как составов, так и изготовленных из них деталей. Значительную роль в освоении новых приборов, методик внесли начальники лабораторий Е. А. Потеряева, Н. Н. Ахлюстина, нынешний начальник ФХЛ Н. С. Хохлов, являющийся лауреатом премии им. Д. Е. Васильева.

Нельзя не отметить работу в рассматриваемый период обеспечивающих служб завода. Инструментальный цех был оснащен современным оборудованием с ЧПУ, новым мостовым краном, другим оборудованием. Его внедрение позволило повысить производительность труда. Активное участие в освоении нового

оборудования принимали инженер-технолог П. В. Быков, операторы станков с ПУ О. А. Косицын и А. С. Емельянов. В 2008 г. на отраслевом конкурсе профессионального мастерства токарь Ю. И. Наймушин занял первое место.

Особая тяжесть в рассматриваемый период легла на плечи службы главного механика и энергетика. Завод интенсивно переоснащался, и кроме основной задачи – обеспечение жизнедеятельности завода – ей пришлось заниматься монтажом и запуском нового оборудования при той же численности. Это ложилось дополнительной нагрузкой на работников службы. Тем не менее, с помощью основных цехов все приобретенное оборудование было своевременно смонтировано и запущено в эксплуатацию, благодаря чему завод поднялся на новую ступень в своей основной деятельности. Эти задачи решались под руководством главного механика завода В. И. Ермакова, главного энергетика Б. А. Суетина, нынешнего главного механика А. И. Клёнова.

За значительный вклад в развитие завода А. И. Клёнов награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. Большую роль в решение задач внесли ветераны завода старший мастер Ю. В. Бескrestнов, старший мастер С. Б. Акишев, старший мастер К. Ю. Годов, мастер В. В. Назаренко.

Нельзя не отметить вклад в общее дело отдела технического контроля завода. Стоя на страже качества выпускаемой продукции, соблюдения технологической дисциплины и безопасности труда, работники отдела вносят свой вклад в обеспечение авторитета завода. С внедрением в институте системы менеджмента качества завод стал одним из лидеров в ее применении. Проводимые периодические проверки отмечают хорошую организацию по вопросам качества на заводе, высокое качество выпускаемой продукции.

Этого добились благодаря целенаправленной и постоянной работе начальника ОТК





Н. С. Батина, начальников бюро технического контроля О. В. Буланова, В. С. Олейника, Е. К. Веселова, других работников ОТК.

В 2013 г. начальник ОТК завода Н. С. Батин удостоен правительственной награды – медали ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

В целом же в 2008–2013 гг. завод с честью выполнял свою основную задачу – обеспечение процесса научных исследований и конструкторских разработок института всеми видами работ производственно-технологического характера.

В течение описываемого периода до 1 февраля 2012 г. заводом руководил Б. С. Пантюхин, затем директором был назначен И. Р. Шакиров.

Заводчане отмечены следующими государственными наградами:

- < орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени – Б. С. Пантюхин;
- < орден Почета – И. Р. Шакиров;
- < медаль ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени: С. Ю. Самойлин, А. В. Кононов, Ю. Н. Поликава, В. А. Альгин, В. Ю. Трутнев, Н. С. Батин, А. И. Воробьев, А. И. Клёнов.

Отраслевые награды:

- < нагрудный знак «Академик И. В. Курчатов» 2 степени – И. Р. Шакиров;
- < нагрудный знак «Академик И. В. Курчатов» 4 степени: Н. Н. Ахлюстина, Н. С. Батин, А. А. Железкин, В. М. Чванов, В. В. Шилов;
- < знак отличия «За заслуги перед атомной отраслью» 3 степени – Н. Г. Багаветдинов;
- < медаль «65 лет атомной отрасли России»: В. С. Жуйков, Н. С. Козлов, В. В. Логинов, В. В. Назаренко, С. Г. Пехов, И. А. Пятков, С. Н. Савин, А. Л. Стяжкин, И. Р. Шакиров;
- < медаль «100 лет К. И. Щёлкину»: Н. Г. Багаветдинов, А. Д. Комиссаров, О. Ю. Ромашова, В. П. Тябокина, И. Р. Шакиров, Р. Г. Шакирова.

За многие годы работы завод укомплектован уникальным технологическим оборудованием и оснасткой, обеспечивающим безопасность и высокое качество производства.

В настоящее время завод № 2 продолжает работы по государственному оборонному заказу, участвуя в оснащении испытываемых в НИО-4, НИИKe, КБ-2 и Центральном полигоне РФ макетов узлами из обычных и пожаробезопасных взрывчатых составов, ПТС и порохов.

### 3.2. Разработка и внедрение специализированных технологий

#### *Вступительные замечания*

При изготовлении узлов и изделий опытного, как впрочем и серийного, производства широко используются общемашиностроительные технологии. Однако особенности конструкций ядерных узлов и ядерных боеприпасов, связанные как с наличием в их составе зарядов из делящихся и взрывчатых материалов, так и с высочайшими требованиями к точности и качеству их изготовления и сборки, потребовали разработки целого ряда технологических приемов, не характерных ни для одной из традиционных технологий машиностроения.

Первыми, их можно назвать «невольными», заказчиками новых технологий, конечно, являются физики-теоретики, разрабатывающие новые физические схемы и предъявляющие специфические требования к конструкциям ядерных зарядов и ядерных боеприпасов. Их «невинные» пожелания «сделать деталь из такого-то элемента таблицы Менделеева», «покрыть такую-то поверхность особым материалом такой-то толщины», «обеспечить неизменность состава газовой среды» и тому подобные приходится превращать в требования



конструкторской документации уже «подневольным» конструкторам. От них требования переходят к технологам, обязанным разработать и внедрить в опытное, а затем и в серийное производство специализированные технологии создания новых материалов и изготовления деталей, узлов и сборочных единиц для ЯЗ и ЯБП. А за этим стоят методы исследования свойств новых материалов, контроля соответствия качества изготовленных узлов предъявленным требованиям, и что особенно важно, серийно-пригодность технологии.

При разработке ЯЗ и ЯБП на начальном этапе своего становления (1955–1960 гг.) ВНИИТФ перенимал и использовал опыт технологов ВНИИЭФ. Но постепенно, в связи с необходимостью реализации новых идей разработчиков и возникновением новых кооперационных связей с изготовителями делящихся и взрывчатых материалов (ДМ, ВМ) и с предприятиями серийного изготовления ЯЗ и ЯБП, появилась необходимость разработки технологий, не имеющих аналогов ни в отрасли, ни в стране, ни за рубежом.

В разработке таких технологий непосредственное участие принимали специалисты технологического отделения (НИО-11), технологи заводов № 1 и № 2, конструктора и исследователи КБ-1, КБ-2, физико-экспериментального отделения и НИИКа; в необходимых случаях привлекались силы расчетно-математического отделения; основополагающие требования и оценка полученных технологами результатов были и остаются за физиками-теоретиками.

За годы работы института разработано и внедрено в серийное производство такое количество новых технологий, что посвятить каждой из них хотя бы по абзацу текста в данном издании невозможно.

Остановимся только на наиболее ярких примерах.

#### *Разработка новых материалов*

Как известно, основания<sup>7</sup> первых отечественных ЯЗ изготавливались из литевой смеси, состоящей из гексогена и тротила (ТТ). В течение всей истории зарядостроения взрывчатый состав для оснований совершенствовался с целью улучшения таких характеристик, как метательная способность, прочность, термочувствительность, ударостойкость, температурно-временный диапазон эксплуатации и др.

Разработки велись как в направлении выбора новых рецептур взрывчатых составов (ВС), так и по отработке технологий изготовления деталей из новых ВС (механическая обработка, литье, прессование и др.). В конце пятидесятых годов прошлого столетия актуальной задачей стала разработка нового ВС с повышенной (относительно ранее применявшихся) метательной способностью. Ведущим предприятием по этой проблеме был определен РФЯЦ – ВНИИТФ. В газодинамическом отделении были проведены экспериментальные исследования характеристик ряда предварительных лабораторных композиций и окончательно определена рецептура нового взрывчатого состава. В ней превалировал октоген, тогда как в предыдущих ВС «ведущим» был гексоген.

Опытная отработка состава и технологии изготовления узлов из него была проведена на заводе № 2. Затем было начато промышленное производство ВС на основе октогена. Дальнейшее исследование эксплуатационных характеристик октогена выявило необходимость увеличить термочувствительность без потери метательной способности.

Новая задача возникла при разработке ЯЗ для ядерной артиллерии. Здесь требуется особая высокая ударная стойкость ВВ. Специалистам газодинамического отделения и технологам завода № 2 удалось разработать и исследовать особо ударопрочный состав.

<sup>7</sup> Основанием называется блок взрывчатого вещества, окружающий делящийся материал.



В работах по повышению безопасности эксплуатации ЯЗ и ЯБП одним из направлений явилась разработка пожаробезопасного взрывчатого состава (ПВС). Совместными усилиями ВНИИТФ и ВНИИЭФ такой состав был разработан. Исследования его характеристик подтвердили, что показатели безопасности ПВС (нечувствительность к внешним воздействиям) в 10 раз лучше традиционных составов на октогене. Особенно велико преимущество в части пожаровзрывобезопасности: горение ПВС не переходит во взрыв ни в одной из возможных аварийных ситуаций, например, при простреле блока крупнокалиберной пулей.

В связи с резкими изменениями в экономике страны, утерей кооперационных связей и прекращением деятельности многих, в том числе и ранее производивших взрывчатые вещества, предприятий к середине 1990-х годов возникла опасность утраты серийных технологий производства необходимых для ядерного зарядостроения взрывчатых составов.

В отрасли были предприняты своевременные меры, позволившие, во-первых, сделать запас необходимых ВВ для серийных и исследовательских предприятий, и, во-вторых, разработать и реализовать программу малотоннажного производства и исследований свойств ВС с новыми связками и упрочняющими волокнами, эквивалентно заменившими снятые с производства. Ведущей организацией указанной программы был ВНИИТФ.

Кроме основных энерговыделяющих взрывчатых составов, используемых в основаниях ЯЗ, требуются особые ВС для систем инициирования, которые должны устойчиво детонировать в малых сечениях, быть достаточно технологичными, физически и химически стабильными, термостойкими и безопасными. ВНИИТФ, подключившийся к проблеме позже чем ВНИИЭФ, выступил с предложением создать пластический взрывчатый состав, обладающий высокой химической инертностью,

термостойкостью, нерастворимостью в воде, растворимостью в ряде органических растворителей, пластичностью в широком температурном диапазоне. Отработка рецептуры этого состава и технологии изготовления инициирующих зарядов для установки на поверхности оснований завершилась успехом. Состав начал применяться в ЯЗ нового поколения, несмотря на первоначальное противодействие со стороны ВНИИЭФ. За разработку зарядов с новыми системами инициирования, в которых использован указанный пластический ВС, в 1967 г. сотрудник завода № 2 П. К. Панов в составе творческой группы ученых и конструкторов ВНИИТФ был удостоен звания лауреата Ленинской премии.

Также в содружестве специалистов газодинамического отделения и технологов завода № 2 был разработан особотермостойкий взрывчатый состав для ядерно-взрывных устройств (ЯВУ) мирного назначения. Условия применения таких ЯВУ при промышленных взрывах требовали сохранения работоспособности при длительном воздействии высоких температур.

Наряду с требованиями к метательной способности, ударопрочности, термостойкости и аналогичным характеристикам взрывчатых составов к блокам из них предъявляются требования по величине плотности и допустимой разноплотности, технологичности изготовления и повторяемости параметров при серийном изготовлении.

Соответствующие технологические приемы отрабатывались на заводе № 2. Среди них были прессование с использованием сухого насыщенного пара, вакуумное прессование, двухступенчатое прессование (сначала до малой плотности, затем допрессовка в гидростате до требуемой), прессование «в размер» с последующей механической обработкой. Для узлов систем инициирования и фокусирующих систем разрабатывались и применялись фильеры для тонких лент пластичного ВС, шприц-формы



для прутков крупного размера, оплеточные машины для специальных детонационных шнуров, раскатные приспособления и устройства перфорации лент для снижения мощности иницирующего узла и т. д.

Определяющий вклад в разработку и исследования взрывчатых составов и технологии изготовления узлов и деталей из них внесли: А. В. Бородулин, А. В. Васильев, А. Ф. Васильев, А. В. Вершинин, А. А. Денисенко, Н. П. Захаров, П. И. Коблов, Б. В. Литвинов, Б. Г. Лобойко, В. П. Нечаев, П. К. Панов, Н. И. Подкорытов, И. В. Санин, Н. А. Смирнов, Х. Р. Соколова, Э. В. Стефанов, Е. А. Феокистова, Л. И. Филатов, В. П. Филин, В. В. Шапошников, С. А. Юханов.

Взрывчатые составы – важнейшие, но далеко не единственно необходимые для создания ядерных зарядов и боеприпасов материалы. Здесь, кроме обычных металлов, сплавов, полимеров и т. п., требуются конструкционные материалы с особыми физическими свойствами либо не влияющими на ядерные и термоядерные реакции, либо обеспечивающими их направленное протекание. Такие материалы должны обладать механической прочностью, требуемой стабильностью размеров в температурно-временных и климатических условиях эксплуатации, стойкостью к различного вида коррозионным окислительным процессам и радиационным воздействиям и не являться источником каких-либо вредных выделений, могущих ухудшить характеристики конструкции.

Из материалов, влияющих на спектр нейтронных потоков, отметим боронаполненные композиции, разработанные в НИО-11 и заводе № 2. Начало разработки относится к 1961 г. Были опробованы составы различной плотности с различным набором составляющих компонентов, разработаны сложные пресс-формы и инструменты для механической обработки деталей, апробированы режимы прессования. Разработанные состав и технология изготовления необходимых узлов в 1972 г. были переданы

на серийные предприятия. Затем были продолжены исследования возможности замены дорогостоящих компонентов на более доступные и продления гарантийных сроков эксплуатации узлов из боросодержащих материалов.

Для обеспечения повышенной ударопрочности ЯЗ и ЯБП понадобилось разработать полимерные материалы типа дифлон и пенодифлон. Благодаря удачному выбору марки исходной смолы удалось создать дифлон, обладающий стабильными свойствами в диапазоне температур от  $-60$  до  $+100^{\circ}\text{C}$  в течение длительных сроков эксплуатации.

Пенодифлон представляет собой «тяжелый» пенопласт на основе поликарбоната, получаемый методом холодного насыщения гранул полимера под давлением с последующим прессованием заготовок. Плотность материала  $0,65$ – $0,80$  г/см<sup>3</sup>. Пенодифлон обладает повышенной (в 10 раз и более) ударопрочностью по сравнению с применявшимся ранее полистирольным пенопластом ПС-1 той же плотности. Детали из пенодифлона можно эксплуатировать при температуре до  $100^{\circ}\text{C}$  (и даже до  $120^{\circ}\text{C}$ ).

Технология изготовления пенодифлона предложена (1975), исследована (1983) и освоена (1984) в опытном производстве в совместных работах сотрудников НИО-11 и завода № 1.

В 1983–1985 гг. технологии изготовления пенодифлона и деталей из него были освоены на Приборостроительном заводе и на комбинате «Электрохимприбор» и не имеют аналогов в России.

Разработка капролона «Л» была инициирована техническим заданием КБ-1 (1965), в котором предлагалось создать полимерный материал с низкой зольностью, с низким содержанием серы и хлора и не уступающий по механической прочности освоенному химической промышленностью полимеру класса полиамидов капролону «В».

В течение 1966–1967 гг. в НИО-11 был предложен и реализован способ получения



высокомолекулярного поликапроамида на основе блочной полимеризации  $\epsilon$ -капролактама с использованием в качестве каталитической системы литий-гексаметилендиизоцианата (имеется авторское свидетельство). Материал получил название капролон «Л». Капролон «Л» по прочности не уступает капролону «В», а по содержанию примесей не только существенно превосходит последний, но не уступает даже полиэтилену, и имеет коэффициент линейного температурного расширения в 2–3 раза меньше полиэтилена, что полезно при использовании материала в конструкциях. Плотность материала 1,15–1,16 г/см<sup>3</sup>. Материал монолитен, без пор и раковин даже в заготовках сложной конфигурации и большой массы.

В 1967 г. была разработана конструкция плавителя для получения блочных заготовок из капролона «Л». Устройство защищено авторским свидетельством. Установка позволяла получать заготовки массой до 120 кг. Последующие усовершенствования как самой технологии получения капролона «Л», так и конструкции установки, позволили к 1980 г. довести массу отливаемых заготовок до 400 кг, что в полной мере обеспечивало потребности как ВНИИТФ, так и других предприятий отрасли. При этом используемая во ВНИИТФ технология с применением лития более безопасна, чем технология с применением натрия, используемая при изготовлении капролона «В» в химической промышленности.

Физико-механические и физико-химические свойства капролона «Л» были детально исследованы в НИО-11 (1967–1973); был сделан прогноз по возможности его длительной эксплуатации. В конечном счете, материал был использован в нескольких серийных изделиях.

Технология капролона «Л» не имеет аналогов в мире.

Из других полимерных материалов, всесторонние исследования физико-химических свойств которых пришлось проводить во

ВНИИТФ, отметим полистирольные пенопласты различной плотности, клеи, компаунды, герметики, резины, полиэтилен, полипропилен, фенилон и др. В технологическом и экспериментально-физическом отделениях имеются методики, комплексы облучательных установок и аппаратуры для исследований свойств материалов, в том числе и при радиационных воздействиях, которым подвергаются узлы и детали в составе ЯЗ и ЯБП.

На этапе предварительных испытаний многих изделий входящие в них узлы из ВВ в целях безопасности заменялись на инертные материалы-имитаторы. Технологам НИО-11 и завода № 2 пришлось разрабатывать и исследовать составы таких имитаторов. Главным требованием к этим составам было соответствие их тепловых и механических характеристик свойствам заменяемых взрывчатых материалов. Первым разработанным в 1966 г. составом был И-1, имитировавшим характеристики двух ВВ. Позднее было разработано еще несколько композиций инертных материалов и последним достижением стала разработка состава И-9, имитирующего атомарный состав используемых ВВ.

Ведущими специалистами-разработчиками и исследователями свойств новых материалов для ЯЗ и ЯБП являются работавшие и продолжающие работать во ВНИИТФ сотрудники: В. П. Брусенцов, Э. К. Волкова, Н. И. Воронов, А. Л. Глазков, Н. Д. Горшихин, Б. М. Емельянов, Ф. Ф. Желобанов, Ю. А. Иванов, Г. А. Илленико, А. А. Исупов, Ю. Н. Клещев, П. И. Коблов, А. Д. Комиссаров, А. Л. Коптелов, В. И. Кузнецова, Н. П. Кураков, В. В. Куранов, Б. Г. Леваков, Б. В. Литвинов, Э. П. Магда, Э. В. Моисеенко, Г. И. Нивейкин, А. М. Никитин, Б. С. Пантюхин, В. В. Плохой, Л. Д. Романова, В. Г. Рукавишников, С. Е. Санина, И. А. Смирнов, Г. И. Солдатов, Г. В. Студеникин, Э. А. Суворова, Т. П. Тимофеева, Ю. Н. Угольников, Б. А. Цепелевский, Л. А. Чебурина, Ю. И. Чернухин, И. Р. Шакиров, Д. И. Шестаков, С. А. Шилов, С. А. Юхтанов, Ф. К. Якубов.



### *Специализированные технологии изготовления деталей и узлов ЯЗ и ЯБП*

Одним из основных материалов энерговыделяющего узла термоядерного заряда является дейтерид лития. Изготовление деталей и сборочных единиц из него в 1956 г. приказом директора института было поручено заводу № 2.

Свое существование это производство начало в здании рентгеновской лаборатории, где были смонтированы два масс-спектрометра марки МИ 1305, предназначавшихся для контроля основных материалов на содержание изотопов лития и водорода.

Здесь и были изготовлены самые первые образцы брикетов. В связи с отсутствием печей, нагрев навесок не производился, детали прессовали холодным методом. Из-за малой мощности пресса можно было изготавливать детали только малых размеров. После приемки в эксплуатацию пресса усилием 2000 т. с. представилась возможность прессования брикетов уже и средних размеров.

Изготовление брикетов для самого мощного изделия ВНИИТФ, испытанного в 1957 г., производилось непосредственно на оборудовании цеха. Сборка комплекта осуществлялась в сборочном цехе завода. Научный руководитель К. И. Щёлкин лично контролировал эту операцию.

В мае 1961 г. был сдан в эксплуатацию новый производственный корпус, предназначенный для этих работ. В здании предусмотрена станция сухого воздуха, большие помещения, где обеспечено выполнение требований по влажности воздуха, смонтированы линии боксов для работ с порошкообразными материалами. В бытовом корпусе на втором и третьем этажах предусмотрено размещение специальной лаборатории.

Главной достопримечательностью цеха стал уникальный гидравлический пресс усилием 10 000 т. с. Этот пресс имел серийный № 1 и изготавливался по техническому заданию нашего института. Габаритная высота пресса 11 м. Сум-

марный вес деталей пресса 1250 т. Кроме того, было смонтировано достаточное количество средств механизации (несколько менее мощных прессов, электрические печи различной мощности, грузоподъемные краны и т. п.).

Следует отметить, что детали, отпрессованные по горячей технологии, не всегда соответствовали требованиям КД. Нужно было каждую деталь дорабатывать. Механическую обработку производили на специальных станках, установленных в кабинах, куда подавался воздух с относительной влажностью не выше 5%. Особенность обработки деталей из гидридов лития заключается в том, что мелкая стружка даже в условиях сухого воздуха воспламеняется при незначительном повышении температуры режущего инструмента. Режимы обработки подбирались таким образом, чтобы исключить нагрев детали и режущего инструмента.

Мощности прессового оборудования позволяли прессовать детали холодным методом. Для этого нужны были новые пресс-формы и новая технология, которые были разработаны и освоены заводом № 2.

По результатам этой работы ряду работников института, в том числе директору завода Н. А. Смирнову и начальнику цеха В. А. Бояршинову была присуждена Ленинская премия за 1963 г.

В дальнейшем, по ходу миниатюризации зарядов, потребность в крупногабаритных брикетах существенно снизилась и возможности цеха стали использоваться при конверсионных разработках (изготовление заготовок и деталей из полиэтилена, поликарбоната, других полимеров, в том числе – из композиций на основе полипропилена и нитрида бора для защищающих слоев транспортно-упаковочных комплектов).

Детали и узлы ядерных зарядов, изготавливаемые из материалов нестойких к действию влаги, окислителей, других корродирующих сред, требуется покрывать защитным слоем. На протяжении всей истории зарядостроения



на предприятиях отрасли разрабатывались, внедрялись и совершенствовались различные технологии защитных покрытий.

В 1996 г. для нанесения композиционного покрытия на длинномерные, сложнопрофильные корпусные детали специалистами завода № 1 совместно с КБ-1 разработана документация и изготовлено новое уникальное оборудование с управляемым электродуговым разрядом и возможностью подключения до 5 источников плазмы. Оборудование и технология нанесения композиционного покрытия на основе алюминия переданы на серийные предприятия.

За период деятельности института разработано более 100 техпроцессов по нанесению различных покрытий на основе титана, меди, никеля, молибдена, вольфрама, алюминия, тантала, циркония и др. На многие способы нанесения защитных покрытий получены авторские свидетельства на изобретения.

Наиболее весомый вклад в разработку технологий защитных покрытий внесли: А. Д. Акасин, В. А. Горновой, С. С. Ермолин, А. М. Зудихин, В. Ф. Крестьянинов, А. Л. Прязин, Г. И. Селиванов, Е. А. Сергеев, В. Г. Субботин, Ю. Н. Храмов.

Трудной задачей в отрасли было нанесение облицовок на корпус изделий. Имевшиеся во ВНИИЭФ и ВНИИТФ технологии предполагали большой объем ручного труда при недостаточном качестве приклейки. С целью совершенствования технологии в 1967 г. в НИО-11 началась разработка метода газоплазменного напыления непосредственно на поверхность кожуха. Покрытие, полученное этим методом, имело хорошую структуру и адгезию. На заводе № 1 была смонтирована установка для напыления. Однако из-за образования концентрации аэрозоли выше допустимой работы были приостановлены. Затем был предложен метод гальванического осаждения материала. Вскоре технология гальванического нанесения толсто-стенного покрытия была отработана и проверена в цеховых условиях завода № 1. Недостаток

ее заключался в необходимости последующей доработки оболочки до заданной толщины на станке. Тем не менее, она широко использовалась при серийном изготовлении изделий.

В середине 1970-х гг. возникла необходимость создания профилированного покрытия значительно меньшей толщины, получение которого механической доработкой не представлялось возможным. Поэтому группа специалистов отделения взялась за отработку технологии нанесения профильного гальванического покрытия.

Выгода нового метода заключается в существенном сокращении трудоемкости технологии и столь же существенном повышении качества. Все детали (примерно 30 наименований) изделий ВНИИТФ, идущих на полигонные испытания в период 1977–1985 гг., были изготовлены в лабораторных условиях в технологическом отделении 11. Работа защищена авторскими свидетельствами.

Успех дела обеспечило тесное сотрудничество физиков, конструкторов, технологов-исследователей, технологов опытного и серийного производств.

Наибольший личный вклад в решение проблемы внесли следующие сотрудники: А. В. Андрияш, А. Д. Бахтин, Н. М. Горбунова, В. Г. Дегтярев, Ю. Н. Емелев, Н. Д. Колесова, Л. А. Левин, Ж. В. Легонькова, И. М. Нуштаев, В. С. Онищенко, А. Н. Подколзин, Е. С. Смоловик, Ю. В. Старовойтов, Д. С. Торопов, Ю. К. Чернышев.

Определяющий вклад в разработку специализированных технологий сварки и пайки различных металлов и сплавов внесли: С. А. Агафонов, Б. И. Беляев, В. А. Бородин, Ю. И. Брылеев, Ю. П. Гринёв, С. П. Дровосеков, М. А. Зарипов, Н. А. Кононов, Б. Г. Крошечкин, В. В. Лихолетов, Н. П. Лихолетова, А. Д. Малютин, С. А. Нецветаев, Э. А. Нецветаева, В. С. Прусов, Н. Ф. Рязанов, С. А. Собко, А. А. Сонин, А. Н. Сорокин, А. Е. Хуповец, В. В. Юрецкий, Г. С. Язовсков, Ф. К. Якубов и многие другие.



К числу производственных технологий, основанных на опыте общего машиностроения, относится использование механообрабатывающих станков с числовым программным управлением (ЧПУ) для изготовления распределителей фокусирующих систем (ФС). Самой трудоемкой операцией здесь является фрезерование пазов сложной конфигурации.

Конфигурация пазов и геометрия их размещения предварительно определялись расчетным путем на этапе разработки КД, а окончательные размеры и взаимное положение отрабатывались в ходе взрывных экспериментов на внутреннем полигоне. Цикл отработки такой конструкции занимал значительные сроки, порой измеряемые годами. Пазы сложного профиля ФС изготавливались с помощью точнейших копир-кондукторов. По результатам опытов расчетчики и конструкторы вводили корректировки в чертежи, затем инструментальщики переделывали копир-кондуктор, и завод № 1 вновь приступал к изготовлению распределителя. Так постепенно за 3–4 этапа «нащупывалась» геометрия сложной и ответственной конструкции. Для сокращения цикла изготовления ФС необходимо было отказаться от постоянной переделки копир-кондукторов. Альтернативная технология по выполнению криволинейных пазов и отверстий на сферической поверхности решалась только с использованием четырех координатного станка с ЧПУ. При этом для корректировки размеров достаточно изменить только управляющую программу. Но в 1960 гг. отечественный станкопром только начинал выпуск двухкоординатных токарных станков с ЧПУ. За решение задачи взялись завод № 1 и НИО-3. Разработка конструкции станка была поручена заводской группе конструкторов, программное обеспечение разрабатывалось группой математиков НИО-3.

Результатом сотрудничества впервые в отрасли стало изготовление станка с уникальными технологическими возможностями. Отли-

чительной особенностью этой разработки был встроенный интерполятор. Программа рассчитывалась на ЭВМ в двоично-десятичном коде на перфокартах. Это позволяло сократить объем программноносителя в сотни раз по сравнению с носителем на магнитной ленте, применяемым в общепромышленных станках. Разработанная в институте система управления станком опережала серийные системы на 7–10 лет.

Вскоре предстояло взамен ФС освоить новую, более сложную конструкцию – многоточечный распределитель. Пригодился этот новый станок. Появилась возможность отказаться от изготовления дорогостоящих копир-кондукторов, сроки отработки конструкции распределителей сократились в несколько раз. Такое удачное технологическое решение опередило свое время. Вслед за ВНИИТФ и другие предприятия при изготовлении распределителей начали использовать станки с ЧПУ.

Определяющий вклад в разработку и внедрение технологии работ, выполняемых на станках с числовым программным управлением, внесли: Е. Р. Афанасьев, Б. И. Беляев, Б. В. Куликов, В. В. Стрюч, И. Г. Шириков.

В составе автоматики ЯБП особое место занимают узлы, отвечающие высоким требованиям по электропроводности, электропрочности и герметичности во всех условиях эксплуатации. К узлам такого типа относятся стеклотитановые электрические соединители, разработка которых была начата заводом № 1 в 1976 г.

Перспективы использования титановых сплавов для получения спая со стеклом были обусловлены комплексом их замечательных свойств. Титановые сплавы обладают механическими свойствами на уровне прочных сталей, а удельная прочность и коррозионная стойкость выше. Титан – немагнитен, имеет сравнительно малый коэффициент линейного расширения и низкий модуль упругости. Благодаря этим свойствам в термонапряженных титановых конструкциях термические напряжения в 3–4 раза





ниже, чем в стальных. Однако отечественной промышленностью не были освоены стеклотаблетки для получения электрических соединителей с титановым корпусом. Не были разработаны технологические процессы, которые позволили бы получать прочные соединения титана и его сплавов со стеклами промышленного сортамента.

В результате исследования высокотемпературных процессов взаимодействия титана, модификаторов и стекла разработана серия модификаторов, активно изменяющих поверхностные свойства титана и обеспечивающих хорошее смачивание металла расплавами промышленных электровакуумных стекол, эффективное химико-диффузионное взаимодействие и прочное соединение металла с отвердевшим стеклом. Выполненные исследования позволили разработать методы управления протекающими высокотемпературными процессами и создать научно-техническую базу технологии стеклотитановых соединителей. Вслед за этим был разработан типовой технологический процесс получения изделий, не имеющий аналогов в отечественной промышленности и открывший возможности для широкого использования титановых сплавов в приборостроении, что обеспечило снижение веса при повышении прочности и надежности конструкций.

По данной технологии налажено опытное производство более 100 наименований изделий во ВНИИТФ. Техпроцесс передан на серийные заводы отрасли.

Основными идеологами и авторами соответствующих изобретений и патентов, относящихся к представленной технологии, являются С. П. Дровосеков, В. К. Мякин, А. Н. Сорокин.

В начале своего становления с 1955 до 1960 г. завод № 1 не обладал необходимым сварочным оборудованием, инженерно-техническими кадрами, имеющими опыт в области сварки, поэтому необходимая материальная часть для

САБ заказывалась на серийных предприятиях нашего министерства. В следующий период (1961–1970 гг.) на вновь созданном специализированном участке механосборочного цеха велась доработка корпусов серийного изготовления для проведения этапных испытаний вновь разрабатываемых конструкций.

Созданная производственная база и приобретенный опыт работы позволили в 1973 г. впервые изготовить на заводе № 1 корпуса САБ для зачетных испытаний нового изделия.

Дальнейший поиск новых технологий сопровождался выполнением соответствующих экспериментальных и исследовательских работ. В результате были решены задачи по автоматизации процессов сварки продольных, кольцевых и круговых швов с переменной кривизной и без разделки кромок. Отработаны режимы аргонодуговой и контактной точечной сварки титановых конструкций. Результатом проведенных работ явилось создание сварочной технологии, удовлетворяющей всем требованиям КД.

Разработана технологическая и нормативная документация, отсутствовавшая в отрасли по контактно-точечной и аргоно-дуговой сварке узлов из малолегированных титановых сплавов.

Решены задачи:

- < по химической обработке титановых сплавов;
- < по металлографии сварных соединений и определению газонасыщенности сварных соединений;
- < по определению качества адгезии лакокрасочных покрытий мест корпуса, имеющих цвета побежалости.

Обновленный производственный участок оснащен обрабатывающими центрами, обеспечивающими скоростную обработку, твердое резание, сухое резание. Достоинство новых станков не только в их чрезвычайно высокой производительности и точности. Их многофункциональность сокращает межоперационные потери,



минимизирует организационные мероприятия, связанные с передачей продукции со станка на станок. Снижается зависимость качества продукции от квалификации станочника. Приобретен сварочный робот-манипулятор, позволяющий вести сварку титановых и стальных корпусов. Внедрение робота позволяет стабилизировать качество сварки, дает дополнительные возможности при сварке криволинейных стыков.

Наиболее существенный вклад в освоение новых технологий внесли: С. А. Агафонов, В. П. Вилков, В. А. Горновой, В. В. Жуков, Н. А. Кононов, В. В. Куранов, В. В. Лихолетов, Н. П. Лихолетова, З. А. Нецветаева, С. А. Собко, А. Н. Сорокин, С. Г. Шевелев.

В 1977–1980 гг. острой была проблема создания новой конструкции (и соответственно технологии) I ступени герметизации обратных клапанов для изделий ВНИИТФ с использованием резиновой прокладки.

Прокладка должна обеспечивать работоспособность клапана под воздействием жестких эксплуатационных факторов (смесь специальных газов, постоянное удельное давление, радиационное облучение, отрицательные температуры и др.) в течение длительных сроков эксплуатации.

Дело усугублялось отсутствием в то время опыта работы ВНИИТФ с резиной в подобных конструкциях. Тем не менее, усилиями сотрудников нескольких коллективов в начале 1980-х гг. задача была успешно решена.

Исследователи НИО-11 предложили использовать резину марки ИРП-1354 на основе каучука СКТФВ-803, проверили герметичность первых клапанов и решили вопрос дополнительного закрепления прокладки. Конструкторы КБ-1 обновили КД на клапан. Исследователи НИО-5 проверили работоспособность клапана при воздействии на него специальных факторов. Инженеры и рабочие завода № 1 отработали технологию изготовления седел клапанов с прокладкой из применяемой резины.

В результате было создано целое семейство клапанов нового поколения. Освоение клапанов в серии позволило существенно повысить характеристики изделий и уменьшить расход дорогостоящих материалов.

В 2000 г. работе была присуждена премия Минатома России имени академика Н. А. Доллежала «За лучшую конструкторскую разработку в области атомной техники по ядерно-оружейной тематике». Лауреатами премии стали пять сотрудников ВНИИТФ: В. И. Гаврин, Н. П. Емелин, С. А. Емельянов, Л. И. Никитина и Д. И. Шестаков.

Активными участниками разработки также были Ю. А. Арефьев, В. П. Брусенцов, Н. Ф. Гладченко, Ю. С. Евстратенко, Н. В. Ерошенкова, А. М. Зудихин, А. С. Красавин, Ю. А. Лебедев, Н. Н. Маркелов, О. Г. Складар, Г. И. Солдатов, В. И. Стребков, Г. В. Студеникин, А. Н. Труфанова.

#### *Некоторые технологии контроля и испытаний*

Наряду с традиционными операциями по контролю соответствия изготовленных деталей, узлов, сборок и изделий в целом требованиям КД, осуществляемыми сотрудниками ОТК и специалистами Военного представительства, в институте разработаны и внедрены более наукоемкие методы и средства контроля специфических параметров узлов и изделий как на этапе их разработки, так и после определенных периодов эксплуатации.

Так в конце 1970-х гг. возникла проблема контроля газовой среды в изделиях ВНИИТФ и создания средств газорегулирования, поскольку ввиду длительных сроков эксплуатации появились случаи накопления опасных концентраций компонентов газовой среды, снижения некоторых характеристик приборов автоматики, коррозионных повреждений элементов изделий. Наиболее актуальным это стало для узлов «плотной упаковки» и с малыми свободными объемами. В НИО-11 была создана спе-



циальная лаборатория по исследованию этой проблемы.

Специалистами технологического отделения были разработаны методики прогнозирования формирования газовой среды свободных объемов изделий различной комплектации, которые позволили оценивать эффективность и совершенствовать средства газорегулирования.

Сотрудниками НИО-11 и КБ-2 ВНИИТФ разработаны специальные поглотители вредных веществ, которые применяются в изделиях разработки ВНИИТФ, ВНИИЭФ и ВНИИА.

В НИО-11 разработаны и применяются методики контроля проб состава газовой среды штатных изделий на содержание органических (более 30) и неорганических (более 10) соединений.

Основными участниками разработки и внедрения методов контроля газовой среды являются: В. Н. Борисов, Н. А. Вершинина, С. П. Голощапов, Н. В. Груздев, Ю. Н. Клещев, В. В. Куранов, Н. Н. Лаптев, Е. А. Майорова, О. Б. Матвеева, В. А. Насонов, И. И. Попова, Г. В. Студеникин, О. Г. Тебнева, Ю. И. Текина, Л. А. Чебурина, М. А. Числова, С. А. Шиллов и др.

Период с 1977 по 1990 г. во ВНИИТФ характерен интенсификацией работ по созданию, развитию и использованию методов и средств неразрушающего контроля (НК) ответственных элементов и узлов изделий.

За это время был разработан ряд автоматизированных систем ультразвукового контроля, приборов вихретокового контроля; получил развитие рентгенотелевизионный метод. Были разработаны, метрологически аттестованы и внедрены в опытное и серийное производства 23 методики НК. В том числе методики контроля узлов давления из делящихся материалов, тантала, титана, стали; методики контроля элементов и соединений узлов.

Разработаны высокоточные толщиномеры токопроводящих покрытий на деталях из спецматериала, стали, титана, меди, свинца. Приборы освоены в серийном производстве.

Было установлено тесное деловое сотрудничество по методам и средствам неразрушающего контроля с ПСЗ (г. Трехгорный) и ЭХП (г. Лесной).

Значительный вклад в развитие методов неразрушающего контроля во ВНИИТФ внесли сотрудники: В. Г. Атавин, А. Д. Бахтин, Е. И. Белопотко, В. П. Бруснецов, В. Н. Васильев, Б. Н. Волнушкин, В. М. Дуванов, В. П. Карпечин, Л. А. Левин, В. Н. Муравьев, Ю. Н. Пасынков, В. Е. Тепляков и др.

В целях расширения имевшихся методов неразрушающего контроля в 1975 г. в НИО-11 по инициативе Главного конструктора Б. В. Литвинова была создана группа, перед которой были поставлены задачи разработки:

- < голографических методов неразрушающего контроля качества изготовления узлов давления, их сварных и паяных швов (с выявлением дефектов типа непроваров, непропаев, трещин и т. п.);
- < методов исследования напряженно-деформированного состояния узлов (конструкций) со сложной конфигурацией при действии нагрузок различной природы (механические, тепловые и т. д.).

Позднее (в 1981 г.) к этим задачам добавилась разработка лазерно-голографических методов исследования и контроля вибрационных характеристик элементов приборов автоматики.

К 1978 г. группа голографического неразрушающего контроля (ГНК) была оснащена необходимым оборудованием и аппаратурой и начала работу по выявлению качества изготовления и прогнозированию несущей способности реальных деталей ЯЗ и определению амплитудно-частотных (АЧХ) характеристик приборов автоматики ЯБП. Одновременно создавались и метрологически аттестовывались методики исследования. К 1985 году было разработано 5 базовых методик ГНК, защищенных авторскими свидетельствами на изобретения.



Особенно следует отметить полезность метода ГНК при прогнозировании работоспособности и несущей способности узлов высокого давления.

Большой личный вклад в развитие методов ГНК во ВНИИТФ внесли: В. Г. Атавин, В. Е. Гапонов, А. М. Дихтярук, В. В. Куранов, Б. В. Литвинов, Н. Н. Романенко, Ю. В. Худяков и др.

В единой технологической цепи обработки изделий определенное, а подчас и определяющее место занимают методы и средства испытаний.

В институте сложилась целая система взаимосвязанных и дополняющих друг друга технологий наземных (лабораторных и заводских) испытаний, обеспечивающих проверку соответствия параметров разрабатываемых изделий реальным условиям их эксплуатации.

В эту систему входят испытательные, имитационные и моделирующие установки и оборудование научно-исследовательских, испытательного и технологического отделений и опытных заводов.

В газодинамическом отделении (НИО-4) сосредоточены методы и средства испытаний, связанные с взрывным нагружением проверяемых объектов.

В научно-исследовательском испытательном комплексе (НИИК) имеется большой набор стендов и оборудования для климатических, ударных, вибрационных и т. п. испытаний.

В отделении экспериментальной физики (НИО-5) действуют ядерно- и электрофизические установки, моделирующие воздействие поражающих факторов ядерного взрыва, нейтронных, гамма, рентгеновских и электромагнитных излучений на испытываемые объекты.

В технологическом отделении и лабораториях заводов имеются испытательные установки, позволяющие как проверять параметры деталей и узлов в межоперационный период и по завершению процесса изготовления, так и исследовать свойства используемых материалов при различных сроках и условиях хранения.

Развиты и широко используются в институте методы и средства ускоренных испытаний для целей прогнозирования гарантийных сроков эксплуатации разрабатываемых изделий.

Особенно острой проблема прогнозирования длительной работоспособности конструкций стала в середине 1970-х гг., когда началась работа по продлению ранее назначенных гарантийных сроков. С течением времени острота проблемы не снижалась, так как заказчик требовал очередного продления сроков эксплуатации, а номенклатура и качество исходных материалов постепенно стали снижаться и, кроме того, начало внедряться повторное использование некоторых деталей и узлов во вновь изготавливаемых изделиях.

В связи с этим потребовалось большее внимание уделять испытаниям и исследованиям стабильности свойств используемых материалов. Это особенно актуально для полимерных материалов (ПМ), так как они, в отличие от традиционных, менее стабильны, свойства их подвержены изменениям за счет постоянно протекающих процессов деструкции и структурирования (сшивания) полимерных цепей.

В 1971–1990 гг. во ВНИИТФ активно разрабатывались методики исследования и прогнозирования работоспособности основных конструкционных материалов. В 1987 г. была завершена совместная с ГНЦ ВНИИНМ работа по прогнозу работоспособности при длительном сроке эксплуатации семейства комбинированных узлов давления нескольких видов. Обширные исследования были проведены по алюминиевым сплавам АЛ 9, АЛ 19, АК-6 и были сделаны выводы о возможности использования их в корпусных деталях для узлов с длительными сроками эксплуатации. При этом исследователи базировались на результатах не только ускоренных испытаний, но и на результатах реальной эксплуатации деталей из этих материалов в узлах изделий. Был определен фактический уровень механических свойств материала



нескольких корпусных деталей из специальных сплавов, прошедших 10-летнюю эксплуатацию в составе изделий. Исследовались и другие металлические материалы.

Для нескольких ПМ был выдан прогноз по сохранению ими работоспособности на длительные сроки эксплуатации (дифлон, пенидифлон, капролон «Л», полиэтилен, боронаполненные составы, виксинт К-18 и др.).

К 1986 г. во ВНИИТФ был выпущен стандарт предприятия «Материалы полимерные. Прогнозирование работоспособности для деталей специальных узлов». Методики стандарта основаны на использовании современной кинетической концепции твердых тел, использовании принципов температурно-временной и напряженно-временной аналогий, а также уравнений химической кинетики (уравнения Аррениуса). Учитываются специальные эксплуатационные факторы: нейтронное и  $\gamma$ -облучение; контакт со специальными материалами. Кроме проведения ускоренных испытаний используются результаты длительных опытов, результаты опытного хранения материалов и узлов, результаты реальной эксплуатации деталей в узлах изделий.

При отработке узлов высокого давления для заполнения их рабочими газами, проверки герметичности, прочности и несущей способности требовалось разнообразное оборудование и аппаратура высокого давления: камеры, стенды, вентили, переходники, магистрали, пульта управления, поджигающие устройства и др. Стандартное оборудование с параметрами по давлению более 1000 кгс/см<sup>2</sup> в СССР практически не выпускалось.

Уже в декабре 1961 г. в НИО-11 была разработана, изготовлена и освоена первая экспериментальная установка М5 с развиваемым давлением до 2000 кгс/см по жидкости – прообраз будущей станции высоких давлений.

К 1965 г. было создано оборудование с параметрами по давлению жидкостью

до 5000 кгс/см<sup>2</sup>, по давлению газами до 3000 кгс/см<sup>2</sup>. В составе НИО-11 с 1965 г. начала действовать станция (лаборатория) высоких давлений (СВД). Создание СВД позволило решить ряд сложных задач по отработке и испытанию ампул:

- < на прочность и несущую способность,
- < на герметичность инертными газами,
- < на тонкую течь масс-спектрометрическим методом и методом галондного течеискания;
- < ускоренные испытания длительной прочности,
- < длительное хранение оболочек под давлением водорода до 1000 атм.,
- < отработка контрольных систем газонаполнения;
- < измерение внутренних объемов и пропускной способности узлов.

В 1970-х гг. продолжается модернизация участка высокого давления, всё уникальное и нестандартное оборудование изготавливается на заводе. Уровень давления поднимается по гидравлике до 6000 атм., по инертным газам до 2500 атм., по водороду до 2000 атм.

К концу 1970-х гг. участок испытаний высоким давлением признан ведущим в отрасли.

Работы по испытанию сосудов высокого давления не обошлись без драматических событий. Так 7 марта 1974 г. проводился эксперимент по определению предельной прочности по водороду вновь разработанной конструкции. Работа велась в бетонном каземате, испытываемый объект размещался в герметичном контейнере. Ожидалось, что и толстостенный (100 мм стали) контейнер и полутораметровые стены каземата выдержат разрушение узла. Однако он разрушился при давлении ниже ожидаемого, при этом произошло два взрыва с промежутком в доли секунды. Первый – разрушение узла и контейнера, второй – взрыв образовавшейся взрывоопасной воздушно-водородной смеси. При этом стены каземата выдержали взрывную нагрузку, а крыша здания приподнялась на высоту 3–5 м и, несколько



сдвинувшись и частично разрушившись, опустилась на место. Крышка силового контейнера разорвалась, и осколок ее весом около 50 кг улетел от здания на 150 м. К счастью, никто не пострадал.

На совещании, состоявшемся в министерстве некоторое время спустя, на вопрос о мерах безопасности при проведении работ с водородом, директор ВНИИТФ Г. П. Ломинский невозмутимо ответил: «У нас нет проблем при работе с водородом, наши специалисты используют вышибные потолки!».

Накопленный опыт позволил создать передвижную станцию высокого давления на базе автомобиля «Урал-375» для закачки газовых узлов.

К 1977 г. параметры оборудования СВД были существенно повышены и доведены по давлению жидкостью до  $7500 \text{ кгс/см}^2$ , по давлению газами до  $5000 \text{ кгс/см}^2$ .

Некоторые устройства высокого давления, разработанные во ВНИИТФ, успешно использованы в испытательных линиях на серийных предприятиях.

Основными участниками работ по контролю и испытаниям материалов, деталей и узлов, используемых в изделиях ВНИИТФ, являются: А. Н. Аверин, С. П. Антипинский, В. Н. Афанасьев, А. П. Белозеров, В. Н. Борисов, Р. И. Борковский, А. В. Бородулин, В. П. Буланов, А. Ф. Васильев, Г. А. Введенский, В. А. Верниковский, А. И. Воробьев, А. А. Горновой, Е. А. Горячев, В. Ф. Дедешин, Н. В. Ерошенкова, Ф. Ф. Желобанов, Н. А. Зайковский, А. М. Зудихин, Ю. И. Зуев, Ю. А. Иванов, Л. Д. Ивановский, Т. М. Иванов, А. М. Исаев, Н. А. Киселёв, Ю. Н. Клещев, П. И. Коблов, Н. А. Конохов, А. Л. Колтелов, Ю. А. Кулинич, В. П. Лаушкин, Б. Г. Леваков, Ж. В. Легонькова, Б. В. Литвинов, В. В. Лубенский, А. М. Лясота, В. А. Насонов, С. И. Николенко, Е. В. Патокин, Н. С. Повышев, И. С. Погребов, Н. Н. Романенко, В. Г. Рукавишников, С. В. Самылов, И. В. Санин, Л. А. Смолюк, А. А. Снопков, Ю. А. Соколов, В. В. Стариков, В. Е. Старцев, В. Г. Субботин,

С. Г. Субботин, А. П. Ткаченко, Ю. Ф. Тутуров, С. В. Хлебцев, В. Ф. Хохряков, Ю. Н. Храмов, А. Ф. Церенчиков, М. Т. Чинейкин, Д. И. Шестаков, С. А. Шилов, Л. М. Шумила, А. Н. Щербина, Ф. К. Якубов и многие другие.

#### *Возможности и перспективы развития технологического и материаловедческого сопровождения*

Технологическое отделение в настоящее время представляет собой современное, динамично развивающееся структурное звено института, которое предназначено для материаловедческого и технологического сопровождения разработок института как в оборонной, так и в гражданской областях деятельности. Отделение обеспечено широким спектром, испытательного и технологического оборудования, которое представлено следующими комплексами:

1. Комплекс для исследования структуры, элементного и фазового состава материалов.
2. Комплекс оборудования для исследования характеристик конструкционных материалов в условиях динамического нагружения на базе установки для динамических испытаний ДИМ и контроля герметичности.
3. Комплекс оборудования для физико-механических, теплофизических и термомеханических испытаний конструкционных материалов.
4. Комплекс оборудования для исследования свойств материалов и контроля качества изготовления конструкций и узлов лазерно-голографическими методами.
5. Комплекс оборудования физико-химических методов исследования конструкционных материалов: методами ИК-спектрофотометрии, масс-спектрометрии, рентгенофлуоресцентной спектрометрии.
6. Комплекс аналитического оборудования для элементного химического анализа: методами оптической эмиссионной спектро-



- метрии и атомно-абсорбционной спектроскопии.
7. Комплекс оборудования для масс-спектрального и хроматографического анализа газовых и жидких сред материалов.
  8. Комплекс оборудования для нанесения покрытий.
  9. Комплекс оборудования для совершенствования и оптимизации технологий склеивания, герметизации, защиты, демпфирования элементов конструкций, изготовления разнопрофильных пленочных датчиков и определения гарантийных сроков материалов, элементов сборочных единиц в условиях хранения и эксплуатации.
  10. Комплекс оборудования для разработки новых, модификации известных композиционных, керамических, полимерных материа-

лов, исследования технологических свойств и создания технологий их переработки.

11. Комплекс оборудования для сварки и пайки.

Гарантом поддержания и развития технологических и материаловедческих направлений является сплав деятельности ветеранов, ведущих и молодых специалистов технологического отделения.

В заключение раздела о специализированных технологиях можно констатировать, что абсолютное большинство технологических разработок института востребованы опытным и серийным производствами ЯЗ и ЯБП и имеют перспективы дальнейшего развития и использования как в оборонной, так и в гражданской областях деятельности института и отрасли в целом.

### 3.3. Инженерная инфраструктура института

#### *Безопасность производства и экология*

Инженерные службы института предназначены для выполнения следующих функций:

- < технологического обеспечения разработок;
- < технического развития и перевооружения производственно-экспериментальной базы;
- < обеспечения безопасных условий труда персонала;
- < обеспечения экологической безопасности деятельности института;
- < предупреждения и ликвидации последствий ЧС техногенного и природного характера;
- < организации гражданской обороны, мобилизационных работ;
- < организации производства, в том числе серийных производств изделий, разработанных в институте;
- < метрологического обеспечения;
- < организации патентной работы, охраны интеллектуальной собственности по основной

тематике, изобретательской деятельности, стандартизации;

- < организации и функционирования аварийно-технического центра.

Ответственность за организацию работ по выполнению указанных функций возложена на главного инженера института.

Должность главного инженера института последовательно занимали: Георгий Павлович Ломинский (1956–1958, 1961–1964); Валентин Викентьевич Дубицкий (1958–1961); Анатолий Логинович Коптелов (1965–1971); Владислав Антонович Верниковский (1971–1981); Борис Иосафович Беляев (1981–1990); Валентин Григорьевич Рукавишников (1990–1993); Николай Викторович Смотров (1993–1999); Иван Михайлович Каменских (1999–2000); Александр Петрович Покаташкин (2000–2013). С 2013 г. главным инженером работает Владимир Валерьевич Знаменский.



В структуру служб главного инженера входят: научно-исследовательское технологическое отделение, отдел охраны труда и техники безопасности, отдел радиационной безопасности и дозиметрического контроля, отдел промышленной экологии, аварийно-технический центр, отдел по чрезвычайным ситуациям, гражданской обороне и мобилизационной подготовке, отдел метрологии и измерительной техники, отдел интеллектуальной собственности.

Деятельность научно-исследовательского технологического отделения самым тесным образом связана с основными исследованиями и разработками, серийным производством, внедрением специализированных технологий и представлена в II и III частях книги. Работы по метрологии и интеллектуальной собственности отражены в IV части. В этом параграфе речь идет, в основном, об обеспечении общепромышленной, радиационной, ядерной и экологической безопасности в процессе производственной деятельности института.

#### *Специальная и общепромышленная безопасность*

Особенность института, как по характеру возложенных на него задач, так и по структуре производства, безусловно, предполагала нюансы в работе всего коллектива, в том числе и службы охраны труда и общепромышленной безопасности. С первых дней существования предприятия встал вопрос обеспечения безопасности при проведении взрывных работ и работ с ВМ.

Для контроля за соблюдением специальных и общепромышленных правил по безопасности труда и создания соответствующих условий на рабочих местах в 1956 г. в институте был организован отдел по охране труда и технике безопасности.

Работой этой службы руководили заместители главного инженера по технике безопасно-

сти и дозиметрическому контролю: Д. К. Стенькин, А. И. Сидоров, В. В. Знаменский, С. Д. Колесников.

В разное время отдел ОТ и ТБ возглавляли: А. И. Рослов, С. Н. Покровский, Ю. Н. Мартыанов. В настоящее время отделом руководит В. Б. Томилковский.

Отдел ОТ и ТБ осуществляет следующие основные задачи:

- < организацию работы в институте по созданию здоровых и безопасных условий труда работающих, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний;
- < организацию работы по обеспечению выполнения требований федерального законодательства по охране труда, промышленной безопасности и промсанитарии;
- < внедрение передового опыта и научных разработок по охране труда;
- < аттестацию (специальную оценку) рабочих мест предприятия.

Для решения поставленных задач в состав отдела ОТ и ТБ входят:

- < группа специальной техники безопасности, возглавляемая заместителем начальника отдела – начальником группы П. А. Тумановым;
- < группа общепромышленной техники безопасности, возглавляемая начальником группы О. А. Коржаковой;
- < группа технического надзора, возглавляемая начальником группы В. П. Перепелкиным;
- < санитарно-промышленная лаборатория, возглавляемая начальником лаборатории Н. Ю. Рудницкой.

В порядке выполнения этих задач специалисты отдела контролируют соблюдение норм и правил при выполнении работ с ВМ и взрывных работ на внутреннем полигоне предприятия и на полигонах Министерства обороны, перевозке специальных грузов, общепромышленных работ в подразделениях института.





Входящая в состав отдела санитарно-промышленная лаборатория проводит контроль условий вредных производственных факторов, в условиях которых работают сотрудники института. Лаборатория в 2001 г. прошла процедуру аккредитации на техническую компетенцию проведения указанного контроля. Продолжает осваивать новые методы и методики определения физических, химических факторов и факторов трудового процесса.

Аттестация рабочих мест, проводимая лабораторией и подразделениями института, позволила выявить несоответствия санитарным нормам и правилам, разработать мероприятия по улучшению условий труда и успешно их выполнить.

В соответствии с «Правилами организации и осуществления производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте» и ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ в институте осуществляется производственный контроль на опасных производственных объектах. Контроль проводит группа технического надзора отдела охраны труда и техники безопасности.

Осуществляемый отделом производственный контроль, который является составной частью комплексной системы управления безопасностью в институте, позволил исключить аварии и инциденты на производственных участках предприятия.

За 60-летнюю историю института на его производственных участках были инциденты и аварии, а так же несчастные случаи. Причины этих событий изучались и анализировались специалистами с целью исключения повторных происшествий, что позволило руководителям всех уровней и работникам службы охраны труда института существенно снизить количество несчастных случаев. Если в 1960–1970 гг. было 32–78 подобных случаев в год, то в период 2000–2012 гг. их количество сократилось до 5–8, а в настоящее время не превышает 1 случая в год.

В 1988 г. разработана и внедрена «Система управления охраной труда», которая охватывает основные направления профилактической работы. Система постоянно актуализируется и в настоящее время является основным инструментом по охране труда, позволяющим руководителям подразделений и работникам



Отдел охраны труда и техники безопасности



службы охраны труда постоянно совершенствовать приемы и методы выполнения работ и оснащения рабочих мест с тем, чтобы свести к минимуму производственный травматизм.

В 2014 г. служба охраны труда РФЯЦ – ВНИИТФ приняла участие в областном конкурсе «Лучшая организация работ по условиям и охране труда» и по его результатам институт занял III место среди организаций своей группы по Челябинской области.

#### *Радиационная и ядерная безопасность*

Функции службы по ядерной и радиационной безопасности института, заключающиеся в обеспечении контроля соответствующих радиационных факторов, действующих на персонал, окружающую среду и население, контроля соблюдения требований федеральных и отраслевых нормативных документов по ядерной и радиационной безопасности при организации и выполнении работ, связанных с разработкой, изготовлением и испытаниями образцов ядерного оружия, осуществляет отдел радиационной безопасности института, который был образован в 1958 г.

Входящая в состав отдела лаборатория производственного радиационного контроля осуществляет приборный контроль доз облучения персонала, мощности дозы и плотности потоков ионизирующих излучений, уровней радиоактивного загрязнения, содержания радиоактивных газов и аэрозолей на рабочих местах персонала института, а также контроль соблюдения организационных и нормативных документов по ядерной и радиационной безопасности при проведении ядерно и радиационно опасных работ.

Мониторинг радиационно-экологической обстановки на прилегающей к институту территории, организации учета и отчетности института по соблюдению установленных норм выбросов в воздушную среду и сбросов во внешнюю гидросеть радионуклидов осуществляется

группой радиационно-экологического контроля отдела.

Отдел РБ аттестован в Федеральной службе по аккредитации на право проведения всех видов радиоактивных измерений.

Сотрудники отдела РБ ежегодно проводят до 50 000 различных радиационных измерений, на основании которых оформляются соответствующие картограммы полей излучений, справки и протоколы измерений для контроля безопасных условий работы персонала, а также для обоснований соответствующих санитарно-эпидемиологических заключений от Регионального управления № 15 ФМБА России, дающих право на проведение радиационно опасных работ.

Отдел рассматривает и согласовывает значительное количество положений, инструкций, приказов, технологических процессов, регламентов, справок и других документов из подразделений института, связанных с радиационной и ядерной безопасностью. Специалисты отдела принимают участие в работе комиссий подразделений по проверке знаний и допуску персонала института по РБ и ЯБ, участвуют в комиссионной приемке в эксплуатацию радиационно и ядерно опасных участков и установок, ведут регистр индивидуальных дозиметрических данных на персонал института.

Выполнение возложенных функций на отдел осуществляет штат квалифицированных сотрудников, состоящий на 1 января 2014 г. из 45 специалистов с высшим и среднеспециальным образованием и 9 рабочих. Отдел оснащен самыми современными дозиметрическими, спектрометрическими приборами, аналитическим и лабораторным оборудованием. 35 работников отдела с 1986 по 1991 г. участвовали в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. За историю существования отдела 29 сотрудников награждены орденами и медалями (в том числе 15 – за героизм и мужество при ликвидации последствий аварии



на ЧАЭС), 3 специалистам присуждены премии: Правительства (Ф. Ф. Файзрахманов), им. Г. П. Ломоносова (И. А. Леушканов, Р. Х. Юсупов). Последние годы отдел проходит значительную смену кадрового состава и омоложение. Средний возраст работников отдела в настоящее время составляет 38 лет.

Отдел радиационной безопасности многие годы ведет научно-исследовательские работы по исследованию влияния на персонал и окружающую среду радиационных факторов компонентов образцов ядерного оружия, по разработке и усовершенствованию методик радиационных измерений.

Кроме того, на основании аттестата аккредитации в качестве центра радиационного контроля отдел РБ выполняет работы по различным видам радиационного мониторинга для организаций и предприятий как в Челябинской области, так и в других регионах на договорной основе. Так отделом были выполнены радиозоологические исследования на ряде горнодобывающих предприятий уральского региона, а в течение 1995–2005 гг. отдел участвовал в исследованиях МАГАТЭ по разработке методов обнаружения незаявленной ядерно-оружейной деятельности третьих стран. Специалисты отдела активно участвовали в реализации проектов МНПЦ по выявлению влияния малых доз радиации на здоровье персонала предприятий ядерного оружейного комплекса и проживающего населения, по созданию региональных медико-дозиметрических регистров персонала.

По выполненным научно-исследовательским работам было выпущено около 120 научных отчетов, опубликовано более 40 научных статей, разработаны 25 методик выполнения радиационных измерений, материалы исследований представлялись на 35 научно-практических конференциях, в том числе международных.

Серьезное внимание, уделяемое руководством института, и высокий уровень радиа-

ционного контроля и контроля обеспечения радиационной и ядерной безопасности, демонстрируемый специалистами отдела РБ, подтверждается отсутствием на протяжении более 40 лет радиационных инцидентов, радиационных аварий в институте, профзаболеваний персонала, связанных с радиационными факторами, а также превышений установленных нормативов сбросов и выбросов радионуклидов.

#### *Промышленная экология*

Начиная с 1980-х гг. в стране стало уделяться повышенное внимание к решению экологических проблем. Были приняты основы законодательства (водного, земельного, о недрах), постановление об усилении охраны природных ресурсов. Это привело к организации в 1983 г. в институте специальной службы – группы защиты окружающей среды, которая впоследствии реорганизовалась в лабораторию, а в 1996 г. – в отдел промышленной экологии (ОПЭ).

Основными направлениями деятельности ОПЭ являются:

- < проведение технической политики, направленной на устранение нарушений природоохранного законодательства, повышение экологической безопасности производства и разрабатываемой институтом продукции, минимизацию воздействия на окружающую среду;
- < организация разработки планов по охране окружающей среды (ООС) в подразделениях и контроль их выполнения;
- < разработка экологических нормативов и контроль их соблюдения;
- < осуществление систематического контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты, эффективности работы водоочистных и пылеулавливающих установок;
- < оценка воздействия на окружающую среду при принятии решений о намечаемой деятельности;



« обеспечение ведомственной экологической экспертизы основных планов и программы, проектной и нормативной документации.

ОПЭ относится к отделам, подчиненным главному инженеру института; руководство отделом осуществляет заместитель главного инженера по промышленной безопасности. С 1994 г. лабораторию, в дальнейшем – отдел, возглавляет Резеда Галиудловна Валитова.

Одной из основных функций, выполняемых созданной службой, явилась организация аналитического контроля сточных вод института. Необходимость развития этого направления экоаналитического контроля диктовалась установлением для института жестких нормативов сброса загрязняющих веществ по всем выпускам. В зависимости от установленных норма-

тивов и фактических уровней загрязнения сточных вод устанавливался размер экологических платежей. В течение первых лет эта задача была выполнена, хотя служба фактически не имела своей материально-технической базы и размещалась в небольшой комнате. Небольшой коллектив аналитической группы (два инженера и два лаборанта) за два-три года в несколько раз увеличил объем отбора и анализа проб природных и сточных вод, приступил к контролю выбросов загрязняющих веществ.

Таким образом было положено начало сбора и систематизации экологических данных, весьма необходимых для оценки влияния производственной деятельности института на окружающую среду. Использование на практике банка данных по экологическому состоянию водных



Коллектив отдела промышленной экологии



объектов помогло институту выиграть дело в Арбитражном суде СССР, когда зимой 1990 г. вследствие объективных природных причин на озере Силач произошел замор рыбы.

Сегодня аналитическая лаборатория представляет собой коллектив специалистов, в основном, инженеров, которые выполняют обширную работу по проведению экоаналитического контроля объектов окружающей среды, а также определению эффективности работы газоочистных установок подразделений института. Высокий уровень профессиональной подготовки сотрудников подтвержден Аттестатом аккредитации на техническую компетентность, полученным отделом одним из первых на Урале еще в 1997 г. Уже много лет лабораторию возглавляет Ольга Васильевна Плотникова.

Группа экспертизы и планирования (ГЭП) была создана в 1996 г. С тех пор группу возглавляет Левонтий Васильевич Грачев. Основными функциями группы являются:

- < оценка влияния деятельности института на окружающую среду;
- < разработка нормативов воздействия института на окружающую среду (предельно допустимые выбросы, сбросы, лимиты хранения отходов и т. д.) и контроль их соблюдения;
- < проведение ведомственной экспертизы проектов строительства, реконструкции, модернизации производственных объектов и процессов;
- < организация разработки мероприятий по охране окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в институте и контроль их выполнения;
- < контроль организации обращения с отходами производства и потребления в подразделениях.

За последние годы коллектив отдела добился вполне ощутимых результатов. Так на VII Всероссийской конференции «Экология и производство. Перспективы развития экономических механизмов охраны окружающей среды» (март

2013 г., г. Санкт-Петербург) был проведен конкурс «100 лучших организаций России. Экология и экологический менеджмент». Институт стал лауреатом этого конкурса с вручением дипломов «100 лучших организаций России. Экология и экологический менеджмент», «Лучшая экологическая служба».

По приказу генерального директора ГК «Росатом» в 2013 г. состоялся конкурс «Экологически образцовая организация атомной отрасли», приуроченный к году охраны окружающей среды в Госкорпорации. По результатам подведения итогов конкурса институт стал победителем в специальной номинации «Экологически образцовая организация ядерного оружейного комплекса Госкорпорации «Росатом».

#### *Аварийно-технический центр*

Аварийно-технический центр ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина» (далее – АТЦ РФЯЦ – ВНИИТФ, АТЦ) создан 1 октября 1994 г. в соответствии с постановлением Совета Министров – Правительства Российской Федерации № 246 от 25 марта 1993 г. «О создании аварийно-технических центров для ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах ядерного комплекса Российской Федерации» и занимает особое место в системе обеспечения безопасности производства и жизнедеятельности ЗАТО Урала и Приволжско-Уральского региона в целом.

АТЦ прошел государственную аттестацию в межведомственной комиссии по аттестации аварийно-спасательных формирований (АСФ), спасателей и образовательных учреждений по их подготовке и имеет свидетельство на право ведения аварийно-спасательных работ по ликвидации (локализации) чрезвычайных ситуаций (ЧС) на радиационно и ядерно опасных производствах и объектах, а также связанных с транспортированием различных радиоактивных материалов и изделий из них. Постановлением Правительства Российской



А. Ю. Наруков



Г. Ю. Григорович



О. П. Гойдан



Л. В. Борисов





А. Е. Антонов



А. Ю. Скурихин



Д. В. Смагин







Федерации от 8 ноября 2013 г. № 1007 АТЦ РФЯЦ – ВНИИТФ включен в состав сил и средств Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) и отнесен к профессиональным АСФ постоянной готовности федерального уровня.

Основными задачами АТЦ РФЯЦ – ВНИИТФ являются:

- ◀ оперативное реагирование и ликвидация последствий аварий с ЯБП, ЯЗ, их макетами и составными частями при их создании, испытании и ликвидации, а также аварий с ядерным оружием при его эксплуатации;
- ◀ выполнение функций регионального аварийного формирования эксплуатирующих организаций по защите населения и территорий от ЧС радиационного характера на объектах и при транспортировке ядерных материалов (ЯМ) и радиоактивных веществ (РВ) на территории Приволжско-Уральского региона (17 субъектов РФ, в том числе республики: Башкортостан, Коми, Марий Эл, Татарстан, Удмуртия, Чувашия и автономные округа: Коми-Пермяцкий, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий).

Для выполнения поставленных задач АТЦ укомплектован высококвалифицированным персоналом, который может выполнить широкий спектр работ на месте аварии, и оснащен разнообразным оборудованием как импортного, так и отечественного производства: средствами управления и связи, радиационного контроля, диагностики аварийных объектов, обращения и обезвреживания, индивидуальной защиты, энергообеспечения, робототехническими системами, а также комплексом воздушной разведки на базе беспилотного летательного аппарата. Статус спасателя имеют 80% сотрудников АТЦ.

Все средства и оборудование размещены в маневренных комплексах на автомобильных шасси с автономным энергоснабжением, пред-

назначенных для работ в диапазоне температур от –20 до +50°С.

Первым начальником АТЦ был полковник Борисов Л. В.

С апреля 2000 г. по февраль 2011 г. центр возглавлял полковник Гойдин О. П., с марта 2011 г. по август 2013 г. – полковник Григорович Г. Ю.

В настоящее время руководит АТЦ полковник Наруков А. Ю.

В состав АТЦ входят 3 отдела: аварийно-испытательный (АИО), методического и информационного обеспечения (МИО), технического обеспечения (ТО), и группа радиационного контроля и дезактивации.

Основная функция АИО – обеспечение постоянной готовности личного состава к экстремному реагированию на аварии с ЯБП (ЯЗ) и радиационные аварии, применение в ходе работ специального технологического оборудования, в том числе робототехнических комплексов и дистанционно управляемых систем. Личный состав АИО – офицеры Минобороны России, направленные в ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина» не на воинские должности без приостановления им военной службы на основании Указа Президента РФ № 49 от 16 января 2008 г. Участвуя в испытаниях оборудования, отработке технических средств, технологий и инструкций по обращению с аварийными специзделиями, офицеры совершенствуют свою квалификацию и приобретают устойчивые навыки проведения особо опасных, уникальных работ во взаимодействии с экспертами и специалистами главных конструкторов ЯБП и ЯЗ. Руководит отделом с января 2015 г. подполковник Петрячков А. В. Капитан 1 ранга Скурихин А. Ю. назначен заместителем руководителя центра по ЛПА.

Отдел МИО осуществляет разработку и сопровождение справочно-информационных систем, методической и организационной документации для обеспечения работ АТЦ по предупреждению и ликвидации возможных аварий.





Участвует в разработке специального оборудования для работ с аварийными спецделениями и отработке технологий по обращению с ними. В функции отдела входит также организация учебно-тренировочного процесса и эксплуатация объектов систем – автоматизированной системы безопасности транспортирования ядерных материалов (АСБТ); автоматизированной системы контроля радиационной обстановки РФЯЦ – ВНИИТФ (АСКРО); информационно-коммуникационной системы Госкорпорации «Росатом» (ИКС). Персонал отдела МИО входит в расчеты мобильных комплексов технических средств, проходит аттестацию на статус «спасателя». Начальником отдела с момента основания АТЦ является А. Е. Антонов.

Группа радиационного контроля и дезактивации проводит радиационную разведку места аварии и дозиметрический контроль персонала АТЦ при ликвидации последствий аварии, разрабатывает предложения по новейшим методам обнаружения и локализации ЯМ.

Отдел технического обеспечения выполняет комплекс работ по обслуживанию техники и оборудования АТЦ, средств транкинговой связи РФЯЦ – ВНИИТФ для обеспечения их постоянной готовности к применению. ОТО отвечает за ведение складского хозяйства, безопасную эксплуатацию автомобильной техники и грузоподъемных механизмов. При проведении учений или работ по ЛПА отдел организует доставку сил и средств АТЦ в район аварии, проводит транспортное обеспечение и энергоснабжение всех видов работ на месте аварии. Структурно отдел находится под управлением главного инженера АТЦ Д. В. Смагина.

Коллектив АТЦ активно сотрудничает со специалистами отделения экспериментальной газодинамики и научно-технических отделений по созданию ядерных боеприпасов при разработке и внедрении ими аварийных технологий, комплектов технических средств, методик и инструкций.

Совместно со специалистами математического отделения РФЯЦ – ВНИИТФ в АТЦ разработаны программы прогнозирования последствий аварий. С 2003 г. персонал центра проходит периодическую стажировку в научно-исследовательском испытательном комплексе.

Во взаимодействии с отделом ГО, ЧС и МП сотрудники АТЦ обеспечивают работу дежурно-диспетчерской службы института.

Начиная с 1998 г., АТЦ регулярно участвует в межведомственных и международных учениях в составе сил специальной профессиональной аварийно-спасательной службы (САС) Росатома. Крупномасштабные учения («Урал-99», «Авария-2000», «Авария-2004», «Рубеж-2006», «Уральский рубеж-2007», «Урал-2009», «Арсенал-Трехгорный-1-2010», «Авария-2013») неоднократно подтверждали высокую специальную подготовку и профессиональный уровень персонала АТЦ и специалистов других подразделений института по оценкам руководства Минобороны России и Росатома.

#### *Гражданская оборона, чрезвычайные ситуации и мобилизационная подготовка*

Выполнение мероприятий по предупреждению аварий и чрезвычайных ситуаций, поддержанию гражданской обороны и мобилизационной подготовке института является одной из приоритетных задач ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», несущего всю полноту ответственности за безопасность персонала, населения и территорий ЗАТО г. Снежинск.

В период становления градообразующего предприятия появился штаб гражданской обороны (ГО) зоны. В 1994 г. в РФЯЦ – ВНИИТФ на базе штаба ГО был создан отдел по чрезвычайным ситуациям (ЧС) и гражданской обороне, в который вошла группа по ЧС. С 1998 г. в состав отдела включена группа по мобилизационной подготовке (МП).



В настоящее время отдел гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и мобилизационной подготовки № 25 под руководством начальника отдела – начальника штаба ГО института Ю. Ю. Сыромятникова является постоянно действующим органом управления системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций РФЯЦ – ВНИИТФ, уполномоченным на решение задач в области защиты персонала и населения от чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны и мобилизационной подготовки института.

Группа ЧС под руководством начальника группы Р. Г. Гадельшина ведет работы, направленные на организацию мероприятий по защите персонала РФЯЦ – ВНИИТФ от угроз природного и техногенного характера, обучение работников института действиям в условиях возникновения ЧС; разрабатывает планы по предупреждению и ликвидации ЧС на объектах института; проводит мероприятия по повышению пожарной безопасности в подразделениях института; под постоянным контролем сотрудников группы ЧС М. Х. Хаерзаманова и А. И. Рубцова организует проведение учений на потенциально опасных объектах института.

В штабе гражданской обороны под контролем Н. В. Дмитриевой осуществляется планирование и проведение мероприятий, направленных на поддержание и совершенствование гражданской обороны института ведущим инженером А. П. Персияновым, разработка плана гражданской обороны РФЯЦ – ВНИИТФ И. Н. Греховой, поддержание в состоянии готовности систем оповещения и связи ГО, поддержание устойчивого функционирования производства в военное время, создание и поддержание в состоянии постоянной готовности служб гражданской обороны при участии С. И. Исаева.

Проведение работ по мобилизационной подготовке направлено на организацию, проведение и контроль выполнения мероприятий по обеспечению мобилизационной готовности

института, переводу производства на работу в условиях военного времени, осуществляемых В. Ю. Гушиным.

Отдел ГО, ЧС и МП осуществляет работу в тесном контакте с подразделениями института, Аварийно-техническим центром, службами и организациями г. Снежинска по направлению своей деятельности – Управлением ГО и ЧС г. Снежинска, СУ ФПС № 7 МЧС России, Межрегиональным управлением № 15 ФМБА России, ЦМСЧ № 15 ФМБА России, в/ч 3468, ОМВД. Согласно схемам оповещения при угрозе возникновения или возникновении аварийных ситуаций, а также при проведении учений отдел ГО, ЧС и МП осуществляет оперативное взаимодействие с ФГУП «СКЦ Росатома», территориальными службами и силами постоянной готовности через дежурных по институту – инженеров отдела И. Ю. Макарову и А. В. Пудову.

Выполняемые мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, усилению пожарной безопасности института дают свои положительные результаты. За последние 20 лет аварий и пожаров на территориях объектов ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина» не допущено.

Опыт и знания ветеранов отдела передаются действующим сотрудникам. Первый начальник отдела ГО, ЧС и МП И. А. Черница по настоящее время курирует отдел, продолжая трудиться в ДР НПБ «ЯОК» Госкорпорации «Росатом» (г. Москва). Экспертом в вопросах ГО, предупреждения и ликвидации ЧС является В. Я. Белых, посвятивший работе в отделе 20 лет. Существенный вклад в становление отдела внесли: П. П. Голощапов, Н. Е. Слободенюк, А. Т. Волосенков, В. М. Тезиков, В. И. Назаров, Ф. Д. Бровкин, Б. К. Антипов, Л. Н. Кондратьева, И. А. Лукьяненко, В. М. Рыбников, Ю. Н. Храмов, Р. П. Кайгородова, В. Ф. Мещеряков, В. Н. Завьялов, В. Ф. Ковалев, С. И. Граменков, Т. И. Кочкина, П. П. Викулов.



Отдел ГО, ЧС и МП, выполняя мероприятия по направлению своей деятельности, стоит на передовых позициях в области защиты пер-

сонала, населения и территорий ЗАТО г. Снежинск от угроз природного и техногенного характера.

### 3.4. Обеспечение жизнедеятельности: энергетика, транспорт, связь, материально-техническое снабжение

Работа цехов и служб, обеспечивающих производственную деятельность ВНИИТФ, неразрывно и тесно связана с жизнью всего института. Без энергетика, транспорта, связи и материально-технического снабжения невозможно функционирование никакого, а тем более крупного предприятия. Руководство и координация деятельности указанных служб входят в круг обязанностей заместителя директора по общим вопросам.

#### *Энергетика, транспорт, связь*

Образованные в 1955–1960 гг. цеха и службы института и действовавшие как подразделения ВНИИТФ, в 1998 г. были объединены в отделившееся от него унитарное предприятие «Трансэнерго». После пяти лет автономной деятельности это предприятие вновь вошло в состав института.

Основные виды деятельности обеспечивающих подразделений связаны с предоставлением коммунальных услуг, услуг транспорта, связи и энергоснабжением градообразующего предприятия и города.

Транспортные цеха осуществляют различные виды перевозок и работ: пассажирские, грузовые, специализированные и специальные, ремонтные, железнодорожные. Свое начальное

развитие они получили в 1955–1957 гг. на базе транспортной службы Лаборатории «Б». На баланс института было передано 20 автомобилей и небольшой железнодорожный тупик на ст. Касли. С февраля 1956 г. было открыто автобусное сообщение с г. Свердловском, а со второй половины 1957 г. стали регулярными пассажироперевозки, в том числе и арендованными автобусами Свердловского автопарка. В августе 1956 г. в институте был создан транспортный отдел. Основной задачей этого отдела была доставка грузов, поступающих в адрес института по железной дороге на ст. Касли. С 1958 г. были начаты специальные железнодорожные перевозки грузов на испытательные полигоны.

В начале 1963 г. железнодорожные службы института и строителей объединились в железнодорожный цех. С этого времени в течение примерно года курсировали пассажирские прицепные вагоны от станции Озерная на Москву и обратно. К 1965 г. цех уже имел около 100 км железнодорожных путей. На подъездных путях было 6 станций: Маук, Касли, Пургино, Лесная, Сортировочная и Озерная. Погрузочно-разгрузочные работы в основном были механизированы, и начаты работы по переходу на тепловозную тягу. В 1980 г. в состав железнодорожного цеха вошли центральные склады института,

Основные показатели работ цеха

	2009 год	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год
Локомотивы, шт.	–	–	–	–	–	–
Тепловозы, шт.	5	5	5	5	5	5
Вагоны, шт.	7	7	7	7	7	7
Перевезено грузов, млн т	0,131	0,133	0,139	0,167	0,133	0,136



погрузо-разгрузочный участок отдела рабочего снабжения и база металлолома.

Летом 1957 г. ввиду неудовлетворительного состояния автомобильных дорог, было решено организовать регулярное воздушное сообщение между городом и аэропортом Уктус Свердловска. Для этого был построен аэродром с посадочной площадкой, приобретен 10-местный самолет АН-2 и сформирован экипаж из числа летного состава 123-го авиаотряда Уральской отдельной авиагруппы воздушного флота. До 1963 г. АН-2 летал шесть дней в неделю, совершая по 7 рейсов в день.

Железная дорога была и остается неотъемлемой частью производственной деятельности института и жизни города. Сегодня в железнодорожном цехе трудится 160 человек.

Основными задачами цеха являются:

- ◀ выполнение работ основного производственного цикла института по обеспечению безопасности движения при транспортировке спецматериалов и специзделий железнодорожным транспортом;
- ◀ погрузочно-разгрузочные работы и обслуживание спецгрузов согласно технологическому процессу работы железнодорожного цеха;
- ◀ обеспечение поддержания технического состояния специальных транспортных средств и подъездного пути на уровне, обеспечивающем соблюдение в полном объеме требований транспортной безопасности в рамках государственного оборонного заказа.

Для выполнения этих задач цех участвует в выполнении программы энергосбережения, проводится реконструкция наружного освещения цеха, по плану техперевооружения проводится обновление основных фондов согласно титулу ремонтов основных фондов цеха. Проводятся ремонты железнодорожных путей, зданий и сооружений цеха, а также согласно планам ремонтов подвижного состава проводятся ремонты тепловозов, вагонов и прочего подвижного состава. Данные мероприятия направлены на соблюдение безопасности движения и выполнение плановых показателей работы по выполнению гособоронзаказа.



Коллектив железнодорожного цеха, 2010 г.



Все сотрудники цеха, как давно работающие (В. И. Анисеев, А. И. Гончаров, М. А. Авдеев, Т. В. Хомякова, В. П. Яловой и Л. В. Халдина), так и молодые руководители и передовики производства (мастера участка А. В. Шестериков и Е. Н. Петров, инженер по охране труда И. Г. Паршукова, машинист тепловоза Д. А. Кротов) достойны уважения и благодарности за свой труд.

Энергоресурсное обеспечение института осуществлялось четырьмя цехами.

Цех водоснабжения и водоотведения образован в ноябре 1957 г. для обеспечения населения города и института питьевой водой и отведения сточных вод. Первоначально цех обслуживал одну водопроводную насосную станцию производительностью 8640 м<sup>3</sup>/сут и одну канализационную. Протяженность наружных сетей составляла: 19,3 км – водопровод; 5,5 км – канализация. В настоящее время в обслуживании цеха находятся: 13 водопроводных насосных станций; фильтровальные станции общей проектной производительностью 68000 м<sup>3</sup>/сут; очистные сооружения канализации общей проектной производительностью 33796 м<sup>3</sup>/сут; водонапорная башня; 9 насосных станций перекачки сточных вод; наружные сети протяженностью: 212,6 км – водопровод, 175,2 км – канализация.

Цех теплоснабжения образован в декабре 1956 г. для обеспечения потребителей горячей водой и паром. С начала образования цеха мощность котельных составляла 90 Гкал/ч, а протяженность тепловых сетей – 112,6 км в одноструйном исчислении. Первоначально котельные работали на угле. С 1961 по 1973 гг. был осуществлен перевод на жидкое топливо – мазут, а к 1972 г. – на природный газ. В 2004 г. общая мощность котельных и бойлерных составляла 410 Гкал/ч, протяженность тепловых сетей возросла до 264,8 км. В 2005 г. введена в строй новая котельная мощностью 360 Гкал/ч.

Цех газоснабжения образован в 1959 г. для газификации жилых домов и других потребителей индивидуальными и баллонными установками сжиженного газа с перспективой перехода на природный газ. Газораздаточная станция и первый газопровод высокого давления до городской котельной протяженностью 5,6 км введены в эксплуатацию в 1965 г. Пуск природного газа в первый жилой дом осуществлен в 1968 г. К 1970 г. закончен перевод жилых домов и детских учреждений на природный газ. В настоящее время общая протяженность газопроводов составляет 109,4 км, газораспределительных пунктов – 8 шт.

Цех электросетей и связи создан в 1955 г. для обеспечения строящегося института электроэнергией и связью. В настоящее время на обслуживании цеха находятся: 4 главные понизительные подстанции, 225 трансформаторных подстанций, 13 распределительных пунктов; протяженность линий электропередач составляет: 129,6 км – кабельные линии 0,4 кВ, 242,0 км – кабельные линии 10 кВ, 115,7 км – воздушные линии 10 кВ, 404,8 км – кабели связи и сигнализации. Установлено более 16 тыс. телефонов.

Службы обеспечения жизнедеятельности в последние годы подвергаются перестройке. Это связано с проводимыми в стране реформами экономики и управления. Часть функций обеспечивающих подразделений передается от градообразующего предприятия муниципалитету, некоторые учреждения акционируются. Так произошло и со службами энергообеспечения: они входят в ОАО «Трансэнерго», соучредителями которого являются РФЯЦ – ВНИИТФ и Администрация Снежинского городского округа.

Но руководство института твердо стоит на позиции, что никакие текущие и грядущие изменения в этой области деятельности не должны снижать возможности автономной и безаварийной работы основного производства и его радиационно и ядерно опасных участков.



### *Материально-техническое снабжение*

Одной из важнейших функций служб обеспечения жизнедеятельности является материально-техническое снабжение.

Отдел МТС был сформирован на базе отдела снабжения Лаборатории «Б» сразу же с началом формирования НИИ-1011. Отдел располагался на площадке 21 в здании 3 в двух небольших комнатах. Материально-техническим обеспечением занимались 9 сотрудников, из них 6 ИТР и 3 кладовщика.

Затем, по мере расширения тематики института, уточнения и обновления номенклатуры требуемых изделий внешней поставки (ИВП), отдел нарастил свой кадровый состав и обзавелся мощным складским хозяйством: были построены новые и перепланированы старые складские помещения, установлены новые стеллажи, внедрена механическая погрузка.

В период 1955–1985 гг. действовала система плановых годовых заявок; для оборонных предприятий ИВП поставлялись по особому Постановлению Совета Министров. Качество изделий контролировалось военными представительствами Министерства обороны. Обязательность и оперативность поставок в большинстве случаев не вызвали нареканий. Вспоминая те времена, директор института Г. П. Ломинский говаривал: «Не успеешь подумать – уже везут!».

С началом перестройки многое изменилось.

В 1985–1990 гг. обеспечение материально-техническими ресурсами института, его подразделений, городских служб, совхоза «Береговой» осуществлялось в условиях проведения экономической реформы, направленной на переход экономики СССР к регулируемому рынку. В первую очередь речь шла об отказе от принципа централизованного распределения материально-технических ресурсов и переходе на прямые связи изготовителей и потребителей продукции. В условиях сокращения объемов централизованно распределяемых ресурсов обеспечение института всеми необходимыми

материалами и оборудованием стало главной и наиболее сложной задачей отдела.

С распадом СССР многие поставщики оказались в ближнем зарубежье и либо изменили свой профиль, либо перестали существовать. Понадобилось найти новых поставщиков, установить новые связи. К этому добавились трудности поставки нетрадиционных изделий, необходимых для конверсионных разработок.

Последнее десятилетие характерно внедрением системы конкурсных закупок и нарастанием объема импорта. Пришлось вводить в структуру отдела МТС соответствующие группы – по проведению конкурсов и таможенного оформления внешнеэкономической деятельности.

В 2012 г. в отделе было 128 сотрудников: 34 – специалисты, 15 – руководящие работники, 69 – рабочие, 7 – служащие. Существуют 22 функциональные группы по обеспечению материально-техническими ресурсами, группа комплектации и перепроверки ИВП и ЭРИ, планово-экономическая группа, представительства в г. Екатеринбурге и г. Челябинске. В структуру отдела снабжения входит также складское хозяйство.

В конце 2012 г. было принято решение о разделении отдела на два, один – с задачами по своевременному и комплексному обеспечению подразделений института всеми ресурсами, необходимыми для их производственной деятельности (начальник отдела – К. Н. Петров), и другой – с функцией обеспечения оборудованием и материалами строящихся объектов и выполнения договорных работ (начальник отдела – А. В. Елизарьев).

Из руководителей – ветеранов и ныне работающих в службах обеспечения жизнедеятельности института – необходимо отметить следующих: В. Х. Акимиров, Б. Н. Батанов, В. Г. Васильев, С. А. Голубев, А. А. Горюшкин, С. Н. Гостюнин, А. Т. Дёмкин, В. Н. Зацепин, Ф. С. Калачиков, А. С. Карбовский, А. Р. Катаев, В. Н. Кондратьев,



Ф. М. Костырев, А. И. Красножен, Б. Н. Майоров, М. И. Макаров, А. А. Мигунов, А. В. Опланчук, К. Е. Савельев, В. И. Сарычев, В. П. Томарев, П. Я. Усиков, Б. В. Черничин, К. Н. Петров,

А. В. Елизарьев, Н. Е. Полудеткин, Е. В. Егоров, П. Г. Жвакин, А. Л. Зашук, Е. В. Скворцов, Ю. И. Моссаковский, М. А. Игнатенков, В. В. Леонов, А. А. Педяш.

### 3.5. Конверсия и диверсификация. Состояние и перспективы

#### *Обзор конверсионных разработок*

Прекращение ядерных испытаний, резкое снижение объемов государственного оборонного заказа, начавшиеся постепенные процессы реформирования экономики России – всё это вместе с особыми условиями деятельности ядерного центра в ЗАТО серьезно осложнило финансовое и кадровое положение института к началу самого трудного периода его истории (1992–1999 гг.).

Нужно было научиться работать и выживать при всеобщем безденежье и развале традиционных связей со смежниками. Наряду с экономической потребовалась и психологическая перестройка научных и производственных коллективов.

В это время (1990–1995 гг.) призывы органов исполнительной власти выживать за счет конверсии со стороны государства ничем не подкреплялись. Многие отрасли промышленности и, в особенности, оборонной были «пущены в свободное плавание» и вынуждены были как утопающие заниматься своим спасением сами, пытались методом проб и ошибок найти новые экономически и социально выгодные места приложения своих сил.

Только с 1995–1996 гг. в бюджете Минатома появились ощутимые объемы целевых финансовых средств на проведение конверсионных разработок предприятиями отрасли. До этого времени разработки носили инициативный поисковый характер и из-за мизерного финансирования продвигались черепашими темпами.

Предлагавшиеся наукоемкие разработки (все-таки ВНИИТФ – это научно-исследователь-

ская организация) требовали предварительного проведения НИР и, естественно, их финансирования.

Потенциальные заказчики в предварительных НИР не были заинтересованы. В тех случаях, когда можно было бы воспользоваться имеющейся документацией и после ее непродолжительной доработки перейти к производству требуемой продукции, заказчик оказывался неплатежеспособным и дело останавливалось. Ярким примером такой ситуации является заказ ЮУЖД по техническому совершенствованию таких операций, как контроль состояния пути, взвешивание вагонов без остановки, восстановление штатного положения грузов, экологически и экономически приемлемое удаление лакокрасочных покрытий при капитальных ремонтах вагонов, который так и не был выполнен из-за финансовых трудностей заказчика. Работы прекратились на стадии составления ТЗ.

Похожая ситуация была и с медицинским оборудованием, которое институт мог разработать и изготовить, но медицинские учреждения, стремящиеся его получить, не могли его оплатить.

Попытки создать так называемое «отверточное» производство по сборке узлов персональных компьютеров также потерпели фиаско: не было опыта серийного производства, не было соответствующей технологической культуры, да и не было оборотных средств.

Немаловажными факторами, тормозящими ход конверсии, были давно установившиеся большие накладные расходы и неприспособленная к выпуску серийной продукции



производственная база. Для преодоления отрицательного влияния первого из названных факторов стали заключаться прямые договоры с заказчиками и создавались конверсионные подразделения, отделенные в вопросах финансирования от общих структур института. Влияние второго фактора пришлось минимизировать организацией кооперативных связей с общемашиностроительными предприятиями уральского региона и серийными заводами отрасли.

Если не считать мелкомасштабных конверсионных разработок, проводившихся на уровне заводов, экспериментальных цехов и подразделений, в официально утвержденных конверсионных планах института за период 1990–2005 гг. была всего 31 тема. В таблице (см. стр. 340) темы НИОКР и производства конверсионной продукции представлены в хронологическом порядке начала их разработки.

#### *Выполнение и перспективы проектов конверсии и диверсификации*

К сожалению, не всем планам, перечисленным в таблице, суждено было быть выполненными.

Так, работы по производству оптоволокна и оптоволоконных кабелей (п. 2), поддержанные Министерством и достаточно широко развернутые в институте (было создано специализированное подразделение, сконструирован и смонтирован опытный образец печи для вытяжки волокна, создана кооперация по производству оптоволоконного кабеля) пришлось прекратить в 1997 г. как потерявшие актуальность и экономическую привлекательность. Качество оптоволокна опытных партий уступало качеству импортного и, кроме того, стремительное внедрение мобильной сотовой радиотелефонии привело к резкому снижению спроса на оптоволоконные линии связи.

Созданный и апробированный комплекс по производству технических алмазов (п. 6) обеспечил изготовление опытной партии массой

1,5 т мелкодисперсного алмазного порошка. Однако из-за отсутствия потребителя порошка с реализовавшимися качествами по длительной сохранности размеров зерен в фракциях (слипание частичек и образование конгломератов) эти работы были прекращены в 2000 г.

Разработанная и запущенная в опытную эксплуатацию линия по раскатке автомобильных колес (п. 7), работа которой основана на явлении сверхпластичности материалов, в этом же 2000 г. была демонтирована и продана как не только не дающая прибыли, но и не компенсировавшая затрат на свое создание.

По некоторым темам после завершения этапа НИР этап ОКР не открывался (пп. 12, 29), а по многим темам также из-за прекращения финансирования не были завершены начатые научно-исследовательские работы (пп. 14–23).

Успешно завершены следующие 14 проектов:

- < компьютерный томограф (п. 1);
- < энергоустановка на твердооксидных топливных элементах (п. 3);
- < система сбора и обработки информации (п. 4);
- < газодинамическая схема модульных перфораторов (п. 5);
- < комплекс нейтронной терапии (п. 9);
- < транспортные упаковочные комплекты (п. 11);
- < устройства индикации вмешательства (п. 13);
- < скважинные перфораторы (п. 24);
- < линии товарной обработки яиц (п. 25);
- < оборудование гидроабразивного резания (п. 26);
- < установка по выплавлению тротила (п. 27);
- < металлоритивные мишени (п. 28);
- < МОС-гидридная технология (п. 30);
- < борпропиленовая защита (п. 31).

Разработанный в институте томограф РКТ-01 относится к классу простых и достаточно надежных томографов, применяемых для массовых исследований. Он призван заменить импортируемые образцы. Наиболее важные узлы томографа содержат оригинальные технические решения.





Комиссия Министерства здравоохранения РФ провела технические испытания томографа РКТ-01 и в 2002 г. допустила его к медицинским (клиническим) испытаниям. Опытный образец томографа был установлен в Челябинском областном онкологическом диспансере, где на нем до завершения клинических испытаний были проведены исследования более ста пациентов из различных медицинских учреждений.

По результатам медицинских испытаний томограф РКТ-01 зарегистрирован Минздравом РФ и рекомендован в клиническую практику и для серийного производства.

Разработка РКТ-01 получила одобрение губернатора Челябинской области.

Опытный образец РКТ-01 в Челябинском онкологическом диспансере продолжает успешно эксплуатироваться: на нем проводятся штатные обследования пациентов.

Работы по созданию энергоустановки на твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) ведутся в институте с 1990 г. Технология топливных элементов позволяет более эффективно использовать природные ресурсы и значительно снизить степень воздействия на окружающую среду при производстве энергии.

За последние годы были выполнены следующие технические задачи:

- < создан участок опытно-промышленного изготовления ТОТЭ на производственной площадке 1б, в связи с этим увеличился выпуск ТОТЭ до 5000 шт. в год;
- < в 2007 г. проведены испытания блока батарей на ТОТЭ для определения изменения уровня электрических характеристик при переходе с водорода на синтез-газ, время работы блока батарей составило 2000 часов;
- < в 2008–2009 гг. реализована программа по проведению длительных испытаний блока батарей на ТОТЭ на конвертированном природном газе (метане), время работы блока батарей составило 8800 часов;

- < в 2012–2013 гг. выполнены разработка и изготовление автономного источника тока на основе ТОТЭ мощностью 1,5 кВт для объектов магистральных газопроводов. Этот этап работ был завершен успешными заводскими испытаниями с участием комиссии представителей разработчика и заказчика – ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург».

Научно-исследовательским отделом на протяжении 25 лет руководит кандидат технических наук Владимир Федорович Чухарев. В составе отдела работают квалифицированные специалисты, имеющие большой опыт по этой тематике: В. В. Кулаев, М. В. Гречко, В. Г. Елисеев, И. Г. Туркеев, О. Е. Крылова, С. М. Доросев.

Система сбора и обработки информации (ССОИ) предназначена для использования в составе технических средств охраны опасных и опасных объектов. К 2005 г. в институте было изготовлено и реализовано заказчиком 10 комплексов ССОИ типа «Марс-90» и изготовлен для испытаний и апробации опытный образец более совершенного варианта «Марс-2000».

Оптимизацией схем газодинамических модульных перфораторов и внедрением малогабаритных кумулятивных скважинных перфораторов в практику нефтегазодобывающей промышленности институт занимается с 1990 г.

Концепция модульных извлекаемых перфораторов не имеет аналогов в мировой практике. ВНИИГФ разработал и передал в серийное производство пять конструкций кумулятивных перфораторов для нефтегазодобывающей промышленности, не уступающих по своим характеристикам зарубежным аналогам. Перфораторы адаптированы к современным технологиям вскрытия пластов в условиях агрессивных сред, в наклонных и горизонтальных скважинах, защищены патентами на изобретение, имеют сертификаты, медали, дипломы международных выставок.

Уникальный шарнирный способ соединения модулей позволяет собирать гирлянду перфораторов длиной до 600 метров. Достигнуть



### Проекты конверсии 1990–2005 гг.

№ № п/п	Тема разработок и производства конверсионной продукции	Ведущее подразделение	Плановые сроки
1	2	3	4
1.	Разработка и организация промышленного выпуска рентгеновского компьютерного томографа для медицинского исследования головы и тела человека	НИО-9	1990–2005 гг.
2.	Производство оптоволокна и оптоволоконных кабелей	Специальное подразделение	1990–1995 гг.
3.	Разработка энергоустановки (ЭУ) мощностью 1,5–5 кВт на твердооксидных топливных элементах	НИО-11, подр. 710	1990–2005 гг. 2005–2013 гг.
4.	Разработка, изготовление системы сбора и обработки информации (ССОИ) «Марс-90», «Марс-2000»	Подр. 530	1990–2005 гг.
5.	Разработка и оптимизация гидродинамических схем модульных перфораторов. Разработка КД и подготовка опытных образцов	Подр. 630 НКО-6	1990–2005 гг.
6.	Организация производства по переработке технических алмазов	НИО-4	1993–2000 гг.
7.	Разработка, изготовление, монтаж, наладка, освоение раскатного комплекса Р77-Р7 на линии АЛРД-800 для изготовления дисков автомобильных колес	НКО-8	1993–2000 гг.
8.	Разработка технологических линий для нанесения ионно-плазменных покрытий	НКО-6	1994–2000 гг.
9.	Создание комплекса нейтронной терапии	НИО-5	1995–2005 гг.
10.	Разработка промышленного газового автоматического калориметра непрерывного действия	НКО-8	1996–2003 гг.
11.	Разработка и организация производства транспортных упаковочных комплексов (ТУК) для сухого хранения и перевозок облученного ядерного топлива разных типов реакторов	Подр. 640	1998–2005 гг.
12.	Создание термостойких электрических соединителей для оснащения систем контроля	НКО-8	1999–2001 гг.
13.	Внедрение перспективных типов устройств индикации вмешательства (оптических плаэмб) и устройств их автоматической идентификации	Подр. 640	1999–2003 гг.
14.	Радиационно-стойкое оптоволокно и полужесткая изображающая система на его основе	НИО-5	1999–2003 гг.
15.	Разработка системы контроля аккумуляторных батарей энергетических установок	НКО-8	1999–2003 гг.
16.	Разработка аппаратуры измерения объемной активности нуклидов в малом объеме жидкости	НКО-8	1999–2003 гг.



Окончание таблицы

1	2	3	4
17.	Разработка технологии по повышению стойкости бетонных конструкций за счет применения при строительстве и ремонтных работах специальных гидроизолирующих добавок	Подр. 640	1999–2003 гг.
18.	Разработка мощного генератора нейтронов на основе плазменной газодинамической ловушки	НИО-5	1999–2003 гг.
19.	Разработка методов хранения и переработки монокристового концентрата с целью ликвидации складов хранения радиоактивного монокристового концентрата в ГУ «Уралмоначит» (г. Красноурфимск) и экологическая реабилитация освобожденной территории	Подр. 640	1999–2003 гг.
20.	Разработка методов обследования и проведение анализов загрязненных радиоактивными и токсичными веществами оборудования помещений, зданий и территорий РФЯЦ – ВНИИТФ	НИО-4	1999–2003 гг.
21.	Разработка прецизионных виброчастотных датчиков физических параметров (давления, разности давлений) для оснащения систем контроля	НКО-8	1999–2003 гг.
22.	Разработка пилотной технологии передела плутония оружейного происхождения пирохимическими методами в компоненты топлива для ядерных реакторов	НИО-5	1999–2003 гг.
23.	Разработка, внедрение и развитие автоматизированной системы учета и контроля ЯМ в РФЯЦ – ВНИИТФ, интегрированной с системой физической защиты. Разработка технических средств учета, контроля и физической защиты для ядерно опасных объектов и система государственного учета и контроля	Подр. 530	1999–2003 гг.
24.	Организация серийного производства кумулятивных скважинных перфораторов ПМИ-48 и перфораторных зарядов ЗПК-105М	Завод 1 Завод 2	1999–2001 гг.
25.	Организация серийного производства модульных линий для товарной обработки лиц	НИИК	1999–2002 гг.
26.	Разработка и создание промышленного образца оборудования гидроабразивного резания с рабочим давлением до 200 МПа	НИО-12	1999–2005 гг.
27.	Разработка и изготовление установок по выплавлению и гранулированию тротила из обычных боеприпасов	НИИК	1999–2000 гг.
28.	Разработка современной технологии, изготовление металлургических мишеней для нейтронных генераторов	НИО-5	1999–2001 гг.
29.	Создание инженерных комбинированных запирающих устройств повышенной секретности для хранилищ ядерно опасных объектов	НКО-8	1999–2003 гг.
30.	Промышленное освоение МОС-гидридной технологии выращивания гетероструктур	НИО-5	2000–2003 гг.
31.	Организация производства борпропиленовых защищающих слоев транспортных упаковочных комплексов (ТУК)	Завод 2	2000–2001 гг.



подобной длины сборки не позволяют сегодня другие типы перфораторов как отечественного, так и зарубежного производства.

Модульные перфораторы РФЯЦ – ВНИИТФ обладают существенными преимуществами по сравнению с другими отечественными и зарубежными перфораторами, а именно:

- ← полная заводская сборка;
- ← шарнирный способ соединения модулей между собой;
- ← надежное обеспечение герметичности при спуске в скважины;
- ← высокая надежность передачи детонации от модуля к модулю;
- ← высокая производительность работ при сборке перфораторов на скважине;
- ← высокая гибкость соединения модулей, высокая эргономичность;
- ← высокая прочность соединения модулей;
- ← высокая эффективность вскрытия за счет низкой фугасности и большого объема чистого канала, в ~3 раза превышающего штатные аналоги;
- ← адаптация к современным технологиям вскрытия пластов (вскрытие пластов на депрессии, в условиях агрессивных сред, спуск как на кабеле);
- ← полностью извлекается из скважины после отстрела, не оставляя осколков;
- ← может использоваться в наклонных и горизонтальных скважинах.

В рамках этой темы разработана конструкторская документация на перфораторный заряд и шесть типов модульных перфораторов: ЗПК-105М, ПМИ-48, ПМИ-54, ПМИ-90, ПМИ-90-01, ПМИ-90-02 и ПМИ-90-03.

После пятилетнего периода разработки, монтажа и пробной эксплуатации с 2000 г. в РФЯЦ – ВНИИТФ действует Центр нейтронной терапии, назначение которого – лечение онкологических больных, страдающих резистентными опухолями, то есть опухолями, устойчивыми к воздействию традиционнo ис-

пользуемого в лучевой терапии фотонного излучения, но восприимчивыми к действию нейтронов.

Работы по созданию Центра нейтронной терапии начались при участии Челябинского областного онкологического центра и Администрации Челябинской области. В качестве источника нейтронов использовался генератор быстрых нейтронов НГ-12И, разработанный и изготовленный в НИИЭФА им. Д. В. Ефремова в г. Санкт-Петербурге.

В 1996 г. оборудование центра прошло технические испытания и было введено в эксплуатацию. В течение 1997–1998 гг. проводились предклинические испытания, по результатам которых в 1999 г. было получено разрешение МЗ РФ на клинические испытания. С 2000 г. в Центре нейтронной терапии началась работа по лечению онкологических больных, подтвердившая перспективность нейтронной терапии.

В целях увеличения пропускной способности центра в 2003–2004 гг. была проведена его реконструкция:

- ← модернизирован нейтронный генератор – выход нейтронов увеличен до  $2 \cdot 10^{12}$  н/сек;
- ← адаптирована современная система дозиметрического планирования, позволяющая использовать индивидуальную топометрическую информацию пациента и учитывать гетерогенность биологической ткани;
- ← система клинической дозиметрии оснащена приборами и оборудованием, соответствующими российским и мировым стандартам;
- ← реконструированы помещения центра;
- ← модернизированы процедурный бокс и оборудование для укладки и фиксации пациента. Реализованные мероприятия позволили:
- ← увеличить пропускную способность комплекса со 120 чел/год до 700 чел/год;
- ← значительно повысить уровень гарантии качества лечения;
- ← создать комфортные условия для работы персонала и пребывания пациентов.



С 2005 г. модернизированный Центр нейтронной терапии вновь используется для лечения онкологических больных.

Работы по разработке и организации производства транспортных упаковочных комплектов (ТУК) для сухого хранения и перевозок облученного ядерного топлива разных типов реакторов были начаты в 1998 г.

В 2003 г. был изготовлен опытный образец ТУК для транспортирования и длительного хранения ОЯТ реакторов АМБ в чехлах К-17 Белоярской АЭС, который в 2004 г. успешно прошел комплекс приемочных испытаний и рекомендован к серийному производству. Разработана конструкторская документация на ТУК ОЯТ АМБ в чехлах К-35 Белоярской АЭС и для транспортирования ОЯТ реактора БН-350 Мангышлакского атомного энергокомбината г. Актау, Республика Казахстан. В разной стадии разработки находятся еще ряд ТУК – для ОЯТ исследовательских реакторов, ЭП-6 Билибинской АЭС, ОЯТ ВВЭР-1000 и некоторых других. Для разрабатываемых ТУК институт проводит комплекс расчетно-теоретических и конструкторских работ по переводу ОЯТ с «мокрого» на «сухое» хранение. На данный вид деятельности институт получил соответствующие лицензии.

В 2000 г. работа по разработке ТУК была удостоена премии Правительства Российской Федерации.

На разработанные в институте оптические пломбы и устройства их автоматической идентификации получен патент. Их использование в системах физической защиты ядерных материалов включено в отраслевые стандарты. Конструкторская документация в 2003 г. передана на ФГУП «Приборостроительный завод» (г. Трехгорный), где организовано изготовление этих пломб и идентификационных устройств.

С 1995 г. на заводах № 1 и № 2 ВНИИФ действуют участки по производству кумулятивных скважинных перфораторов ПМИ-48,

а с 1997 г. завод № 2 начал выпускать перфораторные заряды ЗПК-105М. После этапа мелкосерийного производства для нужд одного потребителя (~5 тыс. комплектов в год) институт с конца 1999 г. перешел на серийное производство перфораторов и зарядов к ним для нескольких предприятий нефтегазодобычи Урала и Сибири. В настоящее время изготовление осуществляется по ежегодно заключаемым договорам поставки.

Разработкой и производством яйцесортировальных машин институт занимается с 1991 г.

В то время на птицефабриках России работали в основном машины «Skoda-A6N» производительностью 9000 шт./час. Первоначально по техническому заданию Ленптицепрома в НИИКе был освоен выпуск машин МСЭ-1, которые являлись аналогом машины «Skoda-A6N», но отличались от прототипа тем, что механическая система взвешивания и сортировки в них была заменена более совершенной и точной электронной системой собственной разработки. Эти машины начали поступать к потребителям с конца 1992 г. Всего было изготовлено и реализовано около 100 шт. таких машин. Серийный экземпляр машины МСЭ-1 демонстрировался на выставке «Конверсия – 94», проходившей во Всероссийском выставочном центре (ВВЦ) в Москве весной 1994 г.

После этого было решено проверить возможности института в разработке собственных конструкций. Результатом такой разработки явилось создание машины МСЭ-9. Опыт, накопленный в процессе изготовления МСЭ-1 и при эксплуатации их на фабриках, позволил существенно упростить кинематическую схему новой машины, отказавшись от применения цепного роликового транспортера и механизма пошагового переноса яиц в пользу тросового поводкового транспортера, и свести конструкцию привода к электродвигателю, редуктору и ведомому валу. Впоследствии это техническое решение было защищено патентом РФ.



**Ядерная медицина**







Трудоемкость изготовления, материалоемкость и энергопотребление машин МС2–9 оказались существенно ниже, чем у аналогов той же производительности, а простота конструкции сводила к минимуму необходимое техническое обслуживание. В конце 1994 г. документация на МС2–9 была предъявлена экспертному совету Министерства сельского хозяйства РФ, который рекомендовал начать их серийное производство на базе разработчика. Серийный экземпляр машины МС2–9 был продемонстрирован на ВВЦ в марте 1995 г. на выставке «Фермер-95».

Всего было изготовлено и продано двадцать машин МС2–9. Причиной столь небольшого объема выпуска стала их недостаточно высокая производительность. Проведенные маркетинговые исследования показали, что на рынке ощущается дефицит в таких же компактных, простых и надежных, но более производительных машинах, обеспечивающих сортировку вдвое большего количества яиц. Поэтому, по заказу департамента сельского хозяйства Челябинской области была выполнена разработка новой яйцесортировочной машины МС3-18 с производительностью 18 000 шт./час.

Она вобрала в себя весь положительный опыт создания «девяти тысячных» машин. В ней, так же, как и в МС2–9, применен основной транспортер поводкового типа, значительно упрощающий и удешевляющий кинематику привода, электронные весы, обеспечивающие высокую точность и стабильность результатов взвешивания.

Машины МС3-18 серийно изготавливаются в течение семи последних лет, постоянно модернизируются и пользуются стабильным спросом. За период 1998–2005 гг. выпущено более 70 машин, которые работают на 42 птицефабриках России. В Челябинской, Ленинградской, Пермской, Московской, Ивановской, Пензенской, Вологодской, Костромской, Ростовской, Волгоградской, Нижегородской и ряде других областей, а также в Республике Казахстан, на

машинах МС3-18 ежедневно отсортировывается не по одному миллиону яиц.

В 2009 г. участок производства яйцесортировальных машин выделен в отдельное подразделение.

Во ВНИИТФ на базе отечественного оборудования интенсивно развивается направление по применению гидро- и гидроабразивного резания различных материалов и элементов конструкций под высоким давлением до 200 МПа. Первоначально этот способ применялся как одна из технологий обезвреживания аварийных спецбоеприпасов. В настоящее время в институте функционируют и разрабатываются опытные установки, предназначенные для:

- < безопасной разборки обычных боеприпасов, извлечения из них взрывчатых веществ с последующей их утилизацией;
- < резки твердотопливных ракетных двигателей и удаления из них топлива;
- < очистки от поверхностного радиоактивного загрязнения элементов конструкций (корпуса реакторов, теплообменников);
- < более безопасной разделки нефтегазопроводов без применения газоплазменной резки;
- < раскроя листовых материалов из стекла, каменных плит и тому подобное на фрагменты практически любой конфигурации;
- < санации внутренних поверхностей водоводов с последующей их защитой от коррозии без извлечения труб на поверхность;
- < экологически чистой разделки проката на металлургических производствах.

В последние годы регулярно поступают заявки на использование и/или продажу рабочих комплектов гидрорезки. В институте имеется несколько опытных образцов этого оборудования, которые используются в том числе и для выполнения таких заявок. Продажей образцов институт не занимается.

С 1992 г. институт ведет разработку оборудования для утилизации обычных боеприпасов





и технологии удаления разрывного заряда таких боеприпасов. Проблема утилизации боеприпасов с истекшими сроками хранения возникла в результате их скопления на арсеналах и складах МО РФ. Помимо существенных затрат на охрану и обслуживание, такие хранилища несут в себе потенциальную и возрастающую опасность возникновения взрывов и экологических катастроф.

Первой попыткой была разработка передвижного комплекса утилизации артснарядов калибра 152 мм. Комплекс предполагалось разместить в железнодорожных вагонах. Для формирования и остывания тротильных гранул предполагалось использовать известную технологию охлаждения в воде.

В процессе разработки были выявлены недостатки этой технологии: громоздкость конструкции, слипание гранул в емкости охлаждения, необходимость осушения гранул, загрязнение воды частицами тротила. Поэтому разработка была прекращена и НИИК приступил к созданию оригинальной технологии плавления и гранулирования. Проведенные исследования позволили создать технологию, в которой охлаждение расплавленного тротила и формирование чешуек (гранул) происходит без непосредственного контакта с водой на цилиндрическом кристаллизаторе, при этом отсутствует слипание чешуек и обеспечивается экологическая чистота. На базе этой технологии была разработана и изготовлена модельная установка выплавки и гранулирования тротила, на базе которой был отработан весь технологический процесс и изготовлен стенд выплавки и чешуирования тротила (стенд ВЧТ).

В 1995 г. Федеральным центром экологической утилизации технология утилизации боеприпасов ВНИИТФ была признана наиболее экономически выгодной, безопасной, экологически чистой и не имеющей аналогов в мировой практике.

С использованием стенда ВЧТ была разработана установка выплавки и гранулирования тротила (ВГТ), способная одновременно выплавить тротил из двух снарядов калибров 100 и 130 мм или одного снаряда калибра 152 мм. В 1998 г. ВНИИТФ продемонстрировал работу установки ВГТ представителям ГРАУ МО РФ на арсенале в Пермской области. По результатам демонстрации в ГРАУ МО РФ было принято решение о создании опытного участка утилизации артснарядов с использованием пяти установок ВГТ. В короткие сроки установки и участок были созданы. Приемочная комиссия ГРАУ МО РФ дала положительную оценку работе установок ВГТ.

В 2000–2001 гг., в рамках реализации «Федеральной целевой программы промышленной утилизации вооружения и военной техники на период до 2000 г.», на четырех арсеналах ГРАУ МО РФ были созданы цеха по расснаряжению артиллерийских боеприпасов с использованием установок ВГТ. К настоящему времени на этих установках расснаряжены многие сотни тысяч артснарядов различных калибров.

В 2002 г. были разработаны, а в 2003 г. по договору с «Уральским специализированным центром по утилизации военной техники и вооружений» изготовлены и отправлены заказчику в «Казарсенал» две установки ВГТ повышенной производительности, позволяющие одновременно выплавлять и гранулировать тротил из десяти снарядов калибров 85, 100, 122 и 130 мм или из пяти снарядов калибра 152 мм, а также в других сочетаниях калибров в зависимости от комплектации сменными частями.

В течение трех лет (1999–2001) в физико-экспериментальном отделении был создан участок по изготовлению тонкослойных и титанотритиевых мишеней диаметром до 100 мм для генераторов нейтронов с энергией 14 МэВ. Изготовление мишеней организовано по запросам заказчиков, в том числе и зарубежных исследовательских лабораторий. На регулярной



основе участок поставляется мишени для генератора Центра нейтронной терапии.

С 1996 г. в этом же отделении ВНИИТФ были начаты работы по освоению МОС-гидридной технологии выращивания квантово-размерных (активная область – слои с толщиной 20–80 Å) гетероструктур. Проект производственного участка был разработан к 2000 г., а в 2003 г. участок сдан в эксплуатацию. На германском МОС-гидридном реакторе АИХ 2400 G3/HT производится выращивание структур для изготовления сверхъярких светодиодов. Начаты проектные работы по созданию цепочки производственных участков постэпитаксиального цикла, что позволит создать замкнутую технологию – от выращивания структур до изготовления светодиодов.

Одной из неотъемлемых частей конструкции транспортно-упаковочных комплексов (ТУК – см. выше) является слой радиационной защиты. На заводе № 2 ВНИИТФ в 2000–2001 г. был организован цех по изготовлению защищающих слоев из боропропилена (состав БНС-4 на основе пропилена и нитрида бора), обеспечивающих радиационную безопасность эксплуатации ТУК. Мощность цеха обеспечит изготовление деталей защиты 500 ТУК в год.

Большинство из представленных выше проектов относятся к так называемым конверсионным разработкам, одной из главных целей которых является переключение специалистов и соответствующей инфраструктуры института с оборонной на гражданскую тематику. Но ряд разработок относятся к технологиям двойного назначения и являются примером диверсификации (т. е. расширения) исследований и производства. К таковым можно отнести газодинамические схемы перфораторов, гидроабразивную резку, установки выплавки тротила, металлтригетивые мишени, боропропиленовую защиту.

В настоящее время институт продолжает конверсионные и диверсификационные работы

как на основе успешно завершенных проектов, так и с использованием проектного задела и результатов новых НИОКР.

Отлажено и на постоянной основе действует производство кумулятивных перфораторов, линий сортировки яиц, установок по выплавке тротила, металлтригетивых мишеней.

Ведется разработка установки по выплавке и гранулированию тротила из малокалиберных авиабомб, создаются образцы одномодовых итербиевых волоконных лазеров с накачкой от полупроводниковых лазеров, по индивидуальным заказам изготавливаются передвижные лаборатории экологического контроля окружающей среды, разрабатываются технологии радиационного обеззараживания природных, питьевых и сточных вод, выполняются отдельные заказы по изготовлению методом взрывной сварки крупногабаритных (до 12 м<sup>2</sup>) биметаллических заготовок, обладающих уникальными свойствами.

Из крупных перспективных разработок необходимо отметить следующие: мощный твердотельный частотно-импульсный лазер с диодной накачкой и позитронно-эмиссионная томография. Твердотельный лазер с диодной накачкой планируется использовать в задающем генераторе мощнейшей лазерной установки Искра-6 (проект ВНИИЭФ). В перспективе перевод подобных установок с ламповой на диодную накачку позволит существенно повысить их КПД и сократить габариты.

Анализ возможных путей повышения эффективности лечения злокачественных новообразований, проведенный специалистами РФЯЦ – ВНИИТФ и Челябинского областного онкоцентра, показал, что качественным скачком в этом направлении может быть внедрение в практическую медицину методов ранней точной диагностики. Один из таких методов – метод позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), использующий селективно поглощаемые тем



или иным органом farmпрепараты, меченные позитронно-излучающими ультракороткоживущими изотопами ( $F^{13}$ ,  $O^{15}$ ,  $N^{13}$ ,  $C^{11}$ ).

Проект создания ПЭТ-центра поддержан РАМН, УрО РАН, губернатором Челябинской области, полномочным представителем Президента РФ в Уральском федеральном округе.

Предпроектные проработки, проведенные с учетом опыта эксплуатации Центра нейтронной терапии ВНИИТФ, показали, что оптимальным вариантом структуры ПЭТ-центра является разделение его на две части: лечебно-диагностический комплекс в областном центре, фабрика короткоживущих радиофармпрепаратов – во ВНИИТФ.

Работы над проектом начаты. Его реализация займет не менее 6 лет.

В целом, в разные периоды деятельности РФЯЦ – ВНИИТФ объемы работ по конверсии и диверсификации составляли от 3 до 30 % всех его работ и в критических ситуациях их финансирование оказывало положительное регулирующее действие на экономическое положение института. Ряд начатых в институте разработок вместе с осуществлявшими их коллективами были переданы в ведение муниципалитета.

Некоторые разработки, как уже отмечалось, закончились на этапах НИР и не нашли своего производственного завершения, что явилось следствием ошибочного маркетинга и неучета особенностей деятельности ядерно-оружейного НИИ в условиях закрытого административно-территориального образования.

К 2015 г. РФЯЦ – ВНИИТФ достиг определенных успехов в конверсионной деятельности как по выпуску продукции, оказанию услуг, так и по перспективным разработкам.

Среди выпускаемых товаров и оказываемых услуг следует отметить следующее:

- < расчеты по обоснованию прочности и ресурса работы элементов оборудования АЭС;
- < численное моделирование поведения жидкости в растворных импульсных реакторах;

- < тепловые и аэродинамические расчеты системы вентиляции опорожненных бассейнов выдержки ОТВС;

- < порталный транспортный монитор;

- < переносная система для радиационного обследования местности;

- < устройства индикации вмешательства;

- < проведение курсов лечения онкологических больных в Уральском центре нейтронной терапии;

- < суперЭВМ «Зубр» с производительностью не менее 10 Тфлопс;

- < программно-вычислительный комплекс «Волна»;

- < многоканальный регистратор интервалов времени РУПИ-1014;

- < перфораторы модульные ПМИ54, ПМИ70-02, ПМИ90-06, ПМИ90-07;

- < работы по взрывной резке конструкций из стали и железобетона;

- < автономный источник тока для станций катодной защиты газопроводов;

- < оборудование для гидроабразивного резания;

- < пьезоэлектрические датчики для измерения ударных ускорений;

- < мобильный малогабаритный измерительный комплекс вибрационных и ударных нагрузок РАСК2014;

- < машина яйцесортировочная МС9-24;

- < испытания и исследования радиационной стойкости РЭА и приборов на моделирующих установках;

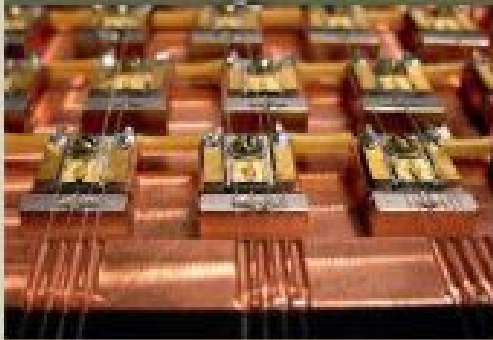
- < изготовление металлоглазанных сплав и деталей из керамики и ряд других товаров и услуг.

В заделе (в стадии НИР) находится несколько новых разработок, по которым одновременно осуществляется поиск платежеспособных потребителей.

Как говорилось выше, институт является единственной в мире организацией, разрабатывавшей специализированные ядерно-взрывные устройства (ЯВУ) для мирных применений.



Лазерные технологии



Производство модульных перфораторов



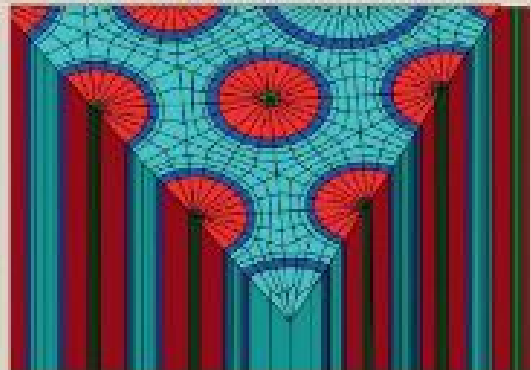
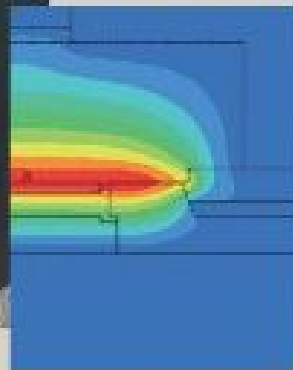


Обращение с радиоактивными отходами

Энергоустановка  
на твердооксидных  
топливных элементах



СуперЭВМ «Зубр» и расчетные технологии





Анализ возможного в будущем экологически безопасного использования апробированных при выполнении советской программы мирных ядерных взрывов «чистых» ЯВУ показал, что такое применение потенциала института может дать существенный эффект в разведке месторождений полезных ископаемых, интенсификации нефтегазодобычи, создании и практическом использовании термоядерной электроэнергетики.

Принципиальное разрешение на проведение мирных ядерных взрывов под эффектив-

ным международным контролем может дать международная конференция по истечении 10 лет со дня вступления в силу Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Это время следует использовать для исправления явно ошибочного решения конца XX века о запрете мирного использования ядерно-взрывных технологий. Диверсификация ядерного центра в этом направлении могла бы принести ощутимую пользу в развитии экономики России.

### 3.6. Специализированные научно-технические центры и лаборатории

В связи с уменьшением объемов работ по государственному оборонному заказу, усилением внимания к вопросам безопасности ядерно-оружейной деятельности и внедрением новых информационных технологий в институте в последнее десятилетие прошлого века произошли соответствующие структурные изменения. Большая их часть связана с начинавшейся конверсией и диверсификацией разработок и производства. Остальные изменения обусловлены необходимостью расширения сферы и некоторых изменений направленности тематических разработок в рамках основной деятельности института. Создание этих центров и лабораторий позволило сконцентрировать силы и средства на решении задач переходного периода и современного этапа развития института.

Ниже в хронологическом порядке (по срокам создания) представлены специализированные научно-технические центры и лаборатории, не входящие в состав традиционных научно-исследовательских, конструкторских, испытательных и производственных подразделений института.

#### *Отраслевой научно-методический центр надзора за специальной безопасностью (ОЦНСБ)*

1 марта 1987 г. образована отраслевая лаборатория надзора за групповой ядерной взрывобезопасностью (ОЛН ГЯВБ). В соответствии с положением отраслевая лаборатория функционально находилась в подчинении 5-го Главного управления Министерства среднего машиностроения (ГУ МСМ) и являлась при нем рабочим органом комиссии по ядерной взрывобезопасности. Методическое руководство выполняемыми лабораторией научно-исследовательскими работами было возложено на первого заместителя научного руководителя – главного конструктора института Б. В. Литвинова.

Положением были определены следующие основные задачи ОЛН ГЯВБ:

- < совершенствование системы обеспечения специальной безопасности (СБ) на всех этапах жизненного цикла ЯБП, разработка критериев СБ, координирование исследований и разработки нормативно-технической документации по СБ;
- < осуществление надзора за функционированием системы обеспечения СБ ЯБП на предприятиях 5-го и 6-го ГУ МСМ;



- ◀ координация работ по выполнению отраслевых и межотраслевых планов мероприятий по обеспечению СБ на предприятиях 5-го и 6-го ГУ МСМ и осуществление связи с организациями других министерств по вопросам выполнения межотраслевых планов по обеспечению специальной безопасности ядерных боеприпасов (ЯБП) и ядерных зарядов (ЯЗ).

Основным принципиальным подходом к выполнению работ ОЛН ГЯВБ было использование методологии системного анализа в решении проблемы обеспечения безопасности ЯБП и ЯЗ на всех стадиях их жизненного цикла – от разработки до снятия с эксплуатации и разборки, а также при ликвидации последствий возможных аварий.

Деятельность отраслевой лаборатории не ограничивалась только вопросами групповой взрывобезопасности и групповой ядерной

взрывобезопасности. Практически с момента создания лаборатория занималась всеми видами специальной безопасности за исключением ядерной безопасности, надзор за которой осуществляла отраслевая лаборатория надзора за ядерной безопасностью при ВНИИЭФ. Это состояние было узаконено в 1988 г. новым положением об отраслевой лаборатории при ВНИИТФ, изменившим и ее название – отраслевая лаборатория надзора за специальной безопасностью ЯБП (ОЛНСБ).

На этапе становления ОЛНСБ была заложена база для разработки новых нормативных документов, регламентирующих обеспечение безопасности ЯЗ и ЯБП, и для формирования предложений по совершенствованию действующих правил обеспечения безопасности ЯО и разработке программ соответствующих исследований. Основной задачей в эти годы для ОЛНСБ



Коллектив ОЛНСБ, 2005 г.



становятся работы над Концепцией обеспечения безопасности ЯО, Положением о Государственной системе обеспечения безопасности ядерного оружия, программой повышения безопасности ЯО и соответствующими государственными стандартами.

В период с 1991 по 1997 г. ОЛНЦБ выполняла роль аналитического и координирующего центра по специальной безопасности, выпустила более 100 научно-технических отчетов, участвовала в выпуске сотен документов, заседаниях рабочих групп, различных комиссий, проводила экспертизы документов. Объективно назрела необходимость преобразования ОЛНЦБ в структуру, которая наряду с определенным расширением контрольно-надзорных функций могла бы эффективно проводить работы аналитического, концептуального и методического плана, не подменяя функции разработчиков ЯЗ и ЯБП, департаментов Минатома России, а в полном с ними взаимодействии.

В апреле 1998 г. было принято решение о преобразовании ОЛНЦБ в Отраслевой научно-методический центр надзора за специальной безопасностью Минатома России (ОЦНЦБ). В настоящее время Центр состоит из 4-х отделов. Направления деятельности первых трех отделов представлены ниже.<sup>\*</sup>

Отдел научно-методических разработок выполняет следующие основные функции:

- < участвует в разработке концептуальных, руководящих и нормативно-технических документов по вопросам обеспечения безопасности;
- < участвует в разработке критериев и показателей безопасности ЯЗ и ЯБП, методов оценки обеспечения безопасности, анализа и оценки риска;
- < осуществляет программное обеспечение работ ОЦНЦБ, разрабатывает базы данных по безопасности, надзору, лицензированию,

разрешительных документов предприятий ЯОК Госкорпорации «Росатом».

- < Отдел надзора за специальной безопасностью при разработке, испытаниях и эксплуатации;
- < участвует в осуществлении отраслевого надзора за обеспечением специальной безопасности при разработке и испытаниях ЯЗ и ЯБП;
- < участвует в проведении гарантийного надзора в воинских частях Минобороны России;
- < проводит анализ конструкторской и эксплуатационной документации на соответствие требованиям нормативных документов в части обеспечения безопасности ЯЗ и ЯБП.

Отдел надзора за специальной безопасностью при производстве ЯЗ и ЯБП:

- < участвует в работе отраслевых комиссий по проверке обеспечения специальной безопасности при опытном и серийном производстве ЯЗ и ЯБП;
- < участвует в проведении инспектирования поднадзорных объектов Госкорпорации «Росатом» Управлением государственного надзора за ядерной и радиационной безопасностью Минобороны России;
- < участвует в проверках выполнения условий действия лицензий на предприятиях Госкорпорации «Росатом»;
- < проводит анализ обеспечения специальной безопасности на предприятиях Госкорпорации «Росатом».

В настоящее время решаемые ОЦНЦБ задачи по-прежнему связаны с продолжающимися разработками и модернизацией ядерных зарядов, ядерных боеприпасов и комплексов ядерного оружия, с надзором за их безопасностью.

С 1987 по 1996 г. Центр возглавлял Г. А. Новиков, с 1996 г. по настоящее время – О. М. Мамаюсов.

Наиболее весомый вклад в работы названных отделов центра внесли: Ю. А. Абрамов, В. Н. Ахлюстин, Н. А. Ахмадуллина, Л. Н. Ба-

<sup>\*</sup> О работах четвертого отдела (лицензирование, сертификация и качество) говорится в части IV.





рышников, Б. А. Ветчинкин, В. А. Гришунин, В. А. Губанов, В. И. Емельянов, Ю. А. Ерохин, В. И. Жуков, О. С. Зимина, А. И. Калустян, В. И. Лашко, Ю. П. Лысенко, О. М. Мамаюсупов, М. И. Майоров, Н. И. Матвеев, Н. Н. Медведева, О. Н. Мелехина, В. И. Механцев, Н. П. Миненков, С. М. Минов, Ю. В. Натаров, В. П. Нечаев, Н. И. Пашков, В. С. Петрачков, Н. Н. Пироженко, С. Л. Путникова, Ю. И. Романиков, А. В. Сарычев, В. И. Трубин, М. Б. Тимошенко, С. Г. Фадеев, А. М. Харитонов, В. А. Чеботников, А. И. Ушаков, А. С. Шмаков, В. А. Щитинин, В. А. Щукин.

#### *Центр системных исследований и разработок*

Центр системных исследований и разработок был образован в ноябре 1992 г. на базе отдела 101, входившего в НКО-10.

Основными задачами подразделения 230 были определены:

- < анализ тенденций развития военно-стратегической обстановки в мире, оценка их влияния на перспективы развития ЯВ;
- < подготовка предложений по программам ядерных вооружений;
- < разработка и освоение математических и компьютерных моделей оценки эффективности ЯО;
- < исследование вопросов нераспространения ЯО;
- < исследование условий стратегической стабильности.

Начальники ЦСИР: 1992–2000 гг. – Р. И. Возшок, 2000–2009 гг. – Н. Ф. Рубаненко, с 2013 г. – А. В. Смирнов (2009–2013 гг. – и. о. начальника).

В настоящее время в ЦСИР работает 12 человек.

Сотрудники ЦСИР привлекаются к работам по разработке международных соглашений в области сокращения ядерных вооружений (СНВ), нераспространения ядерного оружия.

В различное время в ЦСИР готовились материалы, основанные на результатах исследований современных тенденций состояния и развития ядерных вооружений, для «Основных положений военной доктрины РФ», к проекту Концепции Российской Федерации по проблемам нераспространения ядерного оружия, концепции транспарентного демонтажа сокращаемых ЯБП, для докладов в Совет Безопасности Президента РФ и для НТС Минатома (ныне ГК «Росатом»).

На постоянной основе в ЦСИР ведутся исследования эффективности различных вариантов боевого оснащения РК СН РФ в различных условиях, в том числе при развертывании противником ПРО (исследования по эффективности средств и мер противодействия ПРО).

В конце 1980-х – начале 1990-х гг. началось международное сотрудничество российских ядерных центров с американскими национальными лабораториями США.

ЦСИР участвует в работах по международным контрактам с оружейными лабораториями США с 1995 г.

В 1995 г. в г. Снежинске был проведен первый российско-американский семинар «Контроль за ядерными вооружениями и нераспространением ядерного оружия».

Существенный толчок развитию сотрудничества между американскими оружейными лабораториями и российскими ядерными центрами дало подписание Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Соединенных Штатов Америки по обмену технической информацией в области сохранности и безопасности ядерных боеприпасов от 16 декабря 1994 г. и продленного позднее до 1 июня 2005 г. (Программа WSSX). Целью этого Соглашения являлось повышение сохранности и безопасности как самих ядерных боеприпасов, так и материалов, входящих в них, в обоих государствах путем выполнения скоординированных процедур обмена технической информацией.



Во ВНИИТФ в рамках этого Соглашения работали многие подразделения института. ЦСИР был определен в качестве головного подразделения по реализации программы WSSX в институте.

В рамках этой программы ВНИИТФ сотрудничал с Сандийскими национальными лабораториями, Ливерморской национальной лабораторией им. Лоуренса, Лос-Аламосской национальной лабораторией, Ок-Риджской национальной лабораторией, Северо-Западной тихоокеанской национальной лабораторией и заводами «Пантекс», Y-12, а также с российскими научно-исследовательскими институтами и МО. По программе WSSX в г. Снежинске при непосредственной подготовке и организации ЦСИР было проведено пять международных семинаров в 1995, 1996, 1997, 2001 и 2004 г.

Основные контракты были заключены по следующим направлениям:

- < концептуальные (гипотетические сценарии демонтажа, гипотетический объект для демонстрации технологий, компьютерное моделирование, ядерная угроза);
- < методы обнаружения (ДМ и ВВ) и измерения (радиационные, спектрометрические, виброакустические);



Вручение диплома на технической Олимпиаде США

- < способы ликвидации деталей и корпусов ЯБП;
- < поставка российских систем, устройств индикации вмешательства для СНЛ и МАГАТЭ.

На технических встречах и семинарах были проведены экспериментальные демонстрации технологий, разработанных в рамках программы WSSX по обеспечению безопасности и сохранности ядерных боеприпасов.

Специалисты ЦСИР как разработчики участвовали в проведении работ по многим контрактам. Работа по контракту «Компьютерное моделирование процесса демонтажа ЯБП» в 2002 г. была удостоена диплома на технической Олимпиаде США.

За 10 лет по Соглашению WSSX проведены работы по 55 контрактам. В рамках этих работ проведены исследования широкого круга вопросов:

- < пути и признаки распространения ЯО;
- < меры транспарентности при проведении демонтажа ядерного оружия;
- < разработка и демонстрация опытных образцов оборудования и различных технологий контролируемого демонтажа;
- < уточнение Руководства по контролю информации, имеющей отношение к ЯО;
- < исследования технических средств, технологии и методы обеспечения сохранности и безопасности ядерных боеприпасов;
- < разработка и демонстрация оборудования для радиационных и нерадиационных технологий;
- < технические средства противодействия терроризму.

Кроме того, ЦСИР участвовал в работах с международными организациями, в частности с МАГАТЭ.

В начале 1994 г. МАГАТЭ обратилось в Минатом с предложением включить в российскую программу научно-технической поддержки гарантий МАГАТЭ задачу, касающуюся контроля окружающей среды, с целью выявления незаявленной ядерной оружейной деятельности. Учи-

тывая большой опыт в проведении теоретических и экспериментальных исследований по определению идентификационных признаков неядерных испытаний и изысканию способов контроля таких испытаний, Минатом РФ поручил выполнение данной работы РФЯЦ – ВНИИТФ. Главным подразделением в этой работе был назначен ЦСНР. В создании методологии и проведении экспериментов участвовали НИО-4, подр. 160, отделы 12 и 13.

В результате двухлетних исследований по созданию методологии мониторинга окружающей среды для обнаружения признаков незаявленной ядерной оружейной деятельности удалось сформулировать состав методики монито-

ринга, выявить вероятные признаки неядерных взрывных экспериментов, сформулировать рекомендации по технологиям и процедурам отбора проб, методам анализа проб и необходимой аппаратуре.

Практическая оценка методологии мониторинга, выполненная по результатам обследования территории вблизи экспериментального полигона РФЯЦ – ВНИИТФ, подтвердила правильность заложенных в ее основу принципов, методов, технологических приемов и структуры в целом.

В полевых экспериментах вблизи экспериментального полигона РФЯЦ – ВНИИТФ участвовали специалисты МАГАТЭ.



Делегация Росатома с американскими специалистами перед посещением Падюкского газодиффузионного завода, 1998 г.



В 1997 г. ВНИИТФ был подключен к выполнению работ в рамках межправительственного соглашения о закупке США в России высокообогащенного урана. Предварительно перед поставкой этот уран должен был разбавляться до низкой степени обогащения на российских комбинатах УЭХК (г. Новоуральск), КЭХЗ (г. Зеленогорск), СХК (г. Северск).

Для контроля качества поставляемого урана американскими специалистами была разработана и поставлена на российские комбинаты контрольно-измерительная аппаратура. Контрольная аппаратура в своем составе имеет изотопные источники. ВНИИТФ по контракту с США должен был закупать изотопные источники на российских предприятиях (Обнинск, Димитровград, Маяк), доставлять их на российские комбинаты и устанавливать (демонтировать) в американскую измерительную аппаратуру.

Ответственным за техническую часть этого контракта было назначено НИО-5 – лаборатория под руководством Э. В. Моисеенко, за транспортировку источников – подр. 700, за организационные мероприятия и решение текущих вопросов – подр. 230. Руководителем работ по контракту в целом был назначен Р. И. Вознюк.

На начальном этапе работы по контракту был разработан план выполнения работы в целом, разработаны и согласованы с различными ведомствами технологические инструкции, получены необходимые лицензии на проведение работ. Российские специалисты выезжали в США для ознакомления с американской измерительной аппаратурой.

С 1997 по 2012 г. было закуплено около 449 изотопных источников, произведено 25 установок источников в измерительную аппаратуру на российских комбинатах.

Работы по контракту были завершены в 2013 г.

Специалисты ЦСИР участвуют в исследованиях по реализации инициативы Президента

Российской Федерации В. В. Путина по устойчивому развитию ядерной энергетики с учетом нераспространения ядерного оружия.

В 2009 г. в соответствии с приказом директора института подразделение 230 было подчинено главному конструктору КБ-1 и вошло в состав КБ-1 в качестве самостоятельного подразделения.

#### *Научно-технический центр систем физической защиты, учета и контроля ядерных материалов*

Международное сотрудничество по проблемам нераспространения ядерных материалов началось с подписания «Соглашения между Российской Федерацией и Соединенными Штатами Америки относительно безопасных и надежных перевозок, хранения и уничтожения оружия и предотвращения распространения оружия» от 17 июня 1992 г., которое уточнялось в 1999 и 2002 гг.

В 1995 г. по решению министра Российской Федерации по атомной энергии РФЯЦ – ВНИИТФ подключился к международной программе сотрудничества с национальными ядерными лабораториями США по физической защите, учету и контролю ядерных материалов. Основная цель программы – повышение надежности защиты и учета ядерных материалов на основе внедрения современных технологий и оборудования. Именно физзащита, учет и контроль ядерных материалов являются ключевыми элементами по обеспечению нераспространения ядерных материалов и, следовательно, ядерного оружия.

17 апреля 1995 г. в институте был образован «Научно-технический центр по системам физической защиты, учета и контроля ядерных материалов» – НТЦ СФЗУиК ЯМ, на который возлагались задачи организации выполнения работ, непосредственное исполнение работ по внедрению новых систем физзащиты, учета и контроля ЯМ, координация усилий других подраз-



делений института, привлекаемых к этим работам.

На первом этапе работа в центре была организована по матричному принципу. Затем НТЦ был переведен на штатную основу.

Начальником центра был назначен заместитель директора института Геннадий Сергеевич Цыганков.

Были определены четыре направления работ:

1. Совершенствование физической защиты.
2. Внедрение новейших достижений техники и создание современной системы управления доступом, являющейся неотъемлемой частью системы физической защиты.
3. Внедрение современных технологий в систему учета ЯМ.
4. Внедрение в систему контроля методов неразрушающего анализа ЯМ.

Основными задачами центра стали:

- < разработка концепции совершенствования ФЗУиК ЯМ;
- < освоение новых технологий и приборов;
- < разработка устройств, комплексов и систем ФЗУиК ЯМ и их сертификация;
- < выполнение проектных работ;
- < внедрение устройств, комплексов и систем ФЗУиК ЯМ, включая аттестацию по требованиям безопасности информации;
- < техническое сопровождение внедренных систем и оборудования;
- < разработка учебных курсов и обучение персонала РФЯЦ – ВНИИТФ и других предприятий отрасли Урало-Сибирского региона;
- < выполнение работ по совершенствованию систем ФЗУиК ЯМ на других предприятиях Росатома.

В решении этих задач НТЦ ФЗУиК ЯМ тесно взаимодействовал и продолжает взаимодействовать со службами и подразделениями института, осуществляющими управление ядерными материалами и обращение с ними, а также с войсковой частью, охраняющей объекты.

К настоящему времени выполнены следующие работы:

- < завершена полномасштабная модернизация СФЗ площадки исследовательских импульсных реакторов;
- < создано и успешно эксплуатируется автоматизированное центральное бюро пропусков, обеспечивающее выдачу сотрудникам пластиковых пропусков в течение нескольких минут. При этом необходимая информация о сотруднике поступает на проходные промышленных площадок и зданий;
- < осуществлено внедрение современной системы радиосвязи в институте, являющейся частью СФЗ и предназначенной для обеспечения взаимодействия служб по охране ЯМ, находящихся на территории РФЯЦ – ВНИИТФ;
- < создана, аттестована по требованию безопасности информации и успешно функционирует автоматизированная система учета и контроля ядерных материалов. В этой системе решены вопросы сопряжения с оборудованием штрихового кодирования и электронными весами;
- < создана система измерений для учета и контроля ЯМ, обеспечивающая измерение количественных характеристик ядерных материалов. Проводятся учетные и подтверждающие измерения ЯМ методом взвешивания на электронных весах и методом измерения изотопного (элементного) состава при помощи гамма-спектрометрического оборудования;
- < внедрена методика физической инвентаризации ядерных материалов, основанная на компьютеризированной системе учета и контроля ЯМ и измерениях количества и изотопного состава ЯМ;
- < разработаны так называемые оптические пломбы – устройства индикации попыток несанкционированного доступа к любым объектам, опечатанным ими. Устройства



включают в себя собственно пломбы и их считыватели. Характерной особенностью оптических пломб является трудность, практически, невозможность их восстановления в случае нарушения целостности;

- ◀ создан и функционирует Урало-Сибирский учебно-методологический центр, в частности, создан ряд учебных курсов, проводится обучение персонала СФЗУиК ЯМ института, персонала сил охраны, и ряда предприятий отрасли;
- ◀ подразделение участвует в реконструкции системы физической защиты на КПП городской контролируемой зоны ЗАТО. В частности, выполнены работы по внедрению системы цифрового видеонаблюдения, компьютеризированной системы прохода по постоянным и разовым пропускам. В будущем запланированы работы по внедрению систем радиационного мониторинга на автомобильном и людском КПП, а также по замене системы сбора и обработки информации (ССОИ) для охраны периметра.

Приобретя опыт работ, РФЯЦ – ВНИИФ силами НТЦ СФЗУиК параллельно с работами на своих объектах осуществил внедрение ряда своих разработок на другие предприятия: УЭХК (Новоуральск), БАЭС (Свердловская обл.), ЛАЭС (Ленинградская обл.), ГНЦ ВБ «Вектор» (Новосибирск).

Не преуменьшая важности других работ, следует подчеркнуть значимость работ на Ленинградской АЭС. В двух словах, это – автоматизированная система отслеживания разделки в «горячей камере» высокорadioактивного отработавшего ядерного топлива, размещение его в специальные маркированные капсулы с последующим размещением этих капсул в контейнеры, и транспортировка последних в специальное хранилище под Красноярском.

Особо следует отметить разработку в институте силами специалистов НТЦ СФЗУиК ЯМ современной системы сбора и обработки

информации «МАРС-2000», которая обеспечивает:

- ◀ интеграцию подсистем охранной сигнализации, оперативной связи, управления доступом, оптико-электронного наблюдения и радиационного контроля;
- ◀ возможность подключения любых устройств управления доступом, средств обнаружения, исполнительных устройств;
- ◀ высокую надежность, достигаемую за счет резервирования компонентов системы;
- ◀ возможность подключения специализированного оборудования: охранных терминалов для участков периметра, площадок, зданий и помещений, автоматизированной системы контроля хранения и выдачи пеналов с ключами.

В настоящее время система «МАРС-2000» сертифицирована и проходит опытную эксплуатацию на объектах института.

Фактически институт выполнил задачу перехода на современные технологии физзащиты, учета и контроля ЯМ, и сейчас задачей НТЦ СФЗУиК ЯМ и других служб является поддержание работоспособности соответствующих систем. Естественно, ни одна система не делается раз и навсегда, поэтому второй, помимо поддержания работоспособности, задачей является модернизация систем ФЗ УиК на основе новых технологий и приборов.

К настоящему времени в институте сформировался высококвалифицированный коллектив специалистов в области СФЗУиК ЯМ.

В разное время подразделение возглавляли Г. С. Цыганков, А. М. Карпов, В. И. Зуев, С. В. Гаммоля, В. Н. Муреев. Каждый из руководителей оставил свой след в становлении и развитии подразделения, но основополагающая роль, конечно, принадлежит основателю, первому руководителю и идеологу Г. С. Цыганкову. Ключевыми фигурами по внедрению современных технологий и устройств в систему ФЗ УиК ЯМ являются: В. В. Белов, В. Ф. Бокарев,



С. В. Бокарев, Д. В. Букин, С. В. Гагаринов, В. А. Геннх, Л. Н. Давыдов, К. Б. Домрачев, В. А. Емельянов, В. В. Казанцев, А. А. Корнеев, В. П. Лузганов, Я. П. Лысенко, В. Н. Муреев, В. А. Подгорнов, С. В. Чернышев, Ю. И. Чуриков, А. В. Шадрин.

*Отдел международных связей  
и научно-технического сотрудничества*

После первых контактов сотрудников института с зарубежными коллегами в 1988–1994 гг. международное сотрудничество в институте начало набирать обороты, соответственно в управлении для решения новых организационных вопросов был создан отдел под руководством О. В. Бурякова, который в 1995 г. был преобразован в Научно-технический центр международного сотрудничества и информационных технологий под руководством заместителя директора по международному сотрудничеству Б. К. Водолаги.

Основными задачами НТЦ МСИТ являлись:

- < развитие сети электронной почты;
- < методическое обеспечение работ с МНТЦ;
- < прием иностранных делегаций;
- < оформление зарубежных командировок сотрудникам института;
- < подготовка и проведение всех конференций и совещаний, семинаров и визитов, проводимых как в системе министерства, так и международных;
- < видео и фотосъемка работ, проводимых как в подразделениях института, так и в местах проведения испытаний специзделий, и создание видеофильмов.

Выполнение этих задач обеспечивали следующие структурные единицы центра:

- < научно-исследовательский отдел телекоммуникационных и информационных сетей (начальник – кандидат физико-математических наук С. А. Петунин);
- < лаборатория международных научно-технических связей (В. А. Марусин);

< группа переводов (Л. С. Талантова);

< группа по обслуживанию технических средств обучения и информационного обеспечения конференций и совещаний (Ю. К. Ногин).

Отдел С. А. Петунина занимался развитием телекоммуникаций для РФЯЦ – ВНИИТФ и г. Снежинска. Миссия отдела изначально заключалась во внедрении интернет-технологий. Уже в 1992 г. РФЯЦ – ВНИИТФ был первым среди оружейных предприятий Минатома подключен к электронной почте. В конце 1990-х гг. отдел сконцентрировал свои усилия на развитии сетевой и интернет-инфраструктуры в институте и г. Снежинске и начал строительство открытой корпоративной мультисервисной сети ВНИИТФ. В это время были проложены первые волоконно-оптические каналы в городе (1997), освоены новейшие технологии связи ADSL (1998) и WirelessEthernet (1998). Были созданы веб-сайты РФЯЦ – ВНИИТФ (vniitf.ru) и Снежинска (snz.ru). В 2000 г. ВНИИТФ получил лицензию на предоставление услуг Интернет и стал городским провайдером.

Деятельность других подразделений НТЦ МСИТ связана с оформлением заграничных командировок сотрудников института, приемом иностранных и российских делегаций, организацией и проведением конференций, семинаров, учебных курсов, методическим обеспечением работ с зарубежными партнерами. За время работы НТЦ МСИТ было принято 515 иностранных делегаций (1908 участников), 2005 делегаций института выезжали за рубеж, проведены десятки международных и всероссийских конференций. В 1994–1995 гг. Ю. К. Ногиным была осуществлена видеосъемка уничтожения последнего ядерного заряда на Семипалатинском полигоне. Специалистами группы создано более 100 видеофильмов и репортажей как по основной тематике, так и по истории института и города. С мая 1996 г. по декабрь 2008 г. выпускался ежемесячный информационный сборник НТЦ МСИТ «Курьер». Сотрудники



центра участвовали в оформлении экспозиций и подготовке информационных материалов для нескольких престижных выставок в Москве, Шанхае, Дели, Екатеринбурге, Челябинске. Ряд представленных на них экспонатов были отмечены наградами.

В 2008 г. в жизни института акценты стали смещаться в сторону расширения работ по ИТ-инфраструктуре и уменьшения объема работ по международному сотрудничеству. В связи с этим была проведена реструктуризация ИТЦ МСИТ: отдел телекоммуникационных и информационных сетей вошел во вновь созданное подразделение информационных технологий под руководством С. Н. Бижова, переводчики были переведены в структуру ОНТИ, и 1 марта

2009 г. был создан отдел международных связей и научно-технического сотрудничества во главе с Л. С. Талантовой.

В состав отдела вошли информационно-издательская группа, ранее работавшая в ОНТИ, группа оформления и организации мероприятий и группа технического и фото-видео обеспечения. Изменилась и сфера функциональных задач отдела.

Традиционные работы по методическому обеспечению международного сотрудничества были дополнены большой работой по организации крупных научных конференций и семинаров. Так, международные конференции «Забабахинские научные чтения» с 2010 г. ставили все новые рекорды по числу россий-



Отдел международных связей и научно-технического сотрудничества, 2014 г.

Слева направо, 1-ряд: А. В. Чесноков, Т. Ю. Евсеева, Л. С. Талантова, Т. Б. Прихина, И. Е. Ядрищева, Ю. К. Ногин;  
2-й ряд: Б. В. Сорочкин, А. С. Карачинский, А. В. Беликов, Е. Ю. Толочек, Т. В. Кузнецова, В. Ф. Терешенко,  
О. В. Завьялова, Н. Н. Шувалова, С. С. Кочубей, А. Б. Нечаева, С. А. Видякин





ских участников, что все больше усложняло логистические задачи, задачи документального сопровождения и технического обеспечения. С первыми при поддержке всего отдела успешно справлялись Т. Ю. Евсеева и В. Ф. Терещенко, со вторыми А. Б. Нечаева и Л. Т. Емельянова, а с третьими Ю. К. Ногин и А. С. Карачинский. С 2012 г. значительно возросло количество рабочих визитов различных российских делегаций в институт, организация которых легла на группу оформления и организации мероприятий под руководством И. А. Петуниной, а позже В. А. Марусина и также на группу Ю. К. Ногина.

Усилиями информационно-издательской группы под руководством Г. В. Казаченковой, а позже Т. Б. Пряхиной на новый уровень была выведена PR-работа в институте. Сотрудники группы участвуют в проведении международных конференций, семинаров, встреч, визитов, оказывая информационную поддержку.

Продолжается книгоиздательская деятельность, начатая редакционно-издательской группой еще в составе ОНТИ: выпущены сборники избранных трудов выдающихся ученых, работавших в РФЯЦ – ВНИИТФ (Л. П. Феоктистов, К. И. Щёлкин, Б. В. Литвинов); воспоминания об основателях и ведущих ученых института (Д. Е. Васильев, В. З. Нечай и Б. В. Литвинов) и очерки истории подразделений (КБ-2 и военно-сборочная бригада); монографии, посвященные отдельным направлениям науки и технологии, разрабатывавшимся в институте (книги Л. И. Шибаршова, В. Д. Кирюшкина, В. Т. Громова, В. В. Шапошникова и др.). Книги можно заказать через сайт института. Заметный вклад в развитие редакционно-издательской деятельности внесли специалисты Т. Б. Пряхина, И. Е. Ядринцева, О. В. Завьялова, Н. Н. Шувалова, Н. И. Потеряхина и В. Б. Литвинов.

Информационно-издательская группа также подключилась к дизайнерской проработке рекламной продукции института для продви-

жения наших изделий на рынке, привлечения молодых и талантливых работников. Для повышения узнаваемости имиджа института совместными усилиями Л. С. Талантовой и Н. Н. Шуваловой был разработан брендбук. Усилиями Г. В. Казаченковой, Е. Ю. Толочек, О. В. Завьяловой, И. Е. Ядринцевой, А. В. Чеснокова был налажен выпуск институтской газеты «Ядерная точка RU», которая отметила пятилетний юбилей в апреле 2014 г. Она рассказывает о новых задачах и проектах Госкорпорации «Росатом», повествует о производственных, общественных и спортивных событиях и успехах института, вспоминает прошлое, описывает настоящее и пытается заглянуть в будущее института. Значительно изменился и сайт института – создана новостная лента, усилено внимание к продукции гражданского назначения, усовершенствован дизайн, тем самым существенно повышен имидж РФЯЦ – ВНИИТФ, как важной составляющей Росатома. Налажено регулярное сотрудничество с проектами «Страна Росатом», осуществляемыми Госкорпорацией «Росатом», что является большой заслугой молодых сотрудников отдела С. А. Лавровой, Т. В. Кузнецовой, А. В. Беликова.

Сотрудники отдела активно включились в работу различных проектов департамента коммуникаций Госкорпорации «Росатом», и во многом взяли на себя функции пресс-службы. Так, группа технического и фото-видео обеспечения под руководством Ю. К. Ногина, а позже С. С. Кочубея регулярно выпускает видеофильмы, ролики и сюжеты, которые демонстрируются по городскому каналу «ОТВ Снежинск», на выставках в качестве рекламных материалов, а также используются в телевизионном проекте «Страна Росатом», который транслируется по Челябинскому областному каналу. В этом большая заслуга С. С. Кочубея, С. А. Видякина и А. В. Чеснокова. Большое значение для всех направлений деятельности отдела имеет работа фотографа Б. В. Сорокина (и архив



П. М. Карпова). Отличные фотографии помогают сохранить память о значимых событиях, интересных гостях и важных моментах, украшают печатную и рекламную продукцию института и используются в видеофильмах.

### *Центр проблем безопасности ядерной энергетики*

Основной задачей подразделения является развитие конверсионных направлений работ ядерного оружейного комплекса для нужд ядерной энергетики и народного хозяйства.

Центр, наряду с основными подразделениями предприятия, выполняет установку Госкорпорации на увеличение доли работ предприятия не связанной с созданием ядерного оружия, то есть выход на рынок высокотехнологичных продуктов различного применения.

В соответствии с концепцией развития предприятия, тематика подразделения должна динамично перестраиваться под текущие и долгосрочные программы корпорации и конъюнктуру рынка.

В настоящее время следующие направления работы подразделения являются основными для обеспечения нужд ядерной энергетики:

- < разработка и внедрение методов обеспечения безопасности при перевозке и хранении отработанного ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных и ядерных материалов, разработка проектной и конструкторской документации на комплекты упаковочные транспортные (ТУК) для длительного «сухого» хранения и транспортирования ОЯТ и различного эксплуатационного и нестандартного оборудования для предприятий ядерного топливного цикла;
- < разработка и внедрение автоматизированных систем оперативно-технического учета и контроля ядерных материалов (АСОТУиК ЯМ) и контроля выполнения технологических регламентов при переводе ОЯТ с «мокрого» на сухое хранение в металлобетонные

контейнеры (МБК) в защитных камерах отделений хранения ОЯТ Ленинградской, Курской и Смоленской АЭС;

- < разработка и внедрение автоматизированных систем учета и контроля (СУиК) ЯМ, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в сухом хранилище ОЯТ ХОТ-2 и опытно демонстрационном центре (ОЦ) ФГУП «ГХК» по переработке ОЯТ.

Среди успешных работ подразделения, выполненных или находящихся в стадии завершения за последний пятилетний период, по первому направлению следует отметить следующие:

- < разработка, сертификация и серийное изготовление шести унифицированных ТУК-84/1, предназначенных для перевозки ОЯТ реакторов АМБ Белоярской АЭС на переработку на ФГУП «ПО «Маяк». Создание эшелона из шести вагонов-контейнеров;
- < разработка и обоснование безопасности (ядерной, радиационной, теплофизической, прочностной) и, как следствие, создание технологии и технических условий перевозки коррозионно-поврежденного ОЯТ АМБ на переработку;
- < разработка, сопровождение изготовления, приемочные испытания опытного образца ТУК-143 для ОБЧ АПЛ типа «Альфа», выполненные в рамках межгосударственного сотрудничества с участием итальянского завода-изготовителя Mangiarotti Nuclear.

По второму направлению необходимо выделить:

- < разработку, сертификацию, изготовление, поставку, монтаж и пусконаладку оборудования, локальных сетей и комплексов программного обеспечения АСОТУиК ЯМ для камер разделки ОТВС реакторов РБМК Ленинградской и Курской АЭС;
- < разработку методов оперативного определения и ликвидации течи в полностью загруженных бассейнах выдержки ОЯТ Ленинградской и Курской АЭС, разработку



конструкторской документации и проектных решений автоматизированных комплексов для реализации данных методов.

По третьему направлению необходимо отметить следующее:

- < разработка, изготовление, поставка, монтаж и пусконаладка оборудования, локальной сети и комплексов программного обеспечения комплекса ККП-1 и аппаратно-программных комплексов АРН-1 из состава СУиК ЯМ и СУиК РВ и РАО зд. 3 ХОТ-2 ФГУП «ГХК»;
- < разработка, изготовление и поставка оборудования, локальной сети и комплексов программного обеспечения СУиК ЯМ и СУиК РВ и РАО зд. 2 ХОТ-2 ФГУП «ГХК»;
- < разработка и поставка программного обеспечения СУиК ЯМ и СУиК РВ и РАО ОДЦ ФГУП «ГХК».

В последнее время интенсивно развиваются работы по автоматизированным системам контроля для обеспечения безопасности ядерного оружия (ЯО) на всех стадиях его производства, хранения и эксплуатации.

Объем конверсионных работ подразделения каждый год растет. Достаточной иллюстрацией этого является факт, что сумма за выполненные за последние пять лет работы по хозяйственным и конкурсам превысила миллиард рублей, при средней численности подразделения 50–60 человек.

Работа подразделения неотрывно связана с расчетными, экспериментальными и технологическими службами института, что позволяет «под ключ» решать самые разнообразные задачи как в области обоснований, так и при испытаниях, изготовлении и сертификации оборудования для ядерной энергетики.

Специалисты подразделения ведут постоянный поиск новых направлений работ, некоторыми из таковых являются:

- < разработка методов диагностики и технических средств обнаружения течей в бассейнах

выдержки ОЯТ, трубопроводах и бассейнах-хранилищах ОЯТ на АЭС;

- < создание новых материалов для нужд атомной энергетики (например, борсодержащие композиты, теплоустойчивая высокоэффективная нейтронная защита и т. д.);
- < разработки приборов и технических средств нового поколения, необходимых при радиохимической переработке ОЯТ, изготовлении ТВЭЛ, кондиционировании РАО (например, влагомеры, датчики веса, контроля герметичности твэлов, уровнемеры и т. д.);
- < перспективная техника наблюдения и охраны (например, кабины смотровые и броневые, средства ПВО для борьбы с низколетающими беспилотными множественными целями и т. д.).



Работа персонала подразделения в защитной камере Ленинградской АЭС по монтажу регистраторов АСОТУиК ЯМ



За последние пять лет в подразделении получены 12 патентов, результаты работы были представлены в 40 докладах, в том числе в 20 докладах на международных конференциях и совещаниях.

До 2011 г. подразделение возглавлял доктор технических наук А. Н. Щербина. В настоящее время в подразделении работает около 60 человек, ключевые специалисты: В. А. Подгорнов, О. В. Анфалова, В. А. Зацепин, В. А. Невзоров, В. Г. Казеев, А. В. Крыванов, Д. В. Устинов, С. И. Юрков, О. П. Агеева, С. В. Гагаринов, А. Н. Пестунов, И. В. Оленин, С. Г. Вагин, С. В. Лякин, Д. В. Туркин, М. А. Петухов. С 2011 г. начальником подразделения является В. С. Краев.

*Научно-исследовательская лаборатория по анализу, систематизации и переводу в электронный вид материалов разработки ЯЗ (подразделение 590)*

Научно-исследовательская лаборатория по анализу и систематизации материалов разработки ядерных зарядов была создана в конце 1996 г. как самостоятельное подразделение института. Ее начальником был назначен заместитель научного руководителя РФЯЦ – ВНИИТФ член-корреспондент РАН (впоследствии академик РАН) Б. В. Литвинов, заместителем – главный научный сотрудник кандидат технических наук (впоследствии доктор технических наук) В. Д. Кирюшкин. С июня 2010 г. лабораторию возглавляет С. В. Стребков.

Идея необходимости изучения архивных материалов о разработке ЯЗ и создания информационной системы о ЯЗ (ИСЯЗ) впервые была высказана академиком РАН Б. В. Литвиновым и начальником отдела НТО-1 кандидатом физико-математических наук В. Д. Пташным еще в 1995 г. Они доказали необходимость создания и стали инициаторами организации лаборатории.

Основными задачами лаборатории были определены:

- < поиск, сбор, изучение материалов о разработке ЯЗ и извлечение из них сведений, полезных для поддержания ядерного боезапаса страны в надежном и безопасном состоянии;
- < анализ, систематизация и обобщение информации о ЯЗ, их частях, макетах, образцах, материалах, о методах, технологиях и результатах исследований, испытаний, об аттестации и производстве ЯЗ и их частей;
- < создание и развитие информационной системы и баз данных по тематике «Разработка ядерных зарядов»;
- < научное и методическое руководство и координация работ по анализу, структурированию и обобщению материалов разработки ЯЗ и их частей и наполнению компьютерных баз данных в подразделениях института, занятых решением задач создания, отработки и сопровождения ЯЗ при их производстве и эксплуатации.

Благодаря авторитету Б. В. Литвинова в институте и Министерстве по атомной энергии, огромному опыту руководящей работы и организаторскому таланту Б. В. Литвинова и В. Д. Кирюшкина в краткие сроки удалось решить вопросы по комплектованию кадрами, становлению деятельности лаборатории и организации работ в масштабах института.

Основной состав лаборатории был сформирован из специалистов по определенным направлениям, имеющих богатый опыт и не менее 10 лет стажа непрерывной работы по тематике разработки ЯЗ.

С начала организации лаборатории и до ухода на пенсию, в подразделении в качестве экспертов по тематическим направлениям разработки ЯЗ работали главные специалисты: А. С. Красавин, Г. И. Ховалко, Ю. Н. Емелев; ведущие научные сотрудники и инженеры Н. И. Мартюшов, В. М. Иванов, И. С. Шибакова; продолжают работать главные специалисты: В. Л. Саушкин, В. Ф. Кузнецов, ведущий научный сотрудник Г. П. Минаев.

В период становления подразделения был заложен его «фундамент»: разработано и выполнено ТЗ на НИР по теме; сформирован алгоритм работы; разработаны основополагающие документы, касающиеся как архивирования, так и систематизации накопленной в РФЯЦ – ВНИИТФ информации по разработке ЯЗ; выпущена серия обобщающих отчетов по конструкциям ЯЗ и их составных частей.

К 2000 г. в подразделении был завершен важный этап работ по анализу и систематизации сведений о ЯЗ, итогом которого стали:

- < концепция создания информационной системы о ЯЗ, их составных частях, веществах и материалах, применяемых в ЯЗ, о характеристиках, документах и жизненном цикле ЯЗ, включая его технологическую и экспериментальную отработку, разработанная Б. В. Литвиновым в соавторстве с В. Д. Кирюшкиным и Ю. Н. Емелевым;
- < серия информационно-справочных материалов по ЯЗ в виде обобщающих аннотированных указателей в 6 томах (14 книгах), содержащих информацию о ЯЗ, разработанных в РФЯЦ – ВНИИТФ с начала его организации в 1955 г., в выпуске которых участвовали сотрудники подразделения и ряд специалистов НКО-6 и НИО-12.

В 2004 г. подразделение совместно с НИО-3 выполнило НИР по созданию ИС и впервые в МАЭ РФ Межведомственная комиссия приняла ее в опытную эксплуатацию АС. Значительный вклад в формирование ИС и освоение новых технологий для перевода информации с бумажных носителей в электронный вид внесли сотрудники подразделения: В. Д. Сеитов, И. А. Конников, И. А. Комоско.

С 2005 г. подразделение совместно с НИО-3, НИО-4, НИО-5, НКО-6, НИО-160, НИИК, подразделением 720 и архивной службой РФЯЦ – ВНИИТФ занимается совершенствованием структуры системы, ее технического и программного комплексов.



Эмблема подразделения 590



Академик РАН,  
Герой Социалистического Труда  
Б. В. Литвинов



Подразделение 590, 2009 г.

*Слева направо, 1-й ряд:* И. С. Шубакова, Б. В. Литвинов, Н. В. Борисова, В. Д. Кирюшкин, Г. С. Чернышева, Г. П. Минаев; *2-й ряд:* Е. Д. Твердохлебова, Ю. Н. Емелев, Е. Г. Паньшина, Н. А. Колотыгина, А. С. Кривзин, Т. М. Владимирова; *3-й ряд:* И. А. Конников, И. А. Комоско, А. И. Волков, Н. Ф. Евдокимова, В. Л. Саушкин, В. Ф. Кузнецов, Г. И. Ховалко



Подразделение 590, 2012 г.

*Слева направо, 1-й ряд:* Е. С. Иванова, С. С. Баннова, Е. Г. Паньшина, Е. А. Терехова, И. И. Свндерская, Г. С. Юсупова; *2-й ряд:* М. В. Кириллов, Г. П. Минаев, В. Л. Саушкин, В. Ф. Кузнецов, С. В. Стребков, О. В. Кошелей, О. Н. Чиганов, А. Н. Горбунов



Руководители подразделения создали рабочую атмосферу, лаборатория стала сплоченной командой, ориентированной на достижение единой цели, были созданы условия для эффективной творческой инженерной и научной работы.

В 2006–2009 гг. подразделение достигло оптимального распределения трудоемкости работ по теме между отделениями института, и по всем направлениям темпы подготовки и ввода информации были наивысшими. Добиться этого удалось благодаря талантливой организации работ д. т. н. В. Д. Кирюшкиным и В. Ф. Кузнецовым.

В 2013 г. успешно проведена аттестация ИС. В ближайшие годы подразделению совместно с НИО-3 и подразделениями 280 и 720 предстоит значительные работы по развитию (модернизации) и приемке в эксплуатацию сети информационной системы, обновлению рабочих мест, освоению высокопроизводительной сканирующей техники.

Кроме формирования ИС подразделение принимает участие в разработке и наполнении специализированных баз данных по другим темам и в формировании и наполнении архива электронных копий документов.

До 2012 г. подразделение являлось самостоятельной структурной единицей РФЯЦ – ВНИИТФ, а с 27 апреля 2012 г. вошло в состав КБ-1. В настоящее время в подразделении работает 13 человек, средний возраст сотрудников составляет 54 года.

Развитие и наполнение информационной системы о ЯЗ и специализированных компьютерных баз данных является одним из приоритетных и инновационных направлений деятельности РФЯЦ – ВНИИТФ.

В подразделении работали два академика РАН, один доктор, четыре кандидата технических наук и два кандидата физико-математических наук. За выполнение важных государственных заданий сотрудники подразделения

удостоены правительственных наград: званий лауреатов Ленинской премии, Государственных премий СССР и РФ, премии им. В. П. Макеева, Демидовской премии – 5 человек, орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, Октябрьской Революции, «Знак Почета», Почета, «За заслуги перед Отечеством» – 9 человек, медалями – 16 человек.

#### *Отраслевая экспертно-методическая лаборатория по ядерному экспортному контролю (ОЛЭК)*

Это подразделение РФЯЦ – ВНИИТФ в рамках отраслевой деятельности осуществляет проведение научно-технической экспертизы проектов экспортных контрактов предприятий и организаций отрасли и поставок по ним с целью выявления продукции, работ и услуг, подпадающих под действие экспортного контроля (ЭК); организует и проводит обучение сотрудников предприятий и организаций отрасли нормам ЭК. В рамках институтской деятельности ОЛЭК оказывает научно-техническую поддержку внутрифирменной программе ЭК (ВПЭК) института; осуществляет проведение научно-технической экспертизы материалов, предназначенных для открытого опубликования с целью выявления в них информации, подпадающей под действие экспортного контроля (ЭК); ведет переписку с уполномоченным органом исполнительной власти по вопросам экспортного контроля при оформлении разрешительных документов на продукцию института; осуществляет проведение научно-технической экспертизы материалов по закупкам импортного оборудования.

ОЛЭК создана в феврале 1998 г. во исполнение приказа № 335 министра МАЭ РФ В. Н. Михайлова от 20 мая 1997 г. Приказом по институту от 2 февраля 1998 г. № 86 начальником ОЛЭК назначен В. С. Мамонтов. За НПО-2 института данным приказом закреплено научно-методическое сопровождение деятельности



ОЛЭК. В 1998–1999 гг. научное сопровождение ее деятельности осуществлял начальник отдела НТО-2 В. Д. Пташный, с 1999 г. – начальник лаборатории НТО-2 В. Н. Шукин. С октября 2009 г. по декабрь 2014 г. В. Н. Шукин возглавлял лабораторию. Функциональное руководство деятельностью ОЛЭК осуществляет департамент международного сотрудничества Госкорпорации «Росатом». Начальник ОЛЭК административно подчиняется директору РФЯЦ – ВНИИТФ.

В состав ОЛЭК входят две группы: группа научно-технической экспертизы и исследований и группа информационно-методических работ. Численность ОЛЭК на начало 2015 г. – 4 человека.

В 1999 г. специалистами ОЛЭК разработано учебное пособие «Ключевые вопросы ЭК в сфере разработки, производства и испытаний ЯЗ и ЯБП»; в 2001–2003 гг. для системы экспортного контроля Российской Федерации разработан справочник по «Списку оборудования и материалов двойного назначения и соответствующих технологий, применяемых в ядерных целях, в отношении которых осуществляется экспортный контроль».

Сотрудниками ОЛЭК организованы и проведены международные семинары по вопросам ЭК для предприятий отрасли Урало-Сибирского региона: 1998, 2001, 2002, 2013 г. – Снежинск; 2003 г. – Новосибирск; 2005, 2007 г. – Кыштым. Также в 2001–2006 гг. организованы и проведены выездные интенсивные семинары для специалистов нескольких предприятий отрасли: ПО «Маяк» (Озёрск), УЭХК (Новоуральск), СХК (Северск), ГХК (Железногорск), ВНИИЭФ (Саров), СвєрдНИИХиммаш (Екатеринбург), ИРМ (Заречный), НИИИТ (Москва), ВНИИНМ (Москва).

При непосредственном участии ОЛЭК в 2010 г. разработана и утверждена приказом директора – научного руководителя РФЯЦ – ВНИИТФ внутрифирменная программа экспортного контроля.

ОЛЭК осуществляет международное сотрудничество с ОРНЛ, ЛЛНЛ, АНЛ и Департаментом энергетики США в рамках «Международной программы по экспортному контролю и нераспространению».

#### *Центр по разработке обычных боевых частей (ОБЧ) и протрелочно-взрывной аппаратуры (ПВА)*

В середине 1980-х гг. по инициативе С. П. Антипинского и И. В. Санина во ВНИИТФ были начаты работы в области неядерного вооружения, в частности по оптимизации кумулятивных и осколочных боеприпасов. В результате лабораторно-стендовой отработки боеприпасов были предложены устройство повышения устойчивости кумулятивных струй и конструкция тандемного кумулятивного боеприпаса с предконтактным подрывом для поражения техники с различными видами защит. Данные технические решения были защищены патентами и нашли применение в конструкциях боеприпасов разработки НИМИ и ЦНИХМ.

В 1990–2000 гг. во ВНИИТФ активно развивались направления исследования повышения проникающей способности, осколочного и кумулятивно-зажигательного действия боеприпасов. Результаты исследований в этих направлениях нашли отражение в докторских диссертациях С. П. Антипинского, В. А. Сибилева и в кандидатских диссертациях А. Н. Зеленова, А. А. Вотановского, А. Е. Скворцова, И. Н. Жгилева.

В целях интенсификации работ по разработке неядерных вооружений и совершенствования структуры института в 2000 г. был создан Центр по разработке ОБЧ и ПВА (далее Центр), которым руководил до 2008 г. А. В. Найченко. С 2008 г. Центром руководит А. Н. Зеленов, в состав Центра входят исследовательский отдел, возглавляемый А. Е. Диким, и конструкторский отдел, возглавляемый М. Л. Соколовым.





Центр решает следующие основные задачи:

- < аналитические исследования, в области разработки неядерных вооружений совместно с НИИ МО РФ;
- < проектирование, конструкторскую разработку, газодинамические испытания образцов неядерных вооружений;
- < разработку конструкторской документации на взрывчатые составы, используемые в неядерном вооружении и прострелочно-взрывной аппаратуре;
- < проектирование, конструкторскую разработку, газодинамические испытания прострелочно-взрывной аппаратуры, ее конструкторское и маркетинговое сопровождение.

Внутренний научно-технический потенциал, накопленный в процессе разработки ядерного вооружения, прочные связи с разработчиками носителей и комплексов ракетного оружия позволяют сегодня Центру на равных

конкурировать с традиционными разработчиками неядерных вооружений. Сохранение института как целостной организации дает возможность вести проектирование изделий, изготовление опытных образцов и лабораторно-конструкторскую отработку на внутренней испытательной базе.

Работы по созданию неядерных вооружений проводятся в рамках концепции института по разработке боеприпасов повышенной стойкости к внешним аварийным воздействиям, которая включает в себя применение:

- < безопасных систем подрыва на основе капсулей-детонаторов, не содержащих иницирующих взрывчатых веществ,
- < малочувствительных взрывчатых составов (МЧВС), радикальным образом решающих проблему безопасности боеприпасов при сохранении требуемой эффективности.



Коллектив Центра в Музее ядерного оружия ВНИИТФ, 2010 г.



В рамках разработки МЧВС, совместно с Уральским и Сибирским отделениями РАН, применена новая технология синтеза триамина тринитробензола, на основе которого Центром совместно с газодинамическим отделением разработаны МЧВС, предлагаемые для снаряжения неядерных боеприпасов повышенной безопасности. На МЧВС повышенной мощности в 2012 г. получен патент. Совместно с ОАО КБП, ОАО Концерн «МПО-Гидроприбор» и ОАО «ГНПП «Слав»» проведены испытания неядерных боеприпасов, снаряженных МЧВС. Результаты испытаний показали рекордно высокий уровень стойкости к аварийным внешним воздействиям, таким как прострел пулями и осколками, пожару, подрыву рядом лежащего боеприпаса, падению на твердое основание.

Выполненные работы позволяют Центру проводить опытно-конструкторские работы по созданию боеприпасов повышенной безопасности, удовлетворяющих всем современным требованиям безопасности, в том числе стандартам НАТО, регламентирующим стойкость боеприпасов к аварийным воздействиям. Необходимо отметить, что особенно остро проблема повышения безопасности стоит для вооружения ВМФ, размещаемого на надводных кораблях и подводных лодках, обладающих чрезвычайно высокой энерговооруженностью. В этом направлении в настоящее время Центр тесно взаимодействует с основным разработчиком минно-торпедного оружия.

Разрабатываемые Центром образцы неядерного вооружения обладают повышенным могуществом и не имеют аналогов по характеристикам безопасности.

В основу разработок вкладываются идеи, результаты расчетно-теоретических и экспериментальных работ по применению новых принципов поражения целей, нетрадиционных материалов и технологий, имеющихся в ГК «Росатом», а именно:

- ◀ применение многорежимных многоточечных систем инициирования зарядов;
- ◀ использование мощных взрывчатых составов с высокими характеристиками безопасности;
- ◀ применение формируемых взрывом поражающих элементов, обладающих высокой пробивной способностью и зажигательным действием.

Все технические решения подтверждены экспериментами и защищены патентами.

Ведущими разработчиками конструкторской документации на образцы неядерного вооружения в разные периоды времени были: М. Л. Соколов, С. Ю. Юдин, С. П. Василевич, О. А. Бычков, И. В. Соловьев, А. А. Глазков, В. В. Чумрин, Н. Е. Забабахин, М. К. Ежов, И. В. Казанцева, О. А. Соловьев.

Большой вклад в газодинамическую отработку конструкций образцов неядерного вооружения внесли С. П. Антипинский, А. В. Найченко, В. А. Сибилев, А. Н. Зеленев, А. А. Вотановский, И. Н. Жгилев, А. Е. Скворцов, А. М. Попов, А. Г. Нескин, А. Е. Дикий, Н. Н. Косоруков, Е. В. Чепурин.

В 1990-х гг. в РФЯЦ – ВНИИТФ были начаты конверсионные работы, в том числе по разработке прострелочно-взрывной аппаратуры (ПВА) для предприятий нефтегазодобывающей отрасли. С 1998 г. малыми партиями институт начал производить перфораторные заряды ЗПК-105М для перфоратора ПК-105 и перфораторы модульные извлекаемые ПМИ-48.

Модульные перфораторы предназначены для вторичного вскрытия продуктивных пластов в обсаженных разведочных и эксплуатационных скважинах на нефть и газ, как через НКТ на депрессии, так и в открытом стволе.

Уникальный способ соединения модулей позволяет собирать модули перфораторов в гирляндную длину от 1 до 640 м для обработки заданного интервала перфорации скважины. Это



невозможно осуществить с помощью других перфораторов, как отечественного, так и зарубежного производства.

Длинные сборки секций перфораторов особенно важны и необходимы в настоящее время, когда развивается технология бурения и освоения горизонтальных скважин, и нет средства доставки оборудования в скважину, кроме НКТ, на которых можно спускать модульные перфораторы в горизонтальную скважину. Модульные перфораторы являются перфораторами однократного применения, с извлекаемыми из скважины после отстрела отработанными модулями, что практически исключает засоряемость скважины и позволяет отслеживать срабатывание каждого заряда.

В 2001 г. Центр разработал перфораторы ПМИ-54 и ПМИ-90, отвечающие современным требованиям, предъявляемым к кумулятивным перфораторам.

В 2005 г. Центром были проведены работы по модификации линейки перфораторов ПМИ-90, в результате были разработаны перфораторы ПМИ-90-02, ПМИ-90-03 с оптимизированными параметрами пробития. В 2010 г. линейка перфораторов ПМИ-90 пополнилась вновь разработанными перфораторами ПМИ-90-04 – ПМИ-90-07 с высоким показателем критерия «эффективность–цена–качество».

С 2013 г. Центром проводится разработка новой линейки перфораторов ПМИ-73 диаметром 73 мм, предназначенных для проведения прострелочно-взрывных работ в наклонных и горизонтальных скважинах, обсаженных трубами диаметром от 90 мм, а также разработка заряда гидроразрыва пласта ЗГРПМ на основе баллистических порохов (наделяя предназначен-

ного для импульсно-волнового воздействия на пласт с целью интенсификации притока нефти в скважину). В 2013–2014 гг. проводятся приемочные испытания данных разработок на скважинах потребителей. В 2014 г. планируется начать серийное производство ЗГРПМ и линейки перфораторов ПМИ-73.

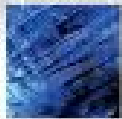
Перфораторы ПМИ защищены 12 патентами России.

Основными потребителями перфораторов ПМИ являются такие компании, как ОАО «Газпром», ОАО «Томскнефть», ОАО «Юганскнефтегаз», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАК «Лукойл», ОАО «Роснефть».

Ведущими разработчиками ПВА в разные периоды времени были С. П. Антипинский, А. С. Иванов, А. К. Мартыненко, А. В. Найченко, А. Н. Зеленев, М. Л. Соколов, С. Ю. Юдин, С. П. Василевич, А. Е. Скворцов, А. М. Попов, А. Г. Нескин, А. Е. Дикий, О. А. Бычков, А. Н. Малоярославцев, Н. Н. Косоруков, В. М. Мартынов, И. А. Матвеев, И. В. Казанцева.

Сотрудники Центра принимают участие в научно-технических конференциях и выставках топливного комплекса России и странах СНГ. В 2004 г. на международном форуме «Топливо-энергетические ресурсы России» получены диплом и золотая медаль за разработку перфоратора ПМИ. Результаты работ Центра опубликованы в журналах «Каротажник», «Горный журнал», «Новые промышленные технологии», «Экспозиция Нефть Газ», официальном каталоге Российской выставки вооружения – Нижний Тагил-2011 и др.

В Центре работают четыре кандидата технических наук, пять сотрудников заочно окончили аспирантуру ВНИИТФ и готовят к защите диссертации.



#### **ЧАСТЬ IV. НАУЧНОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. ОБЩИЕ СЛУЖБЫ ИНСТИТУТА**

##### **4.1. Области общенаучных исследований**

Общенаучные исследования являются неотъемлемой и чрезвычайно важной стороной деятельности ВНИИТФ. В этой связи было бы справедливо говорить о школе фундаментальных научных исследований, сложившейся в институте.

Фактически первый главный конструктор – научный руководитель института К. И. Шёлкин является «генетическим» основоположником того, что стало делом ВНИИТФ, и в каком-то смысле Е. И. Забабахин, Л. П. Феокистова и другие наши ученые продолжали то, что им было запрограммировано.

Можно ли сказать, что в институте сложилась научная школа Забабахина, школа Феокистова, школа Аврорина?.. Видимо, нет. Скорее, следует сказать – школа ВНИИТФ. Это школа дела, а не школа ученого. Можно говорить о школе ученого, когда речь идет, например, об университете, где есть большой ученый, выдвинувший несколько ключевых идей, и его ученики-единомышленники. У нас

всё складывалось иначе. Дело, ради которого создавался институт, интегрирует различные научные направления. Но быть специалистом во всей этой области невозможно, поэтому каждое направление имело своего лидера. В то же время нельзя сказать, что это совокупность школ, потому что интегрирующее начало основного дела позволяет всё это совместно рассматривать как школу ВНИИТФ, не преуменьшая, конечно, значения Л. П. Феокистова, Е. И. Забабахина, Е. Н. Аврорина и других наших замечательных ученых.

Об исследованиях, непосредственно связанных с разработкой ядерных зарядов и ядерных боеприпасов, а также об экспериментах, проведенных при ядерных взрывах, говорилось в соответствующих разделах выше.

Далее речь пойдет о прикладных и фундаментальных исследованиях, связанных с основной тематикой института и проводимых учеными и специалистами в родственных направлениях физики и математики.



*Алгоритмы и программы  
математического моделирования  
процессов, протекающих при работе ЯЗ*

Расчеты на ЭВМ – составная часть процесса разработки ЯЗ и ЯБП и других приборов, машин, изделий, которые создаются в институте. В создании необходимых физических и математических моделей и проведении численных экспериментов принимает участие большой коллектив сотрудников института. Тесное взаимодействие физиков и математиков, их глубокое понимание необходимости обеспечить максимально возможную точность определения параметров рассчитываемых изделий с первых дней создания института побуждали ученых совершенствовать уже имеющиеся методы и создавать новые. Как правило, для расчета одной и той же конструкции применяются несколько разных методов и программ. Это позволяет оценить устойчивость результатов по отношению к модели и методу. В вычислительном центре института для проведения расчетов ЯЗ и ЯБП используется более 100 прикладных комплексов программ.

В период становления института (1956–1962) академиком Н. Н. Яненко была создана сильная школа математиков-вычислителей. В институте были разработаны не имевшие аналогов в мире методы, позволившие с высокой точностью и экономичностью решать задачи механики сплошной среды, теплопроводности, физики ядерного взрыва. Традиции этой школы сохраняются до сих пор.

Высокий уровень специалистов института был основой создания оригинальных численных методов, не уступающих, а часто и превосходящих лучшие мировые достижения в этой области, что позволило обеспечить высокую точность математического моделирования.

*Управляемый термоядерный синтез.  
Лазерный термоядерный синтез*

Работы по лазерному термоядерному синтезу (ЛТС) проводятся в институте с начала 1970-х гг. как по экспериментальному направлению, так и по расчетно-теоретическому. Накоплен большой опыт по конструированию, созданию и эксплуатации мощных лазерных установок на неодимовом стекле. Разработаны и используются разнообразные методы диагностики лазерного излучения и лазерной плазмы. Создан технологический комплекс по изготовлению термоядерных мишеней и элементов рентгеновской оптики. Разработаны и совершенствуются теоретические модели и математические программы для расчета термоядерных микромишеней.

*Создание мощного генератора  
термоядерных нейтронов  
на основе газодинамической ловушки*

Институт совместно с ИЯФ имени Г. И. Будкера СО РАН ведет работы, направленные на создание мощного генератора термоядерных нейтронов на базе осесимметричной газодинамической ловушки. Такой генератор является одним из перспективных источников термоядерных нейтронов. Его создание позволит решить многие важные проблемы, в том числе – термоядерного материаловедения, дожигания радиоактивных отходов, создания взрывобезопасных АЭС на основе глубоко подкритических ядерных реакторов и т. д. В связи с запретом на проведение испытаний ядерного оружия генератор нейтронов с энергией 14 МэВ становится крайне важным инструментом при контроле за состоянием спештехники и при имитации испытаний.



### *Материалы для термоядерного реактора*

Институт располагает специальным исследовательско-технологическим комплексом, созданным для проведения работ с активными материалами в твердом, жидком и газообразном состояниях. Оборудование комплекса подобрано и скомпоновано так, что позволяет решать задачи, связанные с проведением материаловедческих и исследовательско-технологических работ с ураном, плутонием и их соединениями, а также с тритием и тритийсодержащими веществами. Выполняемые работы: подготовка тритийсодержащих газовых смесей заданного состава; создание высокого давления DT-газовой смеси (до 2000 атм); изготовление мишеней для нейтронных генераторов и заполнение мишеней для опытов по лазерному инерциальному термоядерному синтезу; отработка технологических процессов очистки металлов и газовых смесей от трития; исследование процессов взаимодействия трития с материалами, в том числе в условиях реакторного облучения; исследование физико-механических свойств материалов и конструкционной прочности узлов и деталей; проведение структурного анализа материалов методами оптической и электронной микроскопии, рентгеновского и микрорентгеновского анализа; анализ и установление причин разрушений, возникших в процессе эксплуатации; исследование совместимости конструкционных материалов с жидкосолевыми композициями, содержащими плутоний и уран; нанесение защитных покрытий на детали из урана (например, на металлические активные зоны ядерного реактора).

В институте создана установка для изучения проницаемости изотопов водорода через металлические мембраны, которая позволила получить данные по проницаемости трития из газовой фазы и плазмы тлеющего разряда через материалы первой стенки термоядерного реактора. Выполнен большой цикл исследова-

ний влияния трития и нейтронного облучения (совместно с институтом физики металлов УрО РАН) на механические свойства аустенитной стали, перспективной для применения в быстрых и термоядерных реакторах. Проведены опыты по дегазации насыщенного тритием материала с изучением локализации остаточного трития в структуре методом электронно-микроскопической автордиографии.

Проведены эксперименты по генерации DT-нейтронов и  ${}^6\text{LiT}$ -нейтронов с энергиями в диапазоне 14–16 МэВ в поле тепловых нейтронов с помощью LiD-конвертора, и показано, что таким способом можно имитировать в спектре реактора деления термоядерную составляющую с целью моделирования условий облучения в камере токамака. Освоено опытное производство титантритиевых мишеней для нейтронных генераторов. Изготовлены мишени для ускорителя в JAERI (Япония) и полностью обеспечивается работа генератора НГ-12 РФЯЦ – ВНИИТФ.

Имеющийся потенциал позволяет проводить следующие работы: исследование проницаемости трития из газовой фазы и плазмы тлеющего разряда через оболочку; изучение влияния трития и радиогенного гелия на структуру и механические свойства материалов; изучение процессов дегазации, определения концентрации и распределения остаточного трития; разработку и изготовление тритиевых мишеней; разработку радиационноустойчивых малоактивируемых материалов для ядерных и термоядерных установок; разработку технологий изготовления многослойных элементов конструкций; моделирование воздействия термоядерных нейтронов на процессы взаимодействия трития с материалами при облучении в реакторе деления и на нейтронном генераторе; изучение процессов наработки трития в ядерных и термоядерных установках, определение путей его миграции и особенностей взаимодействия с материалами.



### *Радиационная экология*

В институте ведутся работы по расчетному и экспериментальному моделированию загрязнения окружающей среды при авариях, сопровождающихся выбросом радиоактивных веществ в атмосферу. Эти работы включают в себя широкий круг исследований от создания моделей соответствующих физических процессов до проведения полевых экспериментов. Особое внимание уделено моделированию экологических последствий различных аварий с ядерными боеприпасами. Институт расположен вблизи зоны влияния ПО «Маяк» (г. Озёрск Челябинской обл.). Газоаerosольные выбросы в ранний период становления этого предприятия, а также радиационные инциденты (1957, 1967) привели к возникновению повышенного радиационного фона на прилегающих территориях.

В институте ведутся работы по анализу ретроспективных данных и экспериментальной оценке современного уровня загрязнения территории, что важно для оценки риска неблагоприятных последствий техногенного облучения населения. Наличие в институте службы дозиметрического контроля, специалистов по математической статистике и базам данных позволяет сделать оценку радиационной обстановки на прилегающих к городу территориях, а также провести совместно с медицинской службой города эпидемиологические исследования с целью оценки радиологических последствий для населения, проживающего вблизи действующего предприятия атомной промышленности.

### *Компьютерное моделирование действия лекарственных препаратов*

В институте проводятся работы по молекулярному моделированию структуры и взаимодействий органических соединений и биологических макромолекул. РФЯЦ – ВНИИТФ имеет полный набор компьютерных программ, необходимых для выполнения молекулярного моде-

лирования, проводятся работы по их совершенствованию. Имеющаяся вычислительная база позволяет проводить моделирование реальных задач, представляющих практический интерес.

В качестве практических приложений рассматриваются: повышение эффективности противотуберкулезных лекарств (совместно с институтом органического синтеза УрО РАН); улучшение методов расчета структуры белков и их взаимодействия с лекарственными молекулами (например, для вируса СПИД). В результате расчетов получена структура биополимера, специфического для вируса СПИД. На этом примере проводятся исследования возможности повышения точности моделирования и улучшения расчетных алгоритмов. Конечной целью работ является поиск с помощью компьютерного моделирования перспективных веществ, которые могли бы быть предложены для биохимических испытаний лекарственной активности.

### *Расплавно-солевые фторидные технологии для пережигания плутония и актинидов*

Ежегодно в ядерных энергетических реакторах на урановом топливе нарабатывается примерно 50 т плутония и других высокоактивных актинидов – нептуния, америция, кюрия. Существенное уменьшение количества и радиотоксичности отходов можно получить только при многократном прохождении ядерного топлива через активную зону реактора. Идеальным для этих целей представляется жидкосолевой реактор (ЖСР) с топливным циклом, полностью замкнутым по актинидам, где в процессе работы из топлива выводятся мешающие продукты деления, а невыгоревшие актиниды возвращаются в реактор. Такая система обеспечивает максимальное выгорание актинидов, относительную простоту поддержания оптимального состава ядерного горючего и позволяет минимизировать отходы при переработке облученного топлива.



При тесном сотрудничестве с российскими и ведущими научными организациями ЕС в институте были проведены экспериментальные работы в целях создания ЖСР. В лабораторных масштабах отработаны режимы получения трифторида плутония. Впервые из металлического плутония через стадию гидрирования синтезирован трифторид плутония, который был однозначно идентифицирован как  $PuF_3$  и использовался в дальнейшем для проведения исследовательских работ. Создана оригинальная методика измерения растворимости фторактинидов в расплавах солей, точность которой не менее чем в 2 раза выше, чем при ранее применявшихся методиках. Экспериментально получены температурные зависимости растворимости трифторида плутония для трех составов ( $LiF$ ,  $NaF$ ,  $BeF_2$ ) расплавов. Разработано новое бездиафрагменное трехэлектродное устройство с нестационарным (динамическим) бериллиевым электродом сравнения для контроля окислительно-восстановительных расплавов систем  $LiF$ ,  $NaF$ ,  $BeF_2$ . Создан и размещен на рабочей площадке ВНИИТФ стенд для ресурсных испытаний кандидатных конструкционных материалов ЖСР в расплавах фторидов металлов. Установленные на стенде устройства позволяют в процессе испытаний вводить в расплав имитаторы продуктов деления и топливных составляющих, измерять редокс-потенциал расплава, проводить его корректировку путем добавок восстановителя или окислителя.

#### *Освоение технологий квантово-размерных гетероструктур для сверхъярких светодиодов*

С 1996 г. в РФЯЦ – ВНИИТФ начаты работы по созданию производства  $InGaN/GaN$  широкозонных гетероструктур (активная область – слои с толщинами 20 и 80 ангстрем) для светодиодов по МОС-гидридной технологии. При разработке проекта производственного участка большое

внимание было уделено созданию инфраструктуры, полностью отвечающей требованиям технологического процесса. С момента запуска технологического оборудования (апрель 2003 г.) по настоящее время на МОС-гидридном реакторе AIX 2400 G3/HT (AIXTRON AG, Германия) проводится отработка технологии  $InGaN/GaN$  полупроводниковых структур для светодиодов. Работы находятся в завершающей стадии. Из полупроводниковых структур, разработанных в институте, изготовлены первые образцы светодиодов. Ведутся проектные работы по созданию производственных участков постэпитаксиального цикла.

#### *Кумуляция энергии*

Кумулятивные явления в импульсных процессах сыграли существенную роль в развитии физики и техники. Уже во время Второй мировой войны широкое распространение получили кумулятивные бронепробивные снаряды.

Важным применением кумулятивных процессов является сжатие веществ при сжатии к центру симметрии сферических или цилиндрических ударных волн и оболочек. Реализация таких процессов с помощью ВВ позволила сжать в несколько раз даже такие плотные вещества, как уран. Это и было использовано при разработке большинства ЯЗ. С самого начала становления института кумулятивные процессы и способы их реализации стали важнейшим направлением исследований. Разновидности кумуляции энергии были глубоко изучены академиком Е. И. Забабахиным, который привлек к этой проблеме большую группу теоретиков и экспериментаторов.

Е. И. Забабахин рассмотрел почти все случаи кумуляции энергии при фокусировке сферических и цилиндрических оболочек и ударных волн, дал анализ влияния вязкости, теплопроводности и сжимаемости на характер кумуляции. Были рассмотрены сходящиеся волны в веществах с фазовыми переходами и ударные





электромагнитные волны, решены задачи о кумуляции энергии при несимметричной фокусировке и в несходящейся ударной волне. Был открыт новый класс автомодельных кумулятивных течений в слоистых периодических системах с чередующимися слоями из легких и тяжелых веществ (слойки Забабахина). В таких системах степень возрастания энергии на фронте ударной волны выше, чем в однородном веществе.

В институте особое внимание уделяется экспериментальному определению условий достижения уровня кумуляции энергии, достаточного для протекания термоядерных реакций в системах, не содержащих тяжелых радиоактивных материалов. Работы ведутся в двух направлениях. В первом – в качестве исходного источника энергии используется высококалорийное взрывчатое вещество, во втором – лазерное излучение. Важнейшее значение для развития исследований по инерциальному термоядерному синтезу имели работы по изучению адиабатического кумулятивного сжатия. Были построены важные точные решения для одномерного, двухмерного и трехмерного случаев, при наличии магнитных полей, гравитации и вращения. Эти результаты находят широкое применение при решении астрофизических проблем, при развитии численных методов и создании программ, используемых для математического моделирования реальных явлений. При изучении газодинамических кумулятивных процессов с целью создания условий для термоядерного воспламенения теоретические работы осуществлялись параллельно с экспериментальными. Таким путем было изучено влияние несимметрии на процессы кумуляции и воспламенения.

Явление кумуляции энергии широко применяется при изучении свойств и поведения материалов при экстремально высоких динамических нагрузках. В специально разработанных устройствах удается сохранять, а затем исследовать образцы материалов, побывавших в условиях экстремально высоких давлений и температур,

что открывает новые возможности не только в исследовании свойств вещества, но и в получении новых материалов с уникальным комплексом физико-механических и теплофизических свойств. Получены новые фазы веществ и новые структуры. Свойства их изучаются.

Явление кумуляции энергии при сжатии профилированных оболочек было положено в основу зарядов, предназначенных для перфорации стенок нефтяных и газовых скважин с целью повышения их эффективности. Это направление оказалось одним из наиболее успешных конверсионных направлений.

#### *Физика высоких давлений и температур*

Использование процессов, сопровождающих ядерные взрывы, а также ряда технологий, созданных для разработки и испытаний ядерных зарядов, открыло широкие возможности для исследований свойств веществ и процессов при высоких плотностях энергии, то есть в области высоких давлений и температур. Такие условия практически недостижимы в лабораторных экспериментах. Изучение поведения веществ в экстремальных условиях было вызвано необходимостью понимания как физики ядерного взрыва, так и астрофизики, а также других фундаментальных областей физики.

Работы в этой области проводились по двум направлениям: создание и развитие теоретических моделей вещества и процессов при высоких плотностях энергии, получение данных с помощью таких моделей; разработка экспериментальных методов и создание установок для проведения экспериментов и накопления соответствующих данных.

Принципиально, что и теоретическая, и экспериментальная информация всегда имели четкий адрес применения. На их основе создавались уравнения состояния (УРС), либо строились модели неравновесных физических процессов, имеющих прикладное или



фундаментальное значение. Накопленные данные использовались также как базис для дальнейшего развития теоретических моделей веществ и процессов.

В институте большое внимание уделялось изучению полиморфных превращений веществ и прочностных свойств горных пород и конструкционных материалов в динамических процессах. Изучалось также влияние кинетических механизмов и масштабных эффектов на характеристики неравновесных процессов.

Особенно благоприятные условия для таких исследований открылись в связи с переходом к подземным ядерным взрывам.

Широкая программа исследований была выполнена для изучения кинетики фазовых превращений горных пород и некоторых материалов (в первую очередь кварца). Эти данные и в настоящее время служат основой для развития теоретических моделей. Особую ценность имеют прецизионные данные об ударной сжимаемости воды, минералов, горных пород, металлов при мультимегабарных давлениях. Эти данные являются опорными при построении современных УРС веществ.

Уникальными являются исследования в области гигабарных давлений. Эта программа изначально имела фундаментальную направленность. Было замечено, что наиболее часто используемые для описания области высоких давлений и плотностей теоретические модели вещества не учитывают влияния оболочечной электронной структуры атомов на свойства веществ. Они базировались в основном на упрощенной квазиклассической модели Томаса – Ферми. Новые более сложные квантово-механические модели при необходимости использовали различные упрощающие предположения, что в результате приводило к расхождениям, которые были сопоставимы с величиной ожидаемого эффекта. Для получения надежной информации был поставлен эксперимент, позволивший достоверно выявить

влияние оболочечной электронной структуры для алюминия и свинца, которое выразилось в осциллирующем ходе ударной адиабаты по сравнению с данными модели Томаса – Ферми. Эти результаты дали дополнительный импульс развитию теоретических моделей вещества. Особенно это оказалось ценным для прецизионного описания оптических свойств плотной плазмы. Прекращение ядерных испытаний закрывает для человечества возможность исследования свойств веществ в этой рекордной по давлениям и температурам области.

Экспериментальные и теоретические результаты по свойствам веществ и процессов в области высоких плотностей и давлений лежат в основе созданных в институте баз данных, которые используются для моделирования высокоинтенсивных процессов. Существенная часть их опубликована и широко используется многими исследователями при разработке новых моделей описания свойств веществ и процессов. В совокупности они служат успешному продвижению исследований по новым направлениям, таким как инерциальный термоядерный синтез, кумулятивные явления и имплозивные процессы, высокоскоростные столкновения, астрофизические явления.

#### *Сотрудничество с Европейской организацией по ядерным исследованиям (CERN)*

В CERN, представляющей всемирное научное сообщество, проводятся работы по осуществлению ряда грандиозных проектов, направленных на решение фундаментальных проблем физики частиц высоких энергий. В рамках проекта LHC осуществлен монтаж протонного суперускорителя – Большого адронного коллайдера (БАК). В 27-километровом тоннеле протоны будут разгоняться на «встречных курсах» до немыслимых ранее на Земле энергий (7 тера-электронвольт), а картины происходящих соударений и взаимодействий будут



изучаться в четырех экспериментальных зонах туннеля, где уже проводится размещение оборудования четырех многоуровневых детекторов вторичных частиц: ATLAS, CMS, ALICE, LHC. Каждый детектор нацелен на свою экспериментальную программу.

ATLAS и CMS должны ответить на самый интригующий вопрос о Вселенной – откуда берется масса у тел. Современная теория исходит из существования так называемого Хиггсовского бозона, частицы, на которую возлагается миссия обеспечения наличия массы у всех наблюдаемых представителей микромира. В ходе эксперимента он должен быть зарегистрирован, так как его масса находится в пределах энергии, реализуемой на БАК. В проектировании и изготовлении элементов детекторов ATLAS и CMS принимали участие сотрудники РФЯЦ – ВНИИТФ.

В проекте CMS специалисты ВНИИТФ сотрудничали со специалистами ГНЦ ИТЭФ в разработке переднего калориметра (детектора проекта «Черенковский кварцевый калориметр»). Было создано регистрирующее оборудование, способное работать в условиях высоких радиационных полей. Опытные образцы полностью удовлетворили требованиям специалистов CERN. В процессе разработано уникальное технологическое оборудование и освоены технологии получения сверхглубоких отверстий малого диаметра в крупногабаритном металлическом массиве и диффузионной сварки листового проката из низкоуглеродистых сталей. После победы в тендере (с участием США и Китая), РФЯЦ – ВНИИТФ приступил к изготовлению модулей абсорбера переднего калориметра детектора CMS. Было создано специализированное производство с замкнутым циклом, исключаящим межцеховые потери времени. Изготовлено и поставлено в CERN два абсорбера передних калориметров, состоящих из 18 модулей и весом 72 т каждый. За проделанную работу РФЯЦ – ВНИИТФ удостоен «Золотой премии CERN» (2003), присуждаемой

ежегодно за выдающиеся достижения в науке и технике.

В детекторе ATLAS РФЯЦ – ВНИИТФ принимал участие в рамках проекта «Разработка опорных структур прецизионных трековых детекторов большой площади». Разработана базовая конструкция четырех типов опорных структур торцевых мюонных камер детектора ATLAS. Изготовлена и поставлена в CERN для исследований полномасштабная модель 1/8 части поддерживающей структуры камер MOT.

В CERN начаты работы по проекту «Сверхпроводящий протонный линейный ускоритель» (SPL), целью которого является получение мощного лучка протонов (средняя мощность в пучке 4 МВт, энергия 2,2 ГэВ). РФЯЦ – ВНИИТФ совместно с ИЯФ имени Г. И. Будкера СО РАН участвует в работах по данному проекту и решает задачу разработки технологической основы серийного производства в России структур CCDTL (линейный ускоритель с трубками дрейфа и ячейками связи) для SPL с учетом адаптации конструкции CCDTL к российским технологиям и производственным мощностям.

Ожидаемые результаты – разработка конструкторской и технической документации, изготовление секции модуля структуры CCDTL, испытание в CERN с дальнейшим использованием в качестве начальной части 1-го ускоряющего модуля CCDTL. Изготовление структур CCDTL производится в России. В институте проводится освоение технологии и изготовление элементов структуры CCDTL ускорителя SPL.

#### *Физика высокотемпературной плазмы*

##### *Лабораторный рентгеновский лазер*

Во ВНИИТФ ведутся расчетно-теоретические и экспериментальные исследования различных схем рентгеновского лазера (РЛ) и путей его технической реализации. Создана совокупность программ магнитной радиационной гидродинамики с учетом кинетики и переноса



неравновесного излучения, позволяющая численно моделировать перспективные способы накачки РЛ в широком диапазоне рабочих веществ. Сложилось понимание, что самая простая и надежная с точки зрения реализации схема РЛ – это схема со столкновительным возбуждением Ne-подобных ионов, возникающих при быстром нагреве веществ со средними ( $Z = 2-40$ ) импульсами излучения мощных оптических лазеров или электрического тока. Расчетные характеристики лазерного рентгеновского излучения (ЛРИ), которое может генерироваться на переходах этих ионов, неплохо согласуются с известными в мировой практике экспериментальными результатами.

В 2004 г. на электрофизической установке СИГНАЛ впервые в России получена генерация ЛРИ в плазме Ne-подобных ионов аргона, возникающих в быстром капиллярном разряде. Дальнейшие исследования и разработки направлены на укорочение длины волны ЛРИ, повышение его энергии и мощности и, в конечном итоге, – на создание малогабаритных импульсно-периодических частотных РЛ.

#### Взаимодействие лазерного излучения с веществом

Лабораторные лазерные установки позволяют проводить исследования поведения материалов в экспериментальных условиях при сверхвысоких давлениях и температурах. Лазерная пикосекундная установка СОКОЛ-П позволяет проводить эксперименты при интенсивности на мишени  $(3-4) \cdot 10^{18}$  Вт/см<sup>2</sup>. При взаимодействии излучения такой интенсивности с твердыми мишенями образуется плазма, которая является мощным источником тормозного рентгеновского излучения, ионных и электронных потоков (с энергиями до десятков МэВ).

На установке СОКОЛ-П измерены линейчатые спектры мягкого рентгеновского излучения (МРИ), непрерывные спектры РИ в широком диапазоне энергий (от сотен до нескольких

МэВ), зарегистрированы электроны с энергией до 10 МэВ, измерены спектры ионов в интервале 0,5–5 МэВ. При облучении мишеней, содержащих дейтерий и тритий, получено  $10^6$  (DD) и  $10^7$  (DT)-нейтронов за один импульс. Полученные экспериментальные результаты удовлетворительно согласуются с расчетами и могут служить базой для калибровки теоретических моделей как для оружейных задач, так и для фундаментальных исследований.

#### Преобразование ядерной энергии в лазерное излучение

Основной целью исследований по физике лазеров с ядерной накачкой (ЛЯН) является повышение эффективности преобразования ядерной энергии в лазерное излучение, что позволяет рассматривать возможности практического применения мощного лазера с ядерной накачкой, например, для термоядерного синтеза и других целей. В институте имеется экспериментальная установка (импульсный ядерный реактор ЭБР-Л), на которой проводятся экспериментальные исследования по физике ЛЯН. В РФЯЦ – ВНИИТФ был подготовлен и проведен эксперимент, в котором впервые в мире зарегистрирована генерация лазерного излучения в ультрафиолетовом диапазоне. Для лазеров ЛЯН ближней и средней инфракрасной области спектра получены рекордные удельные энергосъемы, которые превосходят энергетические характеристики многих типов газовых лазеров с традиционными источниками возбуждения. Реализован когерентный режим работы двумерных решеток лазерных элементов с накачкой продуктами ядерных реакций. Найдены и опробованы технические решения, которые могут быть использованы для создания источников накачки. Разработана уникальная конструкция и технология изготовления ТВЭЛа, позволяющая охладить активную зону за предельно короткое время. Разработан регулятор реактивности, позволяющий достигать



скоростей ввода реактивности  $\sim 40 \beta_{\text{эфф}}/\text{с}$  – разгон (до скорости 20 м/с) и торможение без разрушения регулятора массой 43 кг на участке длиной 0,9 м. Уникальность найденных решений позволит создать компактный и предельно мощный источник лазерного излучения для широкого круга научных и народно-хозяйственных применений.

#### *Исследования новых компьютерных технологий на основе искусственных нейронных сетей*

Создан программно-аппаратный специализированный комплекс нового поколения, ориентированный как на пользователей, так и на специалистов в области разработки нейросетей. Он включает наиболее популярные нейроархитектуры и имеет мощные возможности для постановки задач, основанных на базах данных различных типов. На основе этих исследований возможно моделирование нелинейных систем с использованием экспериментальных данных; распознавание и адаптивная кластеризация сенсорной информации; нелинейное управление, аппроксимация и оптимизация функций многих переменных; ассоциативный поиск в базах данных; сжатие изображений и т. п.

#### *Исследования свойств материалов*

В состав ЯЗ входит много специфических материалов. Знание их свойств необходимо не только для создания ЯО, но и для надежного прогнозирования состояния боезапаса, выявления и устранения возникающих неисправностей, безопасного демонтажа ЯО. Наиболее важными материалами являются делящиеся (высокообогащенный уран, плутоний), радиоактивные материалы (тритий) и взрывчатые вещества. В институте имеется уникальная экспериментальная база для исследования свойств взрывчатых веществ, в том числе – внутренний полигон для проведения взрывных экспериментов с массой ВВ до 1000 кг.

В первую очередь работы с ВВ нацелены на исследование их поведения в аварийных ситуациях, а также на изучение изменения свойств ВВ в процессе хранения. Проводятся исследования протекания химических реакций в зоне детонационного фронта, изучается поведение ВВ в электрических полях высокой интенсивности, физические процессы, протекающие при детонации сверхнизкоплотных ВВ ( $\rho_0 = 0,05 \text{ г/см}^3$ ), кинетика инициирования газообразных и топливовоздушных смесей.

Исследования свойств радиоактивных материалов проводятся на имеющемся в институте радиохимическом комплексе, на котором возможно выполнение исследований свойств урана, плутония, трития. Комплекс не имеет аналогов в России, в настоящее время он частично используется другими российскими институтами для проведения совместных работ, в том числе в рамках международного проекта ИТЭР по созданию токамака.

Важным направлением работ является исследование действия различных видов радиации на материалы. Имеется комплекс облучательных установок, включающий импульсные ядерные реакторы, рентгеновские и гамма-установки.

С использованием разработанных в РФЯЦ – ВНИИТФ уникальных сферических взрывных герметичных устройств для сохранения обжатых образцов исследованы поведение и свойства широкого класса конструкционных материалов, включая делящиеся.

В настоящее время аналогичные устройства используются для решения проблемы динамического компактирования и спекания металлических и керамических порошков с целью получения новых сверхтвердых материалов. Были проведены эксперименты по обжатию шаров, изготовленных из фрагментов каменных и железных метеоритов в интересах изучения процессов, происходящих при столкновении космических объектов с Землей, и исследования глубинного строения Земли.



### *Физика турбулентного движения*

На лабораторных комплексах ЭКАП, СОМ, ОСА экспериментально исследуется особый вид турбулентности, связанный с развитием неустойчивости Релея – Тейлора и неустойчивости Рихтмайера – Мешкова при нестационарном течении многокомпонентных жидких и газовых сред.

Подобные процессы развиваются при обжати мишеней в проблеме инерционного термоядерного синтеза, при работе магнито-кумулятивных устройств, взрывных размыкателей мощных генераторов тока и так далее. Так, при обжати лазерных мишеней развивающаяся турбулентность на неустойчивых границах контакта различных веществ изменяет параметры сжатия мишеней и, что более важно, изменяет режим термоядерного горения легких слоев. Поэтому расчет КПД таких мишеней должен вестись с учетом турбулентности.

Экспериментальные данные, полученные на комплексах ЭКАП, СОМ, ОСА, используются для калибровки физико-математических моделей, предназначенных для описания различных течений многокомпонентных сред. Исследования неустойчивости Рихтмайера – Мешкова проводятся с разноплотными газами с использованием стационарных ударных волн с числами Маха в диапазоне 1–5, генерируемых в ударной трубе.

Эксперименты по турбулентности, связанной с развитием неустойчивости Релея – Тейлора, проводятся с жидкими средами, заключенными в ампулу, которая подвергается ускорению  $g = (2-4) \cdot 10^7 \text{ см/с}^2$  в газовой пушке.

На комплексе были проведены первые исследования по автомодельной турбулентности в широком диапазоне чисел Атвуда и сепарации веществ из областей релей-тейлоровской турбулентности. Исследованы неавтомодельные режимы развития неустойчивости границ раздела сред. Была открыта стабилизирующая роль переходных слоев на процесс развития перемешивания. Эти результаты впервые были

опубликованы в Кембридже на постоянно действующем семинаре по физике турбулентности. Проводятся исследования по совместной программе с Ливерморской национальной лабораторией (США) и Комиссариатом по атомной энергии Франции.

### *Прямое измерение сечения $np$ -рассеяния на импульсном реакторе ЯГУАР*

Прямое измерение сечения (длины)  $np$ -рассеяния имеет исключительно важное значение для решения фундаментальной проблемы ядерной физики – зарядовой симметрии ядерных сил. Утверждение о зарядовой симметрии ядерных сил, то есть идентичности ядерных взаимодействий в парах нейтрон-нейтрон и протон-протон, было выдвинуто в первой половине XX в. после того, как не оправдалось более «сильное» утверждение, известное как принцип изотоп-спиновой инвариантности ядерных сил. Одним из экспериментальных подходов к измерению величины нарушения зарядовой симметрии может быть измерение сечения (длины) рассеяния нейтрона на нейтроне с тем, чтобы сравнить ее с известной длиной  $pp$ -рассеяния.

В то время как величина сечения (длина)  $pp$ -рассеяния была измерена в прямых экспериментах, величину сечения  $np$ -рассеяния до настоящего времени получают из косвенных измерений, что требует ряда поправок и ведет к расхождениям в значениях длин рассеяния, полученных в различных лабораториях. Прямое измерение сечения  $np$ -рассеяния с тепловыми нейтронами обычно считалось невозможным из-за отсутствия импульсного источника нейтронов, имеющего достаточно высокую плотность потока тепловых нейтронов.

ОИЯИ и ВНИИТФ выступили с инициативой проведения первого прямого  $np$ -эксперимента на импульсном реакторе ЯГУАР, обладающем уникальными характеристиками по сравнению с другими установками: высокой плотностью потока тепловых нейтронов ( $\sim 8 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ ),



наличием сквозного экспериментального канала для размещения конвертирующих и коллимирующих устройств, низким уровнем мощности в «хвосте» импульса делений.

К настоящему времени во ВНИИТФ совместно с ОИЯИ проведены расчетно-экспериментальные исследования по оценке фоновых условий и определению ожидаемого числа событий при регистрации нейтронов, испытавших  $nl$ -столкновения в предложенной коллимационной системе, создана тридцатиметровая времяпролетная база эксперимента.

Результаты предварительных измерений служат исходной информацией для составления планов дальнейших работ по реализации полномасштабного эксперимента по прямому измерению сечения  $nl$ -рассеяния, результаты которого могут способствовать теоретическому пониманию различия  $nl$ - и  $pp$ -рассеяния на кварковом уровне. Пустое пространство цилиндрической формы в кольцевом замедлителе (конверторе), размещенном внутри центрального канала реактора, служит как вакуумная полость для  $nl$ -столкновений. Испытавшие столкновения нейтроны регистрируются времяпролетной методикой детектором, расположенным на расстоянии

около 12 м от центра полости. Коллимационная система и «тяжелые» защиты служат для подавления фона быстрых и эпитепловых нейтронов.

#### *Руководители и ведущие участники фундаментальных и прикладных исследований ВНИИТФ*

Организаторами и научными руководителями расчетно-теоретических и экспериментальных общенаучных исследований, проводившихся и продолжающихся в настоящее время, являются: К. И. Щёлкин, Е. И. Забабахин, Л. П. Феохтистов, Е. Н. Аврорин, Б. В. Литвинов, Н. Н. Яненко, И. В. Санин, Ю. А. Зысни, Г. Н. Рыкованов.

Работы по представленным выше направлениям возглавляли и ведут: А. Н. Аверин, С. П. Антипинский, М. И. Авраменко, Ю. С. Вахрамеев, Б. К. Водолага, А. С. Владимиров, Н. П. Волошин, К. Ф. Гребенкин, М. М. Горшков, Е. А. Козлов, К. К. Крупников, В. Ф. Куропатенко, Ю. А. Кучеренко, Б. Г. Лобойко, А. В. Лучинский, В. А. Лыков, Б. Г. Леваков, А. В. Лукин, Э. П. Магда, Б. П. Мордвинов, В. Е. Неуважаев, В. Н. Ногин, А. В. Петровцев, В. А. Симоненко, Е. А. Феохтистова, Л. И. Шибаршов и другие.

## 4.2. Научно-технические и диссертационные советы. Аспирантура

### *Научно-технические советы и секции*

Научно-технический совет (НТС) института является совещательным и экспертным коллегиальным органом при директоре института по основным вопросам научной и научно-технической деятельности.

В состав НТС входят высококвалифицированные специалисты ведущих подразделений. НТС строит свою работу на основе обсуждения рассматриваемых вопросов, обмена мнениями и принятия коллективного решения.

Научно-технический совет института рассматривает, выносит рекомендации и дает экс-

пертную оценку (заключение) по следующим направлениям:

- < проектам основных направлений развития института;
- < проектам развития экспериментальной, производственной, измерительной и вычислительной базы института;
- < предложениям о постановке новых или расширении (ускорении) ведущихся исследований и разработок и о прекращении малоэффективных работ;
- < проектам планов (годовых, среднесрочных и перспективных) научно-исследовательских



- работ и предложениям по распределению ресурсов на их выполнение;
- < состоянию и результатам наиболее важных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
  - < проектам мероприятий, направленным на улучшение организации проведения НИР и ОКР, повышение их эффективности, совершенствование структуры и управления;
  - < научно-техническим проблемам и направлениям работ, обеспечивающим повышение технического уровня разработок (безопасности, надежности, стойкости и так далее);
  - < работам, выдвигаемым на соискание Государственных премий, премий Правительства РФ, премий Госкорпорации «Росатом» и других, а также работам, выдвигаемым другими организациями;
  - < другим вопросам общепитетского значения.
- Научно-технический совет выполняет следующие функции:
- < устанавливает достаточность расчетно-теоретического, конструкторского, технологического обоснования и экспериментального подтверждения характеристик разрабатываемых изделий и макетов;
  - < разрабатывает рекомендации (предложения) по основным направлениям научно-технической деятельности института;
  - < самостоятельно или по поручению руководства института выполняет научно-техническую экспертизу на любом этапе работ, проводимых в институте;
  - < рассматривает и рекомендует доклады, выносимые на заседания НТС ЯОК Госкорпорации «Росатом», НТС ВПК, а также предлагаемые решения;
  - < выдвигает работы и авторские коллективы на соискание Государственных премий, премий Правительства РФ, премий Госкорпорации «Росатом» и др.;
  - < присуждает молодым ученым премии РФЯЦ – ВНИИТФ имени выдающихся ученых, работавших в институте;
  - < выдвигает кандидатов в члены-корреспонденты и действительные члены РАН к присвоению почетных званий, на получение научных стипендий и т. п.;
  - < представляет в ВАК ходатайства о присвоении ученого звания доцента и профессора по специальности (по представлению подразделений);
  - < утверждает темы (направления) диссертационных работ аспирантов и соискателей;
  - < предоставляет научным сотрудникам института – кандидатам наук – право на осуществление научного руководства аспирантами и соискателями по соответствующей специальности;
  - < проводит обсуждение кандидатов из числа возможных претендентов для назначения на должности руководителей научных подразделений;
  - < контролирует работу секция НТС и рассматривает отчеты об их работе;
  - < рассматривает другие вопросы, требующие оценки (заключения) НТС института.
- НТС института был создан в 1957 г. под председательством К. И. Щёлкина. С 1960 по 1991 г. НТС был разделен на два: по первому тематическому направлению (НТС-1) и по второму тематическому направлению (НТС-2).
- В разное время председателями научно-технических советов были:
- < НТС-1:
    - + академик Е. И. Забабахин (с 1960 по 1984 г.);
    - + академик Е. Н. Аврорин (с 1985 по 1991 г.).
  - < НТС-2:
    - + доктор технических наук А. Д. Захаренков (с 1960 по 1966 г.);
    - + доктор технических наук Л. Ф. Клопов (с 1966 по 1972 г.);
    - + О. Н. Тиханэ (с 1972 по 1981 г.);
    - + В. А. Верниковский (с 1981 по 1991 г.).





Ученными секретарями НТС-1 и НТС-2 в разное время были:

< НТС-1:

- В. С. Курунтяев (с 1960 по 1972 г.);
- кандидат технических наук Л. Л. Лебедев (с 1972 по 1977 г.);
- кандидат физико-математических наук Я. Н. Андреев (с 1977 по 1981 г.);
- кандидат технических наук Р. И. Вознюк (с 1981 по 1991 г.).

< НТС-2:

- В. С. Курунтяев (с 1960 по 1972 г.);
- Л. М. Захаренко (с 1972 по 1991 г.).

С 1991 г. изменена структура научно-технических советов института и сформирован единый научно-технический совет.

Председатель НТС с 1991 по 2007 г. – академик Е. Н. Аврорин, с 2007 г. по настоящее время совет возглавляет академик Г. Н. Рыкованов.

Ученым секретарем НТС с 1991 по 1999 г. являлся кандидат технических наук Р. И. Вознюк, с 1999 по 2007 г. – профессор П. И. Коблов, с 2007 г. по настоящее время – кандидат физико-математических наук В. Н. Ногин.

Структура НТС института обеспечивает возможность комплексного изучения проблем, относящихся к сфере внутренней деятельности подразделений, выполняющих научно-технические исследования по сложным тематическим направлениям однородного характера, а также вопросов повышения квалификации и аттестации научных кадров, для чего НТС института формирует в своем составе секции по отдельным направлениям.

С 1991 г. сформированы секции НТС института.

#### Секция № 1 по первому тематическому направлению

Председателями секции в разное время были:

- < профессор П. И. Коблов (с 1991 по 1999 г.);
- < член-корреспондент РАН Г. Н. Рыкованов (с 1997 по 1999 г.);

< доктор физико-математических наук А. Н. Аверин (с 1999 по 2013 г.);

< доктор физико-математических наук Д. В. Петров (с 2013 г. по настоящее время).

#### Секция № 2 по второму тематическому направлению

Председателями секции в разное время были:

- < А. Н. Сенькин (с 1991 по 2001 г.);
- < Г. Д. Зеленкин (с 2001 по 2006 г.);
- < кандидат технических наук С. Г. Андреев (с 2006 г. по настоящее время).

#### Секция № 3 по исследованию поражающих факторов ядерного взрыва, теплофизических и ядерно-физических свойств веществ

Председателями секции в разное время были:

- < кандидат физико-математических наук Ю. И. Кузнецов (с 1991 по 2001 г.);
- < доктор физико-математических наук В. А. Андрияш (с 2001 по 2005 г.);
- < доктор физико-математических наук В. В. Плохой (с 2006 г. по настоящее время).

#### Секция № 4 по взрывным технологиям и новым материалам

Председателями секции в разное время были:

- < академик Б. В. Литвинов (с 1991 по 1999 г.);
- < профессор Б. Г. Лобойко (с 1999 по 2013 г.).

С 2013 года эта секция объединилась с секцией № 1.

#### Секция № 5 по радиационной медицине и продукции народнохозяйственного назначения

Председатель – кандидат физико-математических наук В. Г. Рукавишников (с 1991 по 1997 г.).



#### Секция № 6 по волоконно-оптическим устройствам и средствам телекоммуникаций

Председатель – кандидат технических наук А. Е. Барулин (с 1991 по 1997 г.).

С 1997 г. секции № 5 и № 6 ИТС института объединены в секцию № 5, которая действовала с 1997 по 1999 г.

#### Секция № 5 по конверсионным технологиям

Председатель – доктор физико-математических наук Б. К. Водолага (с 1997 по 1999 г.).

В 2013 г. была сформирована секция № 4 по работам в области гражданской тематики.

Председатель – доктор технических наук А. В. Проскурин (с 2013 г. по настоящее время).

Для подготовки и обсуждения конкретных научно-технических вопросов, относящихся к внутренней деятельности самостоятельных подразделений и отделений института, а также вопросов повышения квалификации научных кадров созданы ИТС самостоятельных подразделений и отделений института.

#### Аспирантура

Аспирантура при РФЯЦ – ВНИИТФ действует с 1958 г. Форма обучения в аспирантуре – заочная. Срок обучения составляет 4 года. Подготовка аспирантов проводится по восьми специальностям:

- < 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики;
- < 01.04.02 – теоретическая физика;
- < 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества;
- < 05.02.08 – технология машиностроения;
- < 05.11.14 – технология приборостроения;
- < 05.13.16 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;
- < 20.02.16 – системы контроля испытания вооружения и военной техники, военная метрология;
- < 20.02.21 – средства поражения и боеприпасы.

В настоящее время в аспирантуре обучается 41 аспирант и 18 соискателей.

Первым заведующим аспирантурой являлся профессор Ю. А. Романов, с 1967 г. – профессор Ю. А. Зысин, с 1978 г. – профессор И. В. Савин, с 1996 по 2012 г. – профессор Б. Г. Лобойко, с 2012 г. по настоящее время – доктор физико-математических наук Б. К. Водолага.

С момента существования аспирантуры аспирантскую подготовку прошли 4730 человек.

#### Диссертационные советы

В РФЯЦ – ВНИИТФ с 1960 г. действуют диссертационные советы по защитах докторских и кандидатских диссертаций.

В зависимости от специальностей в разное время в институте действовало несколько диссертационных советов.

Председателями диссертационных советов были:

- < академик Е. И. Забабахин (с 1960 по 1984 г.);
- < академик Л. П. Феокистов (с 1976 по 1981 г.);
- < доктор технических наук А. Д. Захаренков (с 1976 по 1987 г.);
- < профессор В. З. Нечай (с 1987 по 1996 г.);
- < академик Б. В. Литвинов (с 1987 по 2010 г.).

Учеными секретарями диссертационных советов были:

- < кандидат технических наук В. Н. Николаев (с 1960 по 1968 г.);
- < профессор В. Ф. Куропатенко (с 1976 по 1987 г.);
- < доктор технических наук В. П. Семикопенко (с 1976 по 1987 г.);
- < кандидат технических наук С. Ф. Бабин (с 1981 по 2004 г.);
- < кандидат физико-математических наук Ю. М. Белянов (с 1981 по 1987 г.);
- < кандидат технических наук В. Н. Поляков (с 1987 по 1991 г.);
- < профессор В. А. Симоненко (с 1987 по 1996 г.);
- < профессор В. Е. Неуважаев (с 1992 по 2007 г.).



В настоящее время в институте действуют три совета по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Председателями являются:

- < академик Е. Н. Аврорин (с 1981 г. по настоящее время);
- < профессор В. А. Симоненко (с 1997 г. по настоящее время);
- < профессор Б. Г. Лобойко (с 2010 г. по настоящее время).

Учеными секретарями советов являются:

- < доктор физико-математических наук П. А. Лобода (с 2007 г. по настоящее время);
- < доктор технических наук П. Ю. Твердохлебов (с 2004 г. по настоящее время);
- < профессор В. А. Горниовой (с 1991 г. по настоящее время).

За годы существования РФЯЦ – ВНИИТФ сотрудниками защищено 557 кандидатских диссертаций и 104 докторских диссертации. Распределение защит по годам деятельности института приведено в таблице.

**Защиты диссертаций сотрудниками РФЯЦ – ВНИИТФ по годам**

Годы	Количество защит кандидатских диссертаций	Количество защит докторских диссертаций
1956–1960	9	1
1961–1965	30	1
1966–1970	54	4
1971–1975	70	3
1976–1980	57	6
1981–1985	69	6
1986–1990	77	22
1991–1995	45	9
1996–2000	41	20
2001–2005	33	19
2006–2010	44	9
2010–2014	28	4

В настоящий момент в РФЯЦ – ВНИИТФ работают:

- < 2 академика РАН;
- < 39 докторов наук;
- < 185 кандидатов наук;
- < 9 профессоров;
- < 7 доцентов.

***Премии имени выдающихся ученых, работавших в институте, и организатора производства***

В целях поощрения молодых и талантливых ученых института в 1998 г. учреждены премии РФЯЦ – ВНИИТФ имени выдающихся ученых, работавших в институте.

Ежегодно присуждаются премии в следующих номинациях:

- < имени Е. И. Забабахина за лучшую работу;
- < имени В. З. Нечая в области теоретической физики;
- < имени А. А. Бунатяна в области математики и вычислительной техники;
- < имени И. В. Санина в области экспериментальных исследований газодинамических процессов и баллистики;
- < имени Ю. А. Зысина в области экспериментальной физики;
- < имени Б. В. Литвинова в области конструирования зарядов, боеприпасов и устройств обеспечения их разработки;
- < имени А. Д. Захаренкова в области разработки систем управления, приборов автоматики и контроля;
- < имени Г. П. Ломинского в области технологии и экспериментальной отработки.

Премии присуждаются молодым ученым института:

- < за фундаментальные и прикладные научные исследования;
- < за актуальные и интересные с научной точки зрения разработки, имеющие важное значение для института.



В целях поощрения молодых специалистов и рабочих РФЯЦ – ВНИИТФ, внесших наибольший вклад в организацию производства, изготовление изделий и выполнение работ производственно-технического характера, имеющих для института важное значение, учреждена премия имени выдающегося организатора производства и первого директора РФЯЦ – ВНИИТФ Д. Е. Васильева.

За период с 1998 по 2014 г. лауреатами премий имени выдающихся ученых стали 208 человек, лауреатами премий имени первого директора института стали 80 человек.

#### *Организационное обеспечение деятельности научных работников института*

С 1959 г. организационным обеспечением работ ученых института занималась сотрудник отдела научно-технической информации старший инженер Э. Н. Костромина.

В 1977 г. была создана группа научно-технических, специализированных советов и аспирантуры (НТСС и А), осуществляющая организационное, информационное и техническое обеспечение работы:

- ◀ научно-технического совета института по техническим вопросам основной тематики института и вопросам подготовки и аттестации научных кадров;
- ◀ диссертационных советов по защитах диссертаций на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук;
- ◀ заочной аспирантуры при РФЯЦ – ВНИИТФ.

С 1977 по 1983 г. руководителем группы НТСС и А был назначен И. Н. Астахов, с 1983 по 2009 г. руководство группой осуществляла Г. Н. Дьяконова, с июня 2009 г. по декабрь 2010 г. – Э. А. Гапонова. С января 2011 г. группой руководит А. Б. Байкалова.

### 4.3. Информационное обеспечение НИР и ОКР

#### *Научные конференции, публикации*

Научный руководитель и главный конструктор НИИ-1011 Кирилл Иванович Щёлкин и его заместитель Георгий Александрович Цырков придавали большое значение организации службы информационного обеспечения разработок образцов новой техники. Они ясно понимали, что необходимость информационного обеспечения специалистов в условиях быстрого развития научных исследований в новом НИИ, роста объемов поступающей научно-технической информации, дифференциации тематики между подразделениями института неизбежно ставит вопрос о создании информационной службы в новом ядерном центре.

#### *Научно-технические библиотеки*

Первым шагом в этом направлении было создание в начале 1956 г. научно-технической библиотеки института, работа которой юридически была поддержана приказом № 252 от 05 апреля 1955 г., подписанным Министром среднего машиностроения А. П. Завенягиным:

«...24. Обязать Министерство финансов СССР ... выделить Министерству среднего машиностроения в 1955 г. дополнительно лимитный контингент в размере 50000 золотых рублей для приобретения иностранной литературы для НИИ-1011...

25. Обязать Министерство высшего образования СССР и Министерство культуры СССР выделить в 1955 г. научно-технической библиотеке НИИ-1011 Министерства среднего машиностроения за счет обменных фондов



своих библиотек не менее 10 000 томов научной и технической литературы по списку, согласованному с Министерством среднего машиностроения...»

17 февраля 1956 г. в инвентарной книге № 1 появилась запись первой поставленной на учет книги: «Северуд Ф., Меррил А. Противотомная защита людей, зданий и оборудования. Перевод с англ., 1955, 291 с.» В августе того же года фонд библиотеки насчитывал уже 2087 экземпляров различных изданий.

Дальнейшему развитию научно-технической библиотеки послужил приказ Министра среднего машиностроения от 20 марта 1956 г.:

«... Создать в 1956–1957 гг. ... на ведущих предприятиях и в научно-исследовательских организациях отделения патентно-технической библиотеки по соответствующей отрасли, пополняемые копиями патентных материалов по этой отрасли, получаемых от Всесоюзной патентно-технической библиотеки...»

Начальникам объектов... Васильеву... создать в составе технических библиотек объектов патентно-технические отделения, пополняемые копиями патентных материалов по профилю объектов, получаемых от научно-технической библиотеки Министерства, увеличив штат каждой библиотеки на 1 единицу (библиотекаря)...»

После переезда на Урал в декабре 1957 г. библиотека получила специальное помещение в здании 121 на площадке 9.

Руководители института Д. Е. Васильев, К. И. Щёлкин, Е. И. Забахин, Г. П. Ломинский проявляли большое внимание к работе научно-технической библиотеки, определяли тематику и профиль ее фондов, оказывали помощь в финансировании и приобретении отечественной и зарубежной научно-технической литературы.

В июле 1957 г. распоряжением по институту был создан библиотечный совет, перед которым были поставлены следующие задачи:

- « систематический контроль за правильностью комплектования библиотечного фонда применительно к тематике работ подразделений института;
- « организация консультационной помощи библиотеке в систематизации и аннотировании полученной литературы;
- « заслушивание отчетов о работе библиотеки и разработка мероприятий по ее улучшению.

Основными источниками комплектования научно-технической библиотеки были: Московский коллектор научных библиотек, магазины технической книги Москвы, Свердловска, Челябинска. Широко использовались обменные фонды некоторых крупных библиотек страны. Посылки с книгами приходили почти ежедневно, иногда по 50–60 посылок в день.

К концу 1960 г. фонд научно-технической и общественно-политической литературы составил более 120 тыс. экземпляров – 61595 томов книг и почти 60 тыс. экземпляров журналов и информационных изданий.

Одновременно с интенсивным формированием фондов создавался справочно-поисковый аппарат: алфавитный и систематический каталоги на книги; регистрационные картотеки периодических изданий и информационных материалов; фонд справочных, библиографических и реферативных изданий; алфавитно-предметный указатель к справочному аппарату библиотеки.

При обслуживании читателей в библиотеке использовались традиционные методы и формы работы: выдавалась литература на абонементе и в читальном зале, подготавливались библиографические справки, организовывались тематические выставки литературы.

При отсутствии литературы, необходимой читателю для работы, широко использовался межбиблиотечный абонемент (МБА). В пятидесятые и в начале шестидесятых годов научно-техническая библиотека института получала много литературы по МБА из Государственной



библиотеки СССР им. Ленина, Государственной публичной библиотеки им. М. Е. Салтыкова-Щедрина, научной библиотеки Московского университета им. М. В. Ломоносова, библиотеки Центрального аэрогидродинамического института им. Н. Е. Жуковского, Всесоюзной государственной библиотеки иностранной литературы и из других библиотек. Ежегодно по межбиблиотечному абонементу заказывалось около 700 изданий.

Почти одновременно с созданием научно-технической библиотеки института начали формироваться библиотеки и в его подразделениях.

По инициативе Бориса Иосафовича Беляева была создана библиотека на заводе № 1, Армен Айкович Бунатян уделял большое внимание формированию книжных и журнальных фондов по физике, математике и вычислительной технике для научных работников и специалистов секторов 1, 2 и 3, работающих в одном здании.

Принимала своих читателей и библиотека на площадке 21, созданная в Лаборатории «Б» еще в 1949 г., большая часть фондов которой была передана в 1955 г. НИИ-1011. Эта библиотека стала прародительницей научно-технической библиотеки отделения экспериментальной физики (НИО-5) и теперь представляет ее историческое наследие, включающее, в том числе и книги XIX века.

К концу 1960 г. на территории института работали 4 библиотеки:

- < библиотека КБ с книжным фондом 32 000 единиц хранения;
- < библиотека секторов 1, 2, 3 с книжным фондом 5000 единиц хранения;
- < библиотека завода 1 с книжным фондом 2000 единиц хранения;
- < библиотека на площадке 21 с книжным фондом 24 000 единиц хранения.

Функции координирующего и методического центра выполняла библиотека КБ.

В 1974 г. были открыты новые филиалы библиотеки в КБ-1, НИИКе. На новые площади

переместились фонды филиалов НИО-5 и завода № 1.

Библиотечный фонд составлял к этому времени 473 тысячи единиц хранения.

На протяжении всей своей деятельности коллектив научно-технических библиотек успешно выполняет поставленные перед ним задачи, обеспечивая научно-технической литературой, справочно-техническими изданиями и информационными материалами руководителей, научных работников, специалистов и рабочих института.

#### *Научно-техническая информация*

Информационное обеспечение сотрудников института не могло ограничиваться только традиционным библиотечным обслуживанием.

В июне 1957 г. была создана группа научно-технической информации (НТИ) для обеспечения деятельности научных работников и других специалистов института, а также для создания системы распространения передового отечественного и зарубежного научно-технического опыта.

В задачи группы НТИ, кроме перевода материалов из иностранных источников, входило и осуществление обмена информацией между предприятиями 5-го Главного управления Министерства среднего машиностроения.

На улучшение постановки дела научно-технической информации был направлен приказ № 103/П по предприятию, изданный 19 декабря 1957 г.:

«Начальникам подразделений при направлении сотрудников в командировки на другие предприятия поручать им знакомиться с имеющимися техническими новинками в пределах заданий по командировкам и сообщать о них в отчетах по командировке, которые после утверждения направлять в группу научно-технической информации.

Группе НТИ знакомить с представленными отчетами сотрудников других подразделений;



по особо интересным отчетам организовывать семинары и доклады для заинтересованных лиц; направлять эти отчеты другим объектам Главка.

Организовать учет и систематическую отправку другим объектам Главка сведений о получаемой технической литературе, имеющихся переводах и информационных материалах, а также отчетов по командировкам...»

Весной 1958 г. группа НТИ с очередным эшелонном сотрудников института переехала с территории КБ-11 (ВНИИЭФ) на основную площадку НИИ-1011 – на Урал.

Объем информационных потребностей специалистов института с каждым годом увеличивался. Для их удовлетворения нужны были новые формы и методы информационного обеспечения. Важнейшими задачами стали поиск, анализ, синтез, обобщение и интерпретирование научно-технической информации.

Расширение задач явилось основанием для преобразования группы НТИ в отдел научно-технической информации (ОНТИ). В августе 1958 г. приказом по институту такой отдел был создан. Его руководителем был назначен Вильям Ризатдинович Хисамутдинов.

Одним из видов информационного обеспечения является участие специалистов института в конференциях, совещаниях, симпозиумах, съездах, проводимых научно-техническими обществами, министерствами и различными ведомствами.

Для упорядочения этой работы приказом по институту от 29 июля 1960 г. предписывалось сосредоточить в ОНТИ всю работу по оформлению специалистов для участия в мероприятиях научно-технической пропаганды.

После возвращения из командировки участник конференции или другого мероприятия обязан был в двухдневный срок представить в ОНТИ отчет и рекомендации по использованию в институте полученной информации и материалов конференции.

В обязанности отдела научно-технической информации входила организация семинаров с докладами сотрудников института, вернувшихся из творческих командировок. На семинары приглашались все заинтересованные специалисты.

В целях пропаганды новейших достижений науки и техники было принято решение об издании в институте с октября 1960 г. «Научно-технического бюллетеня». Его главным редактором стал В. В. Дубицкий, а его заместителем – В. Р. Хисамутдинов.

В бюллетене предполагалось печатать оригинальные статьи, описание технологических процессов, новых установок и изобретений сотрудников института, материалы научно-технических конференций и совещаний по отчетам их участников. На протяжении нескольких лет он печатался в объеме 3–4 печатных листов тиражом 100–150 экземпляров.

К началу 1961 г. задачи ОНТИ стали существенно расширяться: необходимо было вести работу по пропаганде новейших достижений науки и техники, подготовке различных обзоров технической литературы, участию специалистов в различных выставках.

В этот же период в стране изменился порядок оформления и учета материалов для опубликования в открытой печати. В соответствии со всеми нормативными документами в отделе был организован учет и регистрация таких документов.

Расширился круг специалистов института, принявших участие в различных конференциях и семинарах. Если в 1963 г. было всего 25 участников, то в 1965 г. – уже 102, в 1966 г. – 165 человек, и эти цифры неуклонно росли в дальнейшем.

В 1966 г. было подготовлено и представлено к открытому опубликованию 63 статьи и доклада сотрудников института.

В период 1966–1967 гг. были начаты работы по использованию электронных вычислительных машин для решения задач накопления,



хранения и сортировки текстовой научно-технической информации. Были сформированы технические требования, которым должна была отвечать информационно-поисковая система. Поскольку аналогов таких систем в нашей стране в те годы не имелось, решение задачи по созданию специальных программ было предложено математическому отделению института.

Одновременно в ОНТИ создается группа автоматизированной системы информационного обеспечения разработок (АСИОР), в задачи которой входило освоение вновь создаваемых программ, подбор и ввод реферативной информации, распределение ее между сотрудниками института.

В это же время формировался круг пользователей системы, сбор запросов, списки научно-технических журналов для будущего ввода информации.

Параллельно велась разработка алгоритмов и программ ввода документов в ЭЦВМ, подготовлены экспериментальные массивы для отладки всех этапов ввода, поиска и распределения информации. Это были совершенно новые и непростые задачи.

В 1972 г. первая очередь АСИОР вошла в структуру автоматизированной системы управления, что послужило и началом следующих этапов ее развития – распространению по предприятиям и НИИ Министерства, созданию кооперации пользователей более чем из 30 организаций Москвы, Ленинграда, Горького, Новосибирска и других городов. Это позволило существенно увеличить объем базы данных и обеспечить обмен информацией с использованным магнитных лент.

Опыт практической работы позволил разработчикам системы создать новое математическое обеспечение МОДИС (математическое обеспечение диалоговой информационной системы), которое существенно расширило ее возможности использовать запросы как на русском, так и английском языках.

Дальнейшим этапом развития АСИОР стал ее перевод в систему вычислительных машин ЕС и обеспечение обмена информацией между предприятиями в международном коммуникативном формате.

Внедрение и развитие АСИОР явилось пионерской работой по созданию такого рода систем в СССР. Это стало для авторов основой целого ряда публикаций, защиты нескольких диссертаций. Кандидатом физико-математических наук стал и Вильям Ризатдинович Хисамутдинов, защитивший диссертацию в Институте прикладной математики АН СССР им. М. В. Келдыша.

С 1961 г. в ОНТИ были начаты и постоянно выполняются работы по организации оперативного копирования документов. Это связано в первую очередь с необходимостью тиражирования и распространения различных информационных материалов по подразделениям института и среди ведущих специалистов.

Важнейшей задачей в работе отдела является выполнение научно-технических переводов иностранной литературы и документации. Эти вопросы решаются с первых дней создания отдела.

Тематика работ постоянно менялась, поскольку приходилось выполнять работы по широкому спектру научных проблем. Во всех случаях коллектив переводчиков обеспечивал переводы с трех языков: английского, немецкого и французского.

С 30 декабря 1974 г. начальником отдела был назначен Ярослав Николаевич Андреев – научный сотрудник теоретического отделения, кандидат физико-математических наук.

Как и Вильям Ризатдинович, он был генератором идей, был полон различных замыслов и стремился максимально сохранить уровень работ, достигнутый к этому времени отделом.

Именно он был инициатором создания системы оперативной технической информации (СОТИ) и организации группы спецфонда. Эти





идеи явились новыми звеньями в работе отдела на многие последующие годы.

В середине 1970-х гг. была поставлена задача создания и формирования фонда закрытых документов. Значительный объем накопленных документов из-за отсутствия системы их классификации не позволял оперативно разыскать и получить необходимые отчеты, книги или сборники.

В рамках ОНТИ с этой целью была создана группа, получившая название «спецфонд».

В начале 1980-х гг. была закончена разработка первой редакции «классификатора» – основного документа информационно-поискового языка, предназначенного для индексирования содержания и формы документов и запросов с целью последующего осуществления поиска.

Создание этой системы явилось новым передовым шагом в работе с закрытыми документами и не имеет аналогов в стране.

С 1978 по 1980 гг. начальником ОНТИ был Владислав Иванович Никитин, с 1980 по 1985 гг. – Эдуард Николаевич Маслович. С 1 января 1985 г. на должность начальника отдела был назначен Владимир Николаевич Ананийчук, с декабря 2009 г. начальником отдела работает Станислав Иванович Грабовенский.

Период 1980-х гг. стал периодом бурного развития новых информационных технологий во всем мире.

Это диктовало необходимость оценить задачи и перспективы развития отдела с новых более современных позиций.

С этой целью в течение 1985–1986 гг. был подготовлен и детально обсужден в коллективе «Перспективный план работы ОПИНТИ на 1987–1990 гг. по совершенствованию патентно-технических исследований и развитию системы НТИ на предприятии».

Он был согласован с руководством института, в нем основное внимание уделялось вопросам автоматизации информационных процессов и новым технологиям работы.

Многолетняя кропотливая работа специалистов института и сотрудников спецфонда, заполнивших в итоге около 200 000 различных карточек и создавших справочно-поисковый аппарат, позволила эффективно работать более чем с 50 000 документами и 42 000 карт.

К концу 1980-х гг. информационные фонды отдела включали в себя:

- ◀ библиотечный фонд (ед. хранения) – 682 000, в том числе:
  - журналов, брошюр – 420 000;
  - книг – 262 000;
- ◀ картотеки справочного аппарата – 430 600 карточек;
- ◀ патентный фонд:
  - полных описаний:
    - отечественных изобретений – 850 000;
    - зарубежных патентов – 150 000;
    - рефератов зарубежных патентов – 3,5 млн ед.

К этому времени в систему АСИОР было введено более 423 000 реферативных записей статей из 170 отечественных периодических изданий.

Были подготовлены первые предложения по разработке программ Микро-Модис для последующего перевода системы АСИОР с машин серии ЕС на ПЭВМ.

Появляются первые персональные ЭВМ и в ОНТИ, начинаются работы по их освоению.

Период 1985–1990 гг. был знаменателен для института в связи с началом конверсионной деятельности. Стали востребованными источники информации по новым направлениям. Специалистами готовились десятки самых разнообразных предложений: от производства медицинских иглолок до установок для вытяжки оптоволокна. Устанавливались совершенно новые связи со многими институтами и предприятиями.

Начало рекламно-коммерческой деятельности требовало получения знаний в области патентного права зарубежных стран, внешнеэкономической деятельности, востребованной



в этот период была информация о предприятиях и продукции зарубежных стран.

К 1990 г. были подготовлены и утверждены необходимые нормативные документы по взаимодействию и организации патентно-лицензионного и информационного обеспечения договорных работ.

Отдел участвовал в работах по подготовке и проведению Совместного эксперимента по контролю (СЭК) в 1988 г. В нем принимали участие сотрудники группы научно-технического перевода.

Текущая деятельность отдела неоднократно получала высокую оценку по институту и в отрасли. По итогам 1985 г., в ходе отраслевого смотра по научно-технической информации, коллектив был награжден Почетной грамотой Министерства и ЦК профсоюз за III место по итогам соревнования в XI пятилетке. Одновременно институт был удостоен Грамоты Межотраслевой комиссии группы оборонных отраслей промышленности «За высокие показатели в обеспечении научно-технической информации...»

В мае 1988 г. институт занял II место в отраслевом смотре по НТИ по итогам научно-информационной деятельности в 1986–1987 гг.

#### *Научно-технические конференции*

Зарождающаяся в эти годы открытость института послужила импульсом в организации и проведении семинаров и научно-технических конференций.

Первым шагом в этом направлении стали Забабахинские научные чтения, ставшие крупным научным форумом в области физики высоких плотностей энергии.

Первые Забабахинские научные чтения (ЗНЧ-1) были организованы как мемориальная конференция к 70-летию со дня рождения Евгения Ивановича Забабахина. Она проходила с 14 по 16 января 1987 г. и была закрытой. Участвовали в ней специалисты ВНИИТФ и ВНИИЭФ. В ходе представления и обсуждения докладов

стало ясно, что тематика конференции выходит далеко за рамки закрытых работ, фактически отражая содержание новой области научных исследований – физики высоких плотностей энергии.

Поэтому следующая конференция ЗНЧ-2 (16–19 января 1990 г.) была проведена как общероссийская с участием ведущих научных центров страны.

Начиная с ЗНЧ-3 (13–18 января 1992 г.), все последующие конференции проходили как международные.

На конец 2014 г. проведено 12 ЗНЧ. Тематика докладов охватывает основные направления физики высоких плотностей энергии, представленные в шести секциях:

1. Кумулятивные и имплозивные процессы, ударно-волновые явления и высокоскоростные столкновения.
2. Взрывные и детонационные явления.
3. Явления в плотной и высокотемпературной плазме.
4. Гидродинамическая неустойчивость и турбулентность.
5. Свойства веществ в высокоинтенсивных процессах.
6. Математическое моделирование высокоинтенсивных процессов.

Интерес к конференции постоянно растет. Она способствует укреплению позиций РФЯЦ – ВНИИТФ как крупнейшего научного центра России.

Начиная с 1995 г., во ВНИИТФ регулярно, раз в два года, проводится Уральский международный семинар «Радиационная физика металлов и сплавов». Его организаторами являются ВНИИТФ, Институт физики металлов (г. Екатеринбург) и Совет по радиационной физике РАН. В работе семинара принимают участие до 150 ученых. Доклады и обсуждения проходят в семи тематических секциях:

1. Общие вопросы физики радиационных повреждений.



2. Влияние облучения на изменения микро-структуры и свойства металлов и сплавов.
3. Поведение имплантированных и трансмутационных газовых примесей в облученных металлах и сплавах.
4. Радиационно ускоренные и радиационно стимулированные явления.
5. Материалы ядерной и термоядерной энергетики.
6. Техника и методика эксперимента.
7. Некоторые вопросы физики радиационных явлений в полупроводниках и изоляторах.

Специальные конференции по защите Земли от опасных космических объектов проведены в Снежинске в 1994 и 1996 гг. и в Евпатории в 2000 г. с участием ученых России, США, Франции, Италии и стран СНГ.

В работе первой из них (26–30 сентября 1994 г.) принимал участие «отец водородной бомбы США» Э. Теллер. Каждый раз в конференции принимали участие более 200 ученых и заслушивались более 100 докладов с тематикой, охватывающей проблемы обнаружения

опасных объектов, меры борьбы с ними, системы защиты Земли и юридические вопросы международного сотрудничества в области создания таких систем.

В 1997 г. ВНИИТФ принимал у себя IV Международную Пагоушскую конференцию, в которой приняли участие ученые России, США, Великобритании, ФРГ, Японии, Франции, Италии, Швеции, Швейцарии и Китая. Темой конференции было «Состояние и перспективы ядерных комплексов США и России».

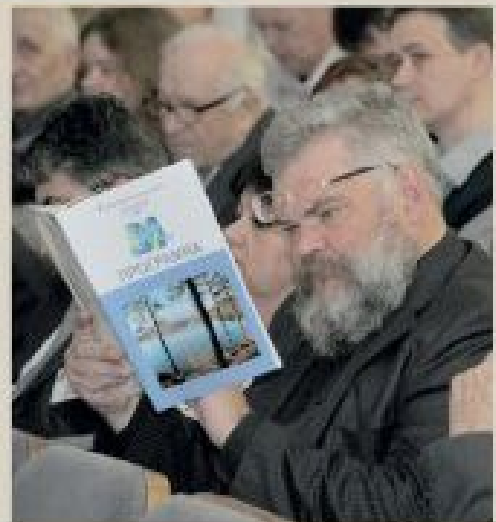
В 1999 г. в Снежинске состоялся 2-й семинар «Реабилитация больших территорий», проведенный по результатам выполнения проектов МНТЦ, относящихся к радиационной экологии. В последующем тематика этого семинара обсуждалась в рамках конкретных проектов МНТЦ, ведущей организацией по которым являлся РФЯЦ – ВНИИТФ (2001–2005 гг.).

Особое место в ряду научных конференций, организованных ВНИИТФ, занимает Сунгульская конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н. В. Тимофеева-Ресовского,



Первые Забабахинские научные чтения, 1987 г.







работавшего с 1947 по 1955 г. в Лаборатории «Б» на базе санатория «Сунгуль». Конференция проходила в рамках объявленных ЮНЕСКО памятных дат 2000–2001 г. Было 135 участников, в том числе академики РАН и РАМН. В продолжение традиции встреч радиоэкологов в 2002 и 2004 г. на Сунгуле были проведены семинары молодых ученых, перед которыми выступили ученики и сотрудники Н. В. Тимофеева-Ресовского.

16–20 сентября 2002 г. ВНИИТФ провел на территории санатория «Дальняя дача» (Кыштым, Челябинская обл.) III Международную конференцию «Проблемы лазеров с ядерной накачкой». Участвовали более 70 ученых из 7 стран, были представлены более 100 докладов. В двух предыдущих конференциях ВНИИТФ также



Э. Теллер в Музее ядерного оружия ВНИИТФ, 1994 г.

принимал самое непосредственное участие (1990 г. – в Снежинске, 1992 г. – в Обнинске).

С 5 по 13 июня 2002 г. во ВНИИТФ прошла школа-семинар «Аналитические методы оптимизации процессов в механике жидкости и газа».

Ежегодно более 200 специалистов и ученых института принимают участие во всероссийских и международных конференциях.

### *Научные публикации*

В середине 1980-х гг. стало понятно, что накопленный за многие годы работы в закрытых условиях большой научный потенциал и инженерные достижения должны найти свое отражение в научных публикациях.

Первым шагом в этом направлении в 1986 г. стала подготовка к изданию книги Е. И. Забабахина и И. Е. Забабахина «Явления неограниченной кумуляции». Ее рецензентами стали доктор физ.-мат. наук Е. Г. Гамалий и В. А. Симоненко, а редактором – академик Я. Б. Зельдович, отметивший в предисловии: «... Я испытываю смешанное чувство – гордости за то, что им [Е. И. Забабахиним] сделано, и горечи утраты талантливого и хорошего человека и друга».

Книга вышла в издательстве «Наука» в 1988 г. небольшим тиражом (всего 800 экз.). Несколько позже она была издана и на английском языке.

Крайне малые тиражи книг стали основой обращения к издательству «Наука» и просьбой о разрешении выполнить дополнительные тиражи за счет института. Необходимые документы были получены и в 1991 г. и 1992 г. эти книги были повторно изданы в Челябинске и Екатеринбурге.

В 1995 г. институт получил лицензию на издательскую деятельность и с этого периода времени обеспечивает выполнение больших объемов работ по изданию препринтов (свыше 200), материалов конференций, книг и журналов, научных работ сотрудников института.



Необходимо отметить, что полностью опубликовано научное наследие академика Е. И. Забабахина. Всего же издано свыше 50 различных книг.

В 1997–2009 гг. совместно с Челябинским научным центром УрО РАН и Южно-Уральским государственным университетом осуществлялось издание электронного журнала «Известия Челябинского научного центра УрО РАН».

В декабре 2002 г. был создан Редакционно-издательский совет под председательством академика Е. Н. Аврорина, который формирует планы подготовки материалов и принимает решения об их издании.

За годы работы был реализован ряд издательских проектов МНТЦ; совместно с редакцией журнала LASER AND PARTICLE BEAMS издан специальный выпуск журнала, авторами которого стали российские ученые; совместно с Американским институтом физики в 2006 г. изданы «Труды VIII Забабахинских чтений».

Рост объемов работ по проектам МНТЦ и программам совместного сотрудничества с американскими и другими лабораториями привел к существенному росту числа публикаций в различных журналах, представлениям докладов на конференциях и отчетов по проектам МНТЦ.

За 10 лет в период 1995–2004 гг. эти показатели составили:

- < публикации – 526,
  - в том числе в зарубежных журналах – 67;
- < количество конференций в России, в которых приняли участие сотрудники института – 274,
  - представлено докладов – 1868;
- < количество международных конференций – 343,
  - представлено докладов – 652;
- < отчетов по проектам МНТЦ – 628.

С 2004 по 2013 г. были опубликованы 466 статей, на различных научно-технических мероприятиях сотрудники института представили свыше 2100 докладов.

### *Современное состояние и активные участники информационной деятельности*

Начало 2000-х гг. стало новым этапом в деятельности отдела научно-технической информации. Изменившаяся ситуация в стране, укрепление позиций института позволили отделу более эффективно реализовать свои задачи.

ОНТИ постоянно совершенствует и расширяет спектр услуг по информационной поддержке ученых и специалистов института, внедряет современные технологии накопления и обработки данных.

Существенно расширились возможности с 2002 г. после создания и ввода в эксплуатацию открытой локальной сети с выходом в Интернет. В 2006 г. она была расширена за счет создания новых рабочих мест в библиотеках КБ-1, КБ-2, НИО-5. Это позволило на современной основе организовать работу читателей и взаимодействие с целым рядом различных библиотек, информационных центров и консорциумов. Благодаря этому для сотрудников института стали доступными огромные ресурсы научной электронной библиотеки РФФИ, издательства Elsevier, IOP, AIP и целого ряда других. Стал возможным доступ ко многим полнотекстовым базам данных.

В последние годы сотрудники института имеют доступ ко многим электронным базам данных научно-технической литературы. В рамках валютной подписки в НТБ поступает более 40 наименований журналов, к большинству из которых имеется онлайн-доступ. Помимо журналов в подписку входит ACM Digital Library – цифровая библиотека Association for Computing Machinery для специалистов в области вычислительной техники. Институт, как член Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОИ), имеет доступ к базам данных зарубежных издательств, таких как Optical Society of America, Taylor&Francis, Springer, Institute of Physics London и др.



Совокупный библиотечный фонд института в настоящее время насчитывает около 600 тысяч единиц хранения, из них 212 тысяч составляют книжные фонды, и 390 тысяч – брошюрные и журнальные.

В библиотеки института каждый год поступает свыше 400 наименований различных научно-технических российских журналов.

Переориентирована работа группы АСИОР, которая реализует участие института в большом российском проекте «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС), что обеспечивает доступ к поиску статей по рефератам 900 российских журналов, из которых 130 имеются в библиотеке института.

Активно используются каналы электронной доставки статей из журналов, ежегодно приобретается около 1500 наименований отечественных и зарубежных книг.

Вся деятельность ОНТИ на протяжении истории института направлена на информационное обеспечение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ тема-

тических подразделений. Наиболее заметный и существенный вклад в это дело внесли и вносят: Т. А. Алексанина, В. Н. Ананийчук, Я. Н. Андреев, И. Н. Астахов, Г. А. Балакшина, М. Т. Боброва, И. К. Бувечич, О. А. Бушугева, Т. Я. Быченкова, А. Д. Варфоломеев, В. И. Василенко, Е. Е. Видинеева, В. В. Власов, Л. П. Герасимова, С. И. Грабовенский, Т. Н. Горбатова, В. Л. Дронов, О. В. Ерлыгина, Т. В. Ерохина, Л. В. Жондешкая, О. В. Завьялова, М. И. Зайцева, Н. П. Запарий, В. Н. Ильченко, И. И. Карлыханова, Н. А. Келрова, В. В. Козырев, Л. Г. Кондакова, Э. П. Куликовских, Г. Е. Курочкина, В. Б. Литвинов, Л. В. Макарычева, Л. В. Мардашева, Э. Н. Маслович, Н. В. Милованова, В. И. Никитин, Н. А. Ордынская, В. В. Осташева, Л. А. Петрова, А. Д. Погребова, Н. И. Потеряхина, К. С. Правдина, Н. И. Пригарина, В. М. Приходько, Т. Б. Пряхина, А. С. Ракова, Н. Н. Репьева, Л. Н. Сильверстова, В. А. Ткаченко, В. Р. Хисамутдинов, И. Э. Хисматова, А. Д. Храброва, Я. А. Черничина, Н. В. Чупрунова, Н. Н. Шувалова, И. Е. Ядринцева, М. И. Ядыкина, Е. К. Ярошевская.

#### 4.4. Кадровый состав института

Одновременно с организацией НИИ-1011 был создан отдел кадров, перед коллективом которого на первом этапе стояла сложная задача по подбору и оформлению на работу научных и инженерно-технических работников, высококвалифицированных рабочих и выпускников технических и ремесленных училищ, а также по переводу на работу во вновь созданный институт сотрудников из других организаций.

##### *Начальный этап подбора кадров*

Основной руководящих и инженерных кадров нового института стали 350 ученых и специалистов, переведенных из КБ-11 в течение 1955 г.

Для своевременного комплектования необходимыми специалистами постановлением Пра-

вительства институту было разрешено отобрать с предприятий Министерства среднего машиностроения (МСМ) 500 человек, с предприятий других министерств – 150 человек, с предприятий Свердловской и Челябинской областей – 1100 человек (по решению обкомов КПСС). Укомплектование института кадрами проводилось за счет специалистов, переводимых из комбинатов № 6, 813, 816, 817, с заводов № 12, 48, 250, 418, 544, 906, «Двигатель», из НИИ-9, ГСПИ-11, ГСПИ-12, КБ-12, КБ-11, Гидротехнической лаборатории и даже из центрального аппарата МСМ.

Уже в начале 1956 г. на основании Постановления ЦК КПСС были отобраны около 300 будущих сотрудников (выпускников институтов и техникумов).





Серьезную трудность, мешающую своевременному комплектованию кадрами, создавало отсутствие жилья и производственных помещений. В первые годы деятельности института планы строительства не выполнялись. При ввозе очередной группы сотрудников приходилось их временно размещать на жительство в совхозе «Береговой», в здании школы на площадке № 21 и даже в каменных пристройках к оранжерее Лаборатории «Б».

Отсутствие жилья и производственных помещений привело к вынужденному размещению специалистов института в других городах. На 1 августа 1956 г. сотрудники НИИ-1011 работали:

- < в КБ-11 – 800 человек;
- < в Московском институте прикладной математики – 65 человек;
- < на Уралмаше в Свердловске – 85 человек;
- < на заводе № 56 в Нижнем Тагиле – 10 человек;
- < на заводе № 78 в Челябинске – 10 человек.

Только к концу 1958 г. специалисты, размещенные в разных городах, были отозваны и приступили к работе непосредственно в институте.

Принципы подбора молодых специалистов из выпускников вузов для работы в институте неизменны до сих пор: из числа отличников кадровики выбирали и выбирают наиболее активных и подходящих по анкетным данным. Кроме специалистов с высшим образованием в институт принимались и выпускники техникумов, школ ФЗО, ремесленных училищ. Комплексность создаваемого НИИ-1011 требовала работников широчайшей номенклатуры: от ученых до слесарей, от конструкторов до завхозов, от технологов до работников секретного производства.

Следует еще иметь в виду, что на начальных этапах создания института его руководство отвечало не только за предприятие, но и за на-

рождающиеся структуры города. Лишь много позже произошло отделение городской инфраструктуры от градообразующего предприятия, а первые 25 лет директор ВНИИТФ был и «отцом» закрытого города.

И еще одна немаловажная особенность была на начальном этапе комплектования кадров – ни один вуз в то время не готовил специалистов нужного профиля. Позже были образованы институты и кафедры, подготавливающие студентов к быстрому доучиванию на рабочем месте с соблюдением режимных требований.

Итак, работники кадровых служб вместе с заинтересованными представителями научных или производственных отделов объезжали престижные профильные вузы и техникумы и подбирали выпускников. После соответствующего оформления молодой специалист или рабочий въезжал в закрытый город. Нередко получалось так, что одновременно в один и тот же отдел, цех, лабораторию оформлялись друзья по институту или техникуму. Это, конечно, помогало им на новом месте. Но главное, нарождающиеся коллективы теоретиков, математиков, физиков и другие с душой, приветливо встречали молодежь и помогали ей освоиться на интересной и ответственной работе.

Несмотря на большие трудности первых лет, многие сотрудники показали себя с хорошей стороны, проявляли творческую инициативу, огромное желание трудиться с полной отдачей сил. И такие работники не оставались незамеченными. Инженерно-технические работники повышались в должностях, а рабочим присваивались более высокие разряды. Так, в 1957 г. на новые должности были выдвинуты 30 человек, в 1958 г. – 30 человек, в 1959 г. – 170 человек, а в 1960 г. – 200 человек. В 1957 г. повышены разряды 60 рабочим, в 1958 г. – 290 рабочим, в 1959 г. – 250 рабочим, а в 1960 г. – 800 рабочим.



### *Кадровая политика второго и третьего периодов истории института*

К 1960 г. была, в основном, решена задача комплектования института рабочими и инженерно-техническими работниками. Основные цеха завода № 1 полностью перешли на двухсменную работу. Почти прекратились простои оборудования из-за недостатка рабочей силы, основной состав руководящих, научных и инженерно-технических кадров был укомплектован квалифицированными специалистами, имевшими достаточный стаж практической работы.

Все это позволило перейти к планомерной кадровой политике последующих лет, которая базировалась на привлечении молодых специалистов нужных специальностей и молодых рабочих, окончивших технические училища.

После открытия в городе городского профтехучилища № 80 в 1963 г. институт стал пополняться молодыми рабочими кадрами из числа его выпускников.

В разные периоды истории существования института менялись источники комплектования кадрами, менялась их география.

На первом (1955–1960 гг.) и втором (1961–1970 гг.) этапах научные кадры и инженерно-технические работники прибывали по путевкам из Днепропетровского и Уральского университетов, Харьковского авиационного института, Калининского, Ленинградского, Пермского, Уральского, Челябинского, Куйбышевского политехнических институтов, Ростовского института сельскохозяйственного машиностроения, МИФИ, местного филиала МИФИ (МИФИ-6) и вечернего Челябинского политехникума.

В начале третьего этапа деятельности института (1971–1991 гг.) несколько изменился перечень ВУЗов, откуда прибывали научные и инженерно-технические кадры. Это были: МГУ, Горьковский, Ленинградский, Ростовский, Томский, Уральский, Челябинский госуниверситеты, Челябинский политехнический институт, МИФИ,

МИФИ-6, Московский институт химического машиностроения, Ленинградский политехнический институт, Томский политехнический институт. Приезжали выпускники средне-специальных учебных заведений: Кыштымского радиомеханического, Чапаевского химико-технологического техникумов.

### *Кадровые проблемы современности и пути их решения*

В самый трудный период (1992–1999 гг.) молодые специалисты принимались практически только из Снежинской государственной физико-технической академии (бывший МИФИ-6). Мера эта была вынужденная: финансирование работ существенно снизилось, строительство жилья почти прекратилось, общежитий у института не было.

Возникла очень беспокоящая проблема старения и преемственности кадров. Дело в том, что международные договоры и обязательства запрещают распространять знания о ядерном оружии, в то же время его наличие требует компетентного управления. В этих условиях и сегодня, и впредь до уничтожения последнего ядерного боеприпаса, если когда-то в будущем ядерное оружие будет полностью запрещено, потребуются квалифицированные, компетентные специалисты для обеспечения надежности, сохранности и безопасности этого вида оружия. Значит, одна из задач государства сохранять и в необходимой мере развивать научно-производственный потенциал ядерных центров и главную его силу – ученых, инженеров, рабочих, имеющих и передающих своей молодой смене знания и опыт поддержания действующего ядерного арсенала до тех пор, пока он будет являться необходимым гарантом национальной безопасности и суверенитета нашей страны. В связи с этим руководством института была поставлена задача по привлечению молодых специалистов из ведущих вузов страны.



В 1999 г. было начато строительство первого общежития для молодых специалистов. Начиная с 2000 г., семейным сотрудникам предоставляется отдельная квартира, холостым – комната в квартире, которые приватизации, обмену и продаже не подлежат.

За 2000–2005 гг. сложились хорошие деловые отношения с вузами Томска (политехнический институт, университет), Перми (политехнический институт, университет), Челябинска (оба университета); к сожалению, молодые специалисты из ВУЗов Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Екатеринбурга практически перестали приезжать работать во ВНИИТФ.

В институте введена практика обязательной стажировки молодых специалистов, приказом назначается руководитель стажировки, который помогает молодому специалисту в профессиональной и житейской адаптации.

Организована и проводится в первые месяцы работы «Школа молодого специалиста». Это своеобразное знакомство с институтом, его историей, направлениями деятельности, с руководством и учеными института.

В настоящее время в институте действует стройная система привлечения и отбора кадров, начиная со школьной скамьи, колледжа, института, кончая приемом на работу.

Регулярно работники отдела кадров, ведущие специалисты института проводят встречи с учащимися старших классов по вопросам профориентации, на которых рассказывают о профиле работы подразделений, дают советы, куда следует поступать учиться, чтобы была возможность вернуться в город для работы в институте.

На протяжении многих лет в институте действовала Малая академия, которая объединяла наиболее одаренных школьников города, позволяла им принимать участие во многих конкурсах, семинарах, симпозиумах, олимпиадах как в России, так и за рубежом. Самое

непосредственное участие в работе Малой академии принимал академик Е. Н. Аврорин.

Хорошей традицией стало ежегодное проведение на базе РФЯЦ – ВНИИТФ «Школы молодых ученых», на которую приглашается наиболее талантливая молодежь из различных, в том числе ведущих, вузов страны. На этой школе происходит знакомство с историей нашего института и города. Молодые люди делятся своим опытом в научной работе.

Для повышения творческой и жизненной активности молодых специалистов созданы и работают Советы молодых специалистов, Молодежная комиссия при профкоме, проводятся вечера молодых специалистов.

В целях поощрения молодых талантливых ученых института за фундаментальные и прикладные научные исследования, актуальные и интересные с научной точки зрения в 1970–1980 гг. проводились конкурсы на звание «Лучший молодой специалист института» по специальностям, «Лучший молодой изобретатель», а с 1998 г. учреждены премии РФЯЦ – ВНИИТФ имени выдающихся ученых, работавших в институте.

Эти премии носят имена Е. И. Забабахина, В. З. Нечая, А. А. Бунатяна, Ю. А. Зысина, И. В. Санина, А. Д. Захаренкова, Г. П. Ломинского. В 2010 г. была учреждена премия имени Б. В. Литвинова. Также молодые специалисты и рабочие РФЯЦ – ВНИИТФ, внесшие наибольший вклад в организацию производства, изготовление изделий и выполнение работ производственно-технического характера, награждаются премией имени первого директора института Д. Е. Васильева. Премии присуждаются решениями НТС и технического совета института и вручаются на торжественном собрании.

Некоторые данные, характеризующие кадровый состав института, указаны в нижеприведенных таблицах и комментариях к ним.

Форсирование приема молодых специалистов, уменьшение количества работающих



пенсионеров позволили остановить рост среднего возраста в институте.

В 1992–1999 гг., в связи со сложным финансовым положением на предприятии, имела место тенденция оттока рабочих кадров. Из института уходили высококвалифицированные специалисты. Опытные заводы стали испытывать острую нехватку в основных рабочих профессиях, прежде всего в станочниках.

Об этом говорят цифры: в 1998 г. число принятых станочников составило 49 человек, а уволенных – 128. Положение осложнялось тем, что городской профессиональный лицей в то время не готовил специалистов по нужным профессиям.

Ситуация стала изменяться в 2000 г. Отдел кадров института и завода № 1 установили сотрудничество с центром занятости населения г. Касли. На работу были приняты около 30 станочников. В 2001 г. Профессиональный лицей № 120 подготовил и выпустил первую группу станочников, которые были трудоустроены в подразделения института. Также с 2001 г. началась практика приема на станочные работы студентов машиностроительного факультета Снежинского колледжа (СГПК). На 4-м курсе студенты проходили преддипломную практику на заводе № 1, а после окончания СГПК поступали на работу станочниками.

#### Прием молодых специалистов

Период	1961–1970 гг.	1971–1991 гг.	1992–1999 гг.	2000–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2012 гг.
Высшее спец. обр.	1177	1300	770	996	653	270
Среднее спец. обр.	756	190	14	–	–	–

#### Средний возраст работающих

Год	1992	1995	2000	2005 <sup>*</sup>	2010 <sup>**</sup>	2012
Средний возраст (всего)	40,47	42,32	43,67	43,45	41,45	42,1
в том числе:						
мужчин	41,22	43,48	45,08	43,23	40,98	41,55
женщин	39,43	40,77	41,91	43,74	42,02	42,77

<sup>\*</sup>Средний возраст увеличился в связи с возвратом дочернего предприятия «Трансэнерго» в состав института.

<sup>\*\*</sup>В 2009 г. одновременно уволились около 1000 пенсионеров. Средний возраст уволившихся составлял 61 год. В результате средний возраст работающих уменьшился почти на 2 года.

#### Показатели приема-увольнения

Период	1961–1970 гг.	1971–1991 гг.	1992–1999 гг.	2000–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2012 гг.
Принято	15664	22500	9880	7583 <sup>***</sup>	3494	1193
Уволено	6562	18800 <sup>*</sup>	18700 <sup>**</sup>	4583	6915 <sup>****</sup>	906

<sup>\*</sup>Передача ЖКУ и ОДН в муниципалитет.

<sup>\*\*</sup>Образование дочернего предприятия «Трансэнерго».

<sup>\*\*\*</sup>Присоединение «Трансэнерго» к институту.

<sup>\*\*\*\*</sup>«Трансэнерго» выделены из состава института в ОАО «Трансэнерго».



Начиная с 2000 г. возрос прием рабочих из жителей города; возвращаются те рабочие, которые уволились из института в период сложного финансового положения. Начиная с 2003 г. укомплектованность ВНИИТФ рабочими станочных и других рабочих профессий составляет более 90%.

#### *Подготовка и переподготовка кадров*

Планомерное периодическое обучение, продолжение образования работников института в течение всей трудовой деятельности – основная задача системы обучения и переподготовки кадров. Целью этой системы является формирование и поддержание квалификационного уровня, обеспечивающего решение производственных задач и безопасность работ при их выполнении.

В первые годы существования института наибольший упор делался на повышение общеобразовательного уровня рабочих через обучение в вечерних и очно-заочных школах рабочей молодежи (ШРМ) и повышение профессионального уровня в школах передовых методов труда.

Обучение рабочих производилось и непосредственно в институте на курсах целевого назначения, курсах повышения квалификации

с отрывом и без отрыва от производства, через индивидуальное и бригадное обучение, обучение на вторые и смежные профессии.

Кроме того, институт готовил своими силами новых рабочих, присваивая им после прохождения обучения соответствующую профессию (см. таблицу данных по обучению).

Пик обучения приходится на 1971–1991 гг., когда ежегодно проходили обучение в среднем 1790 рабочих; «провальным» периодом можно назвать 1992–1999 гг., когда из-за недостатка финансирования приходилось обучать ежегодно в среднем только 876 рабочих.

Повышению квалификации и подготовке руководителей и специалистов в институте всегда уделялось значительное внимание. В первое время существовала проблема обучения руководителей и специалистов, занимающих соответствующие должности и не имеющих высшего или среднего профессионального образования (так называемые «практики»).

Например, на 1 января 1967 г. в институте таких работало 396 человек. Из них учились в вечерних и заочных вузах 74 человека, в техникумах – 38 человек.

Повышение квалификации руководителей и специалистов проходило, в основном, на

Сводные данные по обучению

Показатели	1960*	1961–1970	1971–1991	1992–1999	2000–2005	2006–2010	2011–2014
Количество работников, прошедших обучение во всех видах и формах подготовки и повышения квалификации (всего)	1244	23581	65800	15500	13421	12715	9592
Обучено рабочих	974	13150	36500	8000	7277	7203	4053
из них подготовлено новых рабочих	145	1184	1950	600	447	383	179
Обучено руководителей и специалистов	270	10431	29800	7000	6144	5512	5539

\* С 1955 по 1959 гг. данные отсутствуют.



вечернем отделении № 6 МИФИ, а с 1969 г. на созданном при МИФИ-6 факультете повышения квалификации (ФПК) инженерно-технических работников (был закрыт в 1992 г.). Кроме того, повышение квалификации производилось на курсах в рамках нашего института, на ФПК различных вузов, на курсах повышения квалификации при Министерстве, в Центральном институте повышения квалификации.

Впервые в 1965 г. в институте была внедрена заочная форма повышения квалификации дипломированных специалистов. Учеба проходила на 11-месячных курсах в Московском автодорожном институте, Всесоюзном заочном экономическом институте, Московском областном политехникуме и др.

В институте регулярно проводится обучение руководителей и специалистов по направлениям деятельности и по требованиям органов надзора.

### *Научные сотрудники и специалисты нового профиля*

Для кадров научно-исследовательского института важнейшим показателем является образовательный уровень сотрудников (см. таблицу количества работников с высшим и средним профессиональным образованием).

Генераторами новых идей и руководителями направлений научно-исследовательских работ чаще всего являются научные работники (см. таблицу количества научных работников).

Как видно из этой таблицы, на современном этапе научные работники составляют около 10% от численности сотрудников института. Среди них академики, десятки докторов и профессоров, заслуженные деятели науки.

В связи с изменением и расширением тематики НИОКР институту требуются сотрудники нетрадиционных специальностей. Если прежде были востребованы такие специальности, как

#### Количество работников с высшим и средним профессиональным образованием

Год	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2014
Кол-во сотр. с высшим обр.	277	1120	1688	2572	3183	3775	4322	5244	5088	4416	5235	5030	5378
Кол-во сотр. со средним проф. обр.	153	945	1109	2117	2595	3045	2983	3578	2914	2107	2575	1569	1399
% от кол-ва сотрудников, соответственно	26,4 14,6	16,8 14,2	14,8 9,7	19,4 15,9	22,2 18,1	24,2 19,5	27,7 19,1	31,3 21,4	32,7 18,7	42,4 20,2	40,6 20,0	53,3 16,6	57 14,8

#### Количество научных работников

Год	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2014
Всего	533	827	987	1129	1269	1029	1166	1050	1056	876	1018
из них:											
доктора	6	7	11	12	15	28	32	39	51	39	39
кандидаты	37	67	113	142	186	245	266	238	204	167	183
академики	2	2	2	1	-	1 чл.-корр.	1 + 1 чл.-корр.	2	2 + 1 чл.-корр.	2	2
профессора	2	1	2	2	3	9	12	13	11	7	9



теоретическая, математическая, экспериментальная ядерная физика, вычислительные машины и программирование, газодинамика, физика горения и взрыва, динамика и прочность машин, баллистика, конструирование приборов и систем, радиотехника, импульсная техника и другие, то теперь в рамках расширения зоны ответственности Росатома по управлению боевыми блоками и внедрению современных технологий необходимы кадры следующей специализации: конструирование управляемых летательных аппаратов, алгоритмы астронавигации, системы управления, твердотельная микроэлектроника, нанотехнологии, лазерная техника и т. п.

При этом необходимо преодолеть характерные для современного этапа проблемы вузов и профессионально-технического обучения рабочих:

- < старение профессорско-преподавательского состава;
- < несовременное учебно-лабораторное оборудование;
- < оплата целевой подготовки, обеспеченность общежитием, размеры стипендий;
- < сокращение профессионально-технических училищ.

#### *Общие сведения о кадровой службе и кадрах института*

Завершая краткое описание деятельности кадровой службы ВНИИТФ, отметим, что в отделе кадров используются достижения современной техники, способствующей улучшению технологии работы с кадрами.

С 1965 г. институт одним из первых предприятий Министерства среднего машиностроения ввел механизированный учет кадров. Отчетность проводилась механизированным способом через машиносчетную станцию при бухгалтерии предприятия.

В 1975 г. началась подготовительная работа по переводу учета кадров на ЭВМ и внедрению

в разделы автоматизированной системы управлением производством (АСУП) подсистемы «Кадры». В 1979 г. она была пущена в эксплуатацию.

В 1992 г. совершается перевод базы данных на персональные компьютеры, а в 1999 г. завершено создание единой сети и интегрированной базы данных управления института.

Новым направлением в работе кадровой службы с использованием современных технических средств является профотбор и оценка персонала по психологическим критериям для работ на ядерно и радиационно опасных участках.

Из ветеранов и ныне работающих сотрудников института кадровой работой непосредственно занимались и занимаются В. Т. Батурина, Л. П. Весская, Н. Н. Гирман, Л. Н. Григорьева, Д. Б. Гутников, Т. В. Зиновьева, А. Ф. Каширина, М. Н. Кириллова, М. В. Кирильченко, Ю. В. Клевцов, С. В. Клоков, П. Н. Козлов, А. Т. Колотыгин, В. И. Кочемасов, С. В. Кудинова, Л. Г. Милявская, В. П. Налетов, В. И. Никитин, С. Ю. Поджаркова, Б. Д. Рыгин, Ю. Я. Самойлов, Л. Н. Снитич, Д. П. Скворцов, Н. В. Смотров, В. А. Степашко, Г. А. Трофимов, В. Ф. Черников, В. Н. Ялочкин.

РФЯЦ – ВНИИТФ и действующая в нем система отбора, обучения, воспитания и аттестации кадров подтвердили свою эффективность, в частности, качеством подготовки и широтой географии мест приложения сил сотрудников института.

Из выпускников вечернего отделения МИФИ № 6, Снежинской государственной физико-технической академии (ныне Снежинский физико-технический институт НИЯУ МИФИ) вышли известные в отрасли и в институте научные работники. Из первых выпусков МИФИ-6 наиболее известными являются доктора наук Александр Николаевич Щербина и Борис Александрович Предеин. В последние годы выпускники СФТИ побеждают в конкурсах на присвоение званий лауреатов премий имени



выдающихся ученых ВНИИТФ (Е. И. Забабахина, Ю. А. Зысина, В. З. Нечая).

Институт можно назвать кузницей инженерных и научных кадров. Так, в Центральном аппарате министерства (Агентства ГК «Росатом») работали и работают ныне многие выходцы из ВНИИТФ, среди них: Г. А. Цырков, А. Д. Захаренков, Л. Ф. Клопов, В. Н. Баженов, В. В. Зубов, Н. Н. Криулькин, Ю. С. Степанов, В. Н. Ерипов, Н. П. Волошин, Г. А. Новиков, И. М. Каменских, И. Е. Забабахин, О. Н. Шубин, В. В. Дроздов, С. А. Воробьев, В. А. Харитонов, Е. М. Дмитриев, Д. В. Петров и др.

В московский НИИ импульсной техники были переведены на работу З. А. Альбикив, К. А. Желтов, М. Н. Нечаев, Б. А. Предин; в НИИ приборов (Лыткарино) перешел Ю. Ф. Тутуров. Все они стали докторами наук.

ВНИИТФ пополнил институты Академии наук такими широко известными учеными как Л. П. Феоктистов, Р. З. Сагдеев, О. Н. Крохин, Е. А. Гамалий, В. Б. Розанов, Н. Н. Яненко, в руководстве Грузинской Академии наук состоял и активно работал Д. Г. Ломинадзе.

### *Задачи на перспективу*

В задачу руководства и кадровой службы института на современном этапе входит преодоление имеющихся кадровых проблем в ядерном оружейном комплексе:

- < сохранение критических знаний и технологий;
- < обновление специализации научных и инженерных кадров;
- < омоложение состава и обеспечение преемственности кадров;
- < повышение привлекательности труда.

Условиями привлекательности работы на оборонных предприятиях, в том числе и во ВНИИТФ, являются:

- < интересная работа и современно оборудованное рабочее место;
- < обеспеченность жильем;
- < широкие возможности для занятия научной деятельностью;
- < достойный уровень заработной платы;
- < интеграция в международное научно-техническое сообщество;
- < социальная защищенность при выходе на пенсию;
- < частичная компенсация поражения в правах (разрешение зарубежных поездок секретносителям, в т. ч. и на время отпуска);
- < улучшение медицинского обслуживания;
- < обеспеченность дошкольными учреждениями;
- < расширение возможностей спортивного и культурного досуга.

Эти условия можно обеспечить только созданием современных компьютеризированных рабочих мест, предоставлением перспективной в научном плане и хорошо оплачиваемой работы, приоритетным предоставлением достойных социально-бытовых условий молодым сотрудникам и их семьям, поддержанием материальных условий жизни ветеранов, внесением определенных изменений в нормативные акты по обеспечению сохранности государственной тайны.

Кадровые проблемы предприятий ядерного оружейного комплекса (ЯОК) были предметом обсуждения на встрече Президента Российской Федерации В. В. Путина с руководителями Министерства обороны, Росатома и директорами предприятий ЯОК, состоявшейся 9 июня 2006 г. На встрече были высказаны предложения, реализация которых должна способствовать укреплению и омоложению кадрового состава ядерно-оборонных предприятий.





## 4.5. Международное сотрудничество

Международное научно-техническое сотрудничество РФЯЦ – ВНИИТФ осуществлялось в рамках деятельности Международного научно-технического центра (МНТЦ), межправительственных и межведомственных соглашений, договоров и контрактов в условиях, когда вследствие приводимых в России реформ сократился государственный заказ на совершенствование и разработку ядерного оружия, обострились финансовые и социальные проблемы.

### *Взаимодействие с МНТЦ*

Идея создания МНТЦ, который способствовал бы сохранению сложившихся научных коллективов, сдерживанию распространения знаний об оружии массового поражения и ядерных технологий, частичной конверсии оборонных предприятий, явилась вовремя. МНТЦ создан в Москве на основе межправительственного соглашения, подписанного между Российской Федерацией, США, Евросоюзом и Японией 27 ноября 1992 г. Первые проекты МНТЦ получили одобрение к финансированию 17 марта 1994 г.

РФЯЦ – ВНИИТФ активно включился в деятельность МНТЦ. За 1995–2005 гг. из РФЯЦ – ВНИИТФ в МНТЦ поступили 304 предложения, 168 из них были одобрены к финансированию. В рамках работ по проектам институт получил 28,4 млн долларов США. Из этой суммы 15,4 млн долларов США было выплачено в виде грантов более чем 2500 сотрудникам, принявшим участие в выполнении работ.

Тематика выполненных по проектам МНТЦ работ включает разработки численных методик и программ моделирования течений с большими деформациями на нерегулярных сетках, развитие адаптивных методов расчета трехмерных вихревых течений многокомпонентных сред, расчеты температурных режимов детектора

ATLAS (Европейский центр ядерных исследований – CERN), исследование механизмов разрушения и фазовых переходов в твердых телах при динамических нагрузках, создание базы данных по свойствам спектров атомов и ионов, описание свойств веществ на основе квантово-механических расчетов и методов молекулярной динамики, изучение свойств плазмы, возникающей при облучении вещества ультракороткими лазерными импульсами, проблемы обращения с радиоактивными отходами и утилизация отходов Карабашского медеплавильного завода и многое другое. РФЯЦ – ВНИИТФ выполнял свои обязательства по обеспечению условий для выполнения проектов: предоставление помещений, оборудование рабочих мест, использование оборудования, экспериментальных установок, взрывной площадки, обеспечение отопления, освещения и т. д. С целью проведения проверок и аудита на месте обеспечивался доступ представителей сторон и сотрудников секретариата МНТЦ. За все время работ с МНТЦ аудиторами не было высказано замечаний по итогам проверок в РФЯЦ – ВНИИТФ.

Главные достижения работ по проектам МНТЦ:

- < создание творческих коллективов, демонстрирующих высокий уровень работ;
  - < появление молодых лидеров, получающих навык руководства крупными проектами;
  - < интеграция специалистов РФЯЦ – ВНИИТФ в мировое научное сообщество.
- Работы по проектам МНТЦ позволили:
- < расширить спектр научных исследований;
  - < выполнять исследования совместно примерно с семидесятью научными учреждениями России, ознакомиться с их опытом, привлечь к работам институты УрО РАН;
  - < начать восстанавливать связи с институтами ряда республик бывшего СССР (Казахстан, Киргизия, Грузия);



« сотрудничать с зарубежными партнерами (35 европейских, более 20 американских, 7 японских научных учреждений).

Однако в 2010 г. на государственном уровне было принято решение о выходе России из Соглашения об организации МНТЦ. К настоящему времени завершились ранее начатые проекты; договора с МНТЦ о новых проектах не заключаются.

Ниже кратко охарактеризованы области научно-технического сотрудничества РФЯЦ – ВНИИТФ с лабораториями различных стран и международными научными организациями.

#### *Сотрудничество с США*

В результате взаимных визитов руководителей российских ядерных оружейных центров в США и руководителей национальных лабораторий США в Россию подписан протокол о научно-техническом сотрудничестве ученых двух стран.

Протоколом определены формы и семь основных направлений сотрудничества:

- « повышение безопасности ядерного оружия в процессе его сокращения и разборки;
- « предупреждение распространения знаний о ядерном оружии;
- « предупреждение распространения ядерного оружия в неядерные государства и захвата ЯО террористами;
- « разработка механизма реагирования на аварийные ситуации с ЯО;
- « повышение безопасности ЯО, остающегося в арсеналах России и США;
- « предупреждение несанкционированного использования ЯО, остающегося в арсеналах России и США;
- « оказание содействия охране и очистке окружающей среды на ядерно-оружейных объектах.

В рамках указанного протокола проведен ряд симпозиумов по защите окружающей среды, математическому моделированию, по оцен-

ке риска и реакции сложных инженерных систем на аномальные внешние воздействия, по обеспечению безопасной транспортировки, обращению с опасными материалами, разработке интеллектуального контейнера, проблеме старения ВВ, по вопросам подготовки кадров.

Сотрудничество в научной сфере включало следующие направления:

- « проведение совместных исследований на имеющихся российской и американской экспериментальных базах;
- « совместные разработки новых методов диагностики для фундаментальных исследований;
- « экспериментальное исследование и компьютерное моделирование поведения ВВ при термическом воздействии и низкоскоростном ударе применительно к вопросам безопасности;
- « теоретические исследования и компьютерное моделирование процессов коррозии и старения металлов и полимеров;
- « проведение совместных работ в области математического моделирования с массовым параллелизмом;
- « турбулентное перемешивание.

Сотрудничество в области учета, контроля и физической защиты ядерных материалов осуществлялось в соответствии с соглашением от 2 октября 1999 г.

Одной из программ, финансируемых Правительством США, являлась программа промышленного партнерства (IPP). Программа была призвана обеспечить выход российских разработок в частный сектор промышленности США. Среди проектов РФЯЦ – ВНИИТФ, финансируемых программой IPP, можно назвать такие, как резка взрывом, сверхпластичная раскатка металлов, твердооксидный топливный элемент, гидроструйная резка, технология обработки сплавов из лития и др.

Сотрудничество с Министерством обороны США велось в рамках соглашения относительно



безопасных и надежных перевозок, хранения и уничтожения оружия и предотвращения распространения оружия от 17 июня 1992 г.

Совместно с Агентством по контролю за вооружениями и разоружением США проводились семинары по проблемам конверсии оборонных производств, читались лекции по теории и практике работы в условиях рыночной экономики и конверсии.

Ряд семинаров и встреч с промышленными партнерами состоялся под патронажем Генерального консульства США в Екатеринбурге, открытие которого состоялось в марте 1994 г. Существенный толчок развитию сотрудничества между американскими оружейными лабораториями и РФЯЦ – ВНИИТФ дало Совместное заявление о параметрах будущих сокращений ядерных вооружений, подписанное в Хельсинки президентами России и США в марте 1997 г. Заявление предусматривало разработку мер, касающихся транспарентности имеющихся в наличии стратегических ядерных боеголовок и их уничтожения.

В рамках контрактов, заключенных между Сандийскими национальными лабораториями США и РФЯЦ – ВНИИТФ, разрабатывались процедуры, методы и технологии по мерам транспарентного демонтажа ядерных боеприпасов, внедрение которых позволит убедительным образом продемонстрировать, что процесс демонтажа ядерного боеприпаса произведен. Часть из них была представлена 1 марта 2003 г. в ходе визита в Снежинск посла США в России Александра Вершбоу и министра РФ по атомной энергии Александра Румянцева. Во время пребывания в Снежинске они смогли увидеть результаты нескольких программ Минатома России и МЭ США в области нераспространения ЯО.

В книге почетных гостей музея ядерного оружия РФЯЦ – ВНИИТФ А. Вершбоу оставил следующую записку: «Спасибо за впечатляющий визит в Музей ядерного оружия. Слава Богу, что больше не живем в период, когда наши стра-

ны угрожали друг другу. Теперь мы сотрудничаем для того, чтобы устранить общие угрозы 21-го века».

Сотрудничество в области экспортного контроля осуществлялось с 1998 г. в рамках Письма о намерениях по сотрудничеству в области экспортного контроля между Минэнерго США и Минатомом, а с 2001 г. в рамках Международной программы экспортного контроля и нераспространения Министерства энергетики США.

22 сентября 1998 г. было подписано межправительственное соглашение об инициативе «Атомные города» (NCI). Одна из задач этой программы состояла в создании рабочих мест для сотрудников РФЯЦ – ВНИИТФ, высвобождающихся в результате сокращения оборонных программ. Финансовую поддержку получили созданные в Снежинске бывшими сотрудниками института предприятие «СПЕКТР-конверсия», компания «Технологии идентификации» (ИТЕК), Снежинская фармацевтическая компания (СФК), Международный центр развития и др.

РФЯЦ – ВНИИТФ при финансовой поддержке этой программы осуществил реконструкцию здания Центра научного и делового сотрудничества. Другим крупным совместным проектом, одобренным к финансированию NCI, является PET-центр (Positron Emission Tomography) – современный комплекс обнаружения раковых заболеваний на ранней стадии. Работы по строительству центра находятся в начальной стадии.

#### *Сотрудничество с Францией*

Установлены контакты с департаментом военных применений Комиссариата по атомной энергии (CEA/DAM) Франции, и в ходе визита делегации Минатома России в Париж в сентябре 1993 г. подписан протокол о двустороннем научно-техническом сотрудничестве.

Во исполнение указанного протокола проведены совместные семинары по чувствительности взрывчатых веществ, турбулентной



неустойчивости, лазерному термоядерному синтезу, математическому моделированию. Специалисты РФЯЦ – ВНИИТФ выполнили ряд исследований в рамках контрактов с организациями CEA/DAM. В планах на предстоящие годы – продолжение начатых исследований и несколько новых направлений, среди которых расчеты методом молекулярной динамики, оптимизация мишеней для лазерной установки [MJ], перспективы перехода на частоты лазерного излучения 2- $\omega$  и 3- $\omega$ , наноструктурные материалы.

#### *Сотрудничество с Великобританией*

Состоялись первые контакты по установлению научно-технического сотрудничества между РФЯЦ – ВНИИТФ и организациями Великобритании в области фундаментальных исследований, безопасного обращения с подлежащим сокращению ядерным оружием, экологии.

4 ноября 2004 г. подписан меморандум о взаимопонимании между Министерством торговли и промышленности Великобритании и Росатомом по программе партнерства «Атомные города». Программа отражала общее стремление всех ответственных членов международного сообщества поддерживать совместные проекты, направленные на нераспространение ядерного оружия, разоружение, борьбу с терроризмом и ядерную безопасность. Стремление это воплотилось в новом глобальном партнерстве, созданном «Большой восьмеркой» в ходе встречи на высшем уровне в июне 2002 г. Программа оказывала содействие в создании новых рабочих мест в гражданском секторе для ученых и специалистов, представляющих интерес для тех, кто стремится к получению оружейных технологий. Программа финансировалась Министерством торговли и промышленности Великобритании и использовала партнерский механизм МНТЦ для финансирования проектов.

Программа строила свою работу по следующим направлениям деятельности:

- < грантовая поддержка коммерческих проектов;
- < обучение персонала;
- < установление коммерческих связей;
- < содействие устойчивому экономическому развитию закрытых городов.

Одобрены к финансированию и успешно завершены проекты по твердооксидным топливным элементам и гидроструйной резке.

#### *Сотрудничество с КНР*

В результате состоявшихся контактов на уровне руководства Минатома и Китайской академии инженерной физики (КАИФ) в 1994 г. было подписано Межправительственное соглашение о научно-техническом и экономическом сотрудничестве в области конверсии и мирного использования атомной энергии. В развитие работ по этому соглашению в 2002 г. был разработан Протокол о сотрудничестве с институтами КАИФ в области фундаментальных и прикладных исследований по лазерно-плазменной физике и в области высоких плотностей энергии ядерно-физических исследований для нужд энергетики и промышленности, разработки лабораторных приборов, промышленного оборудования и медицинской техники для нужд народного хозяйства и др.

Проведен ряд семинаров, относящихся к использованию ядерных взрывов в мирных целях проблемам нераспространения, математическому моделированию, детонации, конверсии.

#### *Сотрудничество с Европейской организацией ядерных исследований (CERN)*

CERN вступил в новую фазу своего развития после утверждения в декабре 1994 г. проекта нового ускорителя протонов Large Hadron Collider (LHC) на встречных пучках, превышающий по энергии и интенсивности в десятки и сотни раз пучки в существующих подобных ускорителях. РФЯЦ – ВНИИТФ принимает участие в кон-



струировании и изготовлении некоторых частей детекторов ATLAS (A Toroidal Large Apparatus) и CMS (Compact Muon Solenoid) для ускорителя LHC. В частности, для детектора ATLAS речь идет о восьми несущих элементах конструкции из сплава алюминия (так называемых колес – wheels). Общий вес их превышает 100 т, а диаметр 25 м. Конструирование колес учитывает их длительную (15–20 лет) эксплуатацию в условиях ионизирующих излучений и градиента температуры. Для проверки правильности выбранных технических решений РФЯЦ – ВНИИТФ изготовил в натуральную величину 1/8 часть колеса (октант) который был доставлен в марте 2000 г. в CERN, прошел необходимые испытания и отработку системы оптического выравнивания мюонных камер. Октант представлял собой сложную пространственную структуру с габаритами 10–11 м и высокими требованиями по точности установки на спицы опорных кронштейнов для подвески мюонных камер.

Для передней части калориметра детектора CMS сотрудники института отработали технологию и изготовили узел, который насчитывает 396 тыс. сквозных отверстий в металле толщиной порядка 2,5 м. Через эти отверстия были

пропущены каналы из специального оптоволоконна. Эта работа была отмечена Золотой медалью ЦЕРНа за 2003 г.

#### *Сотрудничество с МАГАТЭ*

Сотрудничество с этой международной организацией осуществлялось по двум направлениям:

- < поддержка гарантий МАГАТЭ в отношении контроля окружающей среды с целью выявления незаявленной ядерно-оружейной деятельности (подробнее см. IV ч.);
- < участие в работе международных экспертов по оценке ядерных программ Ирака и Южноафриканской республики.

Практически все из указанных выше международных связей имеют неплохие перспективы развития. Результаты совместных и заказных проектов, выполняемых учеными и специалистами института, получают высокую оценку, что вселяет уверенность в дальнейшем сохранении международного научно-технического сотрудничества РФЯЦ – ВНИИТФ, особенно если будет создана новая организация по международному сотрудничеству вместо МНТЦ.

## 4.6. Обеспечение безопасности

Обеспечение безопасности – важная составляющая основной деятельности института, главная задача службы безопасности. Служба безопасности образована одновременно с предприятием в 1955 г. для организации охраны объекта, обеспечения режима, защиты государственной тайны. С развитием института, изменением политической обстановки в мире и изменением характера угроз задачи по обеспечению безопасности дополнялись и приобретали новую форму. Наряду с традиционными, исторически закрепленными за службой безопасности, появились такие, как физическая за-

щита, экономическая и информационная безопасность, противодействие потенциальным террористическим, диверсионным и иным экстремистским проявлениям в отношении объекта.

В структуру службы безопасности вошли: первый отдел, который занимался обеспечением установленного в институте режима секретности, ведением секретного делопроизводства, защитой секретной информации и подготовкой исполнителей секретных работ и документов; второй отдел занимался организацией охраны института, его промышленных площадок; шифровальная служба, обеспечивающая работу



защищенных каналов связи; специальный научно-исследовательский отдел, который занимался исследованиями в области совершенствования организации защиты государственной тайны и технической защитой информации.

Общее руководство СБ осуществляет заместитель директора института по режиму (по безопасности).

С момента создания института заместителями директора института по режиму были:

- < Владимир Петрович Тренёв (1955–1958 гг.);
- < Александр Степанович Юбин (1958–1963 гг.);
- < Степан Адамович Прищепа (1963–1971 гг.);
- < Юрий Гаврилович Критский (1971–1976 гг.);
- < Юрий Трофимович Багин (1976–1992 гг.);
- < Геннадий Сергеевич Цыганков (1992–1999 гг.);
- < Виктор Захарьевич Казаченков (1999–2012 гг.).

С 2013 г. заместителем директора по безопасности работает Сергей Иванович Белов.

### *Первый отдел*

Первый отдел был создан в 1955 г., одновременно с организацией института. Штаты укомплектовывались сотрудниками первого отдела бывшей Лаборатории «Б». Первым руководителем первого отдела института был Павел Яковлевич Усиков.

Одновременно с выполнением традиционных для первых отделов задач по защите государственной тайны, организации в институте специального делопроизводства, воспитанию у исполнителей навыков соответствующего отношения к государственным секретам отдел выполнял функции еще не созданных к тому времени режимных служб. Первый отдел занимался и оформлением допусков, и проведением инструктажей, и выдачей пропусков. Из-за большого объема работы сотрудникам приходилось трудиться по 11–12 часов в день.

Организация и становление первых отделов проходили одновременно с развитием института и всей режимно-секретной службы отрасли. По мере расширения тематики работ и штатной

численности института создавались новые подразделения и первые отделы подразделений, росла их численность. В 1958 г. в структуре первого отдела появляется инспекторская группа. В 1959 г. в силу объективной необходимости укомплектования отдела технически грамотными специалистами в штаты первых отделов впервые вводятся инженерно-технические должности. Первые отделы претерпели изменения в названии и с 1972 года стали именоваться режимно-секретными отделами.

В связи с повышенными требованиями, предъявляемыми к сотрудникам первых отделов, на работу принимались только те, кто обладал такими качествами, как терпение, высокая работоспособность, честность, внимание при общении с сотрудниками, способность работать в напряженных условиях.

### *Архив*

Архив ФГУП РФЯЦ – ВНИИТФ был создан в 1962 г. Первым руководителем архива с 16 февраля 1962 г. был назначен Юрий Сергеевич Каюров.

1962 г. был годом большой подготовительной работы по организации архивного дела: осуществлялся отбор документов постоянного и долговременного хранения, составлялись описи документов. Итог – первый прием документов в архив, который состоялся 20 ноября 1962 г. и был осуществлен заведующим архивом Ю. С. Каюровым и архивариусом Н. В. Ганиной.

1963–1970 гг. – это время становления архивной службы. В подразделениях создаются экспертные комиссии для проведения экспертизы ценности документов, организуется учеба для работников делопроизводства, составляются первые инструкции по вопросам архивной работы.

С 1965 по 1995 г. архив возглавляла Эмма Васильевна Каюрова. В 1970 г. архив был выделен в самостоятельный отдел фондов научно-технической документации.



С первых дней своего существования и по 1978 г. архив выполнял роль городского архива, все городские организации были закреплены за ним.

1978–1990 гг. – это этап совершенствования архивного дела в отрасли и в институте. На основании приказа № 394 Министра среднего машиностроения от 2 июля 1987 г. отдел фондов обрел статус государственного архива, что способствовало повышению значимости архивной службы. Началась работа по систематизации архивных научно-технических документов, по выявлению особо ценных архивных документов, анализу состава документов подразделений.

С 1995 г. архивом руководит В. В. Пензина.

В настоящее время в соответствии с Федеральным Законом «Об архивном деле в Российской Федерации» организации Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» осуществляют депозитарное хранение документов Архивного фонда Российской Федерации. На хранении в архиве института находятся документы, которые являются составной частью Архивного фонда Российской Федерации. В архиве работают архивисты-профессионалы, обладающие высоким уровнем компетенций в архивном деле. Архивисты занимают особое место в формировании исторической памяти народа как связующее звено между прошлым, настоящим и будущим.

### *Второй отдел*

Второй отдел (отдел режима) как самостоятельное структурное подразделение управления института создан в 1956 г.

Отдел решал задачи по организации охраны предприятия, установлению пропускного и внутриобъектового режима и контролю за его осуществлением, проведению профилактической работы среди сотрудников.

Кроме того, с 1957 по 1961 г. в обязанности второго отдела входил контроль за полетами

арендуемого предприятием самолета, совершающего регулярные рейсы между предприятием и аэропортом города Свердловска (регистрация авиапассажиров, их инструктаж по соблюдению режимных требований, выдача посадочных талонов и т. д.).

С введением в городской зоне системы пропусков выезд за ее пределы разрешался только по служебной необходимости и работникам объекта, проживающим в прилегающих к городу населенных пунктах.

С учетом увеличивающегося объема задач по охране объекта развернулись работы по внедрению инженерно-технических средств охраны. Это позволило высвободить численность войсковой охраны, дав значительный экономический эффект.

Первая группа инженерно-технических средств охраны была создана в 1966 г. Понимая, что будущее охраны за техникой, руководство отдела уделяло серьезное внимание ее внедрению. Уже в 1970 г. был введен в строй первый комплекс инженерно-технических средств.

В последующие годы аналогичные комплексы были созданы на других промышленных площадках. Решить эту задачу удалось совместными усилиями института, строительных организаций и воинской части.

С конца 1980-х гг. особенно острой стала задача усиления охраны специальных изделий и ядерных материалов. В условиях уменьшения финансирования был продолжен курс на повышение надежности охраны за счет внедрения современных технических средств и использования вычислительной техники.

В конце 1990-х – начале 2000-х гг. стало активно развиваться сотрудничество с иностранными организациями, особенно с ядерными лабораториями США, которые начали финансирование работ по усилению физической защиты ядерных материалов и установок в России. За счет этих средств удалось существенно усилить надежность охраны, введя в действие



эффективную систему контроля и управления доступом, создав станции физической защиты на ряде площадок и автоматизировав процесс изготовления пропусков.

#### *Научно-исследовательский отдел*

Специальный научно-исследовательский отдел (СНИО) был создан в 1972 г. на базе трех групп, ранее занимавшихся вопросами защиты государственной тайны:

- < контрольно-методической;
- < аналитической;
- < контрольной группы по радиомаскировке.

Контрольно-методическая группа была организована в 1962 г. при заместителе директора по режиму и охране с целью усиления работы по выявлению и закрытию возможных каналов утечки секретных сведений, а также для повышения качества контроля за состоянием режима секретности в подразделениях института.

Аналитическая группа института была создана в соответствии с приказом министра в 1968 г. В ее функции входило изучение надежности обеспечения режима секретности наиболее важных НИОКР, выработка единого подхода к засекречиванию сведений в оборонных отраслях промышленности, разработка мер по предупреждению утечки секретных сведений при проведении испытаний изделий на полигонах.

В конце 1960 г. НИИ-1011 был включен в перечень объектов, на которых вводилось обязательное применение средств радиомаскировки при работе с радиоизлучающей аппаратурой. В начале организации этой работы ее выполнение было возложено на один из функциональных отделов сектора КБ-2. Позднее (1964 г.) были созданы техническая группа контроля за радиомаскировкой под руководством главного инженера института и комиссия по радиомаскировке под председательством главного конструктора.

СНИО, как преемник задач вышеназванных групп, стал исследовательским и методическим

центром института по предупреждению утечки секретных сведений. На него были возложены такие функции, как организация, координация, контроль и методическое руководство за разработкой комплекса мер по предупреждению утечки секретных сведений, участие совместно с научными и производственными подразделениями в разработке технических и экономически обоснованных мер, средств и методов защиты секретной информации.

Отделом получены соответствующие лицензии Гостехкомиссии и Федерального агентства правительственной связи и информации на право проведения спецработ. Сотрудники СНИО и руководство службы безопасности принимают активное участие в работе контрольно-методических советов Уральского федерального округа, совместно с Федеральной службой технического и экспортного контроля разрабатывают мероприятия по совершенствованию системы технической защиты информации в регионе.

Все подразделения службы безопасности на протяжении своего существования поддерживают традиционно тесные контакты с руководителями и специалистами теоретических и экспериментальных подразделений, КБ и заводов, что позволяет решать самые сложные задачи по сохранению государственной тайны, разрабатывать и внедрять высокоэффективные меры режимного и организационно-технического характера.

Эффективность мероприятий по обеспечению безопасности, разработанных сотрудниками службы безопасности, и реализованных в институте, на протяжении всей истории была высока. Как подтверждение этому в газете «Комсомольская правда» от 26 июня 1991 г. было написано про город Снежинск: «Этот советский город американцы безуспешно разыскивали более трех десятилетий. И только несколько лет назад аналитики ЦРУ сумели идентифицировать искомый объект среди множества «почтовых ящиков»».





Из активных высококвалифицированных ветеранов и ныне работающих сотрудников службы безопасности необходимо отметить следующих: Б. И. Александрин, В. М. Афонин, А. Ю. Блинов, Д. В. Букин, Е. И. Вейс, В. М. Вертоградов, В. В. Власов, В. А. Гених, Г. Н. Головин, Е. Л. Гребнев, А. Я. Гречко, В. В. Громов, Б. Г. Домрачев, В. Т. Десятов, Н. Я. Екимов, Н. Н. Жукова, А. Е. Жогло, А. М. Завгородный, И. Н. Загороднов, Д. Т. Занегин, В. А. Запарий, Е. А. Запысов, В. С. Кайдаулов, Н. Д. Калинина, Е. С. Карпенко, Б. В. Кравченко, А. В. Красно-

шеков, В. П. Крушинский, М. В. Койнов, Д. П. Колесников, А. В. Коротков, Л. Л. Куранов, В. В. Лапотышкин, А. С. Логинов, В. Б. Николаев, Н. В. Очкурено, В. Ф. Павленко, В. С. Полосин, В. В. Раков, В. Е. Рачков, Ю. А. Речканов, А. В. Рыбкин, А. В. Рубцов, В. Е. Савельев, В. А. Савин, А. В. Селютин, Н. Н. Сорока-тый, Г. П. Сысоев, А. П. Смирнов, Л. И. Сопов, Ю. В. Сотников, М. Т. Темников, В. Н. Тенетилов, А. С. Титаренко, В. А. Трошев, П. Я. Усиков, Т. Ю. Фельдшерова, Г. Н. Яковлев, Н. Г. Яхно.

#### 4.7. Метрология, лицензирование, права интеллектуальной собственности

Указанные в заглавии виды деятельности соответствующих подразделений института относятся к числу подтверждающих соответствие характеристик используемого приборного парка, содержания и качества проводимых работ, процедур правовой охраны объектов техники и технологии действующим юридическим нормам и правилам, в том числе и требованиям заказчика.

##### *Метрология*

Организационной, методической и технической основой метрологического обеспечения измерений, выполняемых в процессах разработки продукции института, является метрологическая служба или подразделение 730. Организация метрологического обеспечения измерений в институте соответствует закону Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Основная цель деятельности метрологической службы – это достижение максимальной достоверности результатов измерений, что является одним из разделов информационной безопасности. Для достижения поставленной цели метрологи выполняют следующие виды работ: поверку, калибровку и ремонт средств измерений, контроль средств допускового кон-

троля, аттестацию методик измерений и испытательного оборудования, метрологическую экспертизу технической документации, испытания с целью утверждения типа средств измерений и занесение их в Госреестр.

Управление многочисленным парком средств измерений института (более 90 000 шт.) в настоящее время осуществляется с помощью базы данных «Метрология+» (разработчик С. Д. Шукки), информацию из которой оперативно может получить каждый сотрудник института. Созданы и внедрены на заводе № 1 рабочие места по автоматизированной проверке приборов автоматики разработки КБ-2. За эту работу сотрудники метрологической службы А. С. Антропов, М. А. Сургутская и А. О. Туровцев были удостоены премии имени Д. Е. Васильева.

Фундаментом метрологических работ является инженерно-техническая служба подразделения 730, которую более 50 лет возглавлял Б. А. Востряков. В 2013 г. бразды правления переданы А. И. Варламову.

Коллектив объединяет и активная позиция профсоюзной организации № 13 (председатель профкома В. Г. Губин), которая проводит интересные выставки и конкурсы, организует



поездки по заповедным местам Урала, тесно взаимодействует с советом ветеранов подразделения (председатель С. В. Налетова).

В метеорологической службе работали и работают интересные люди, не замыкающиеся только на производственной деятельности, это Владимир Кравцов, олимпийский чемпион 1976 г. по гандболу в составе сборной СССР; Г. К. Школа, солист народного вокального коллектива имени А. Медведенко; А. Т. Чистяков, организатор вокально-инструментальной группы «Трофимыч». И результаты молодых сотрудников достойны уважения: А. Ю. Чернышева – победитель конкурса «Миссис Снежинск-2012», Е. Х. Берку-

тов – финалист конкурса «Мистер ВНИИТФ – 2013».

Метеорологическая служба является одним из старейших подразделений института, так как была основана в 1957 г. Первым руководителем стала Е. Г. Власова (1957–1966 гг.), энтузиаст и организатор поверочной деятельности. Дело Евдокии Григорьевны продолжили О. А. Столяров (1966–1968 гг.), Н. П. Емельянов (1968–1978 гг.), к. т. н. И. П. Морозов (1978–1983 гг.), к. т. н. М. М. Мальгун (1983–1985 гг.), к. т. н., заслуженный метеоролог РФ Н. А. Селезнев (1985–2003 гг.). С 2003 г. службу возглавляет к. т. н. Е. В. Патокин.



Коллектив подразделения метеорологического обеспечения с семьями на отдыхе



### Лицензирование

В середине 1990-х гг. перед атомной отраслью встала проблема законодательного оформления всех видов деятельности. В условиях хорошо организованной и тенденциозной критики перед ядерным оружиевым комплексом возникла нежелательная перспектива оказаться под контролем Госатомнадзора, курирующего деятельность энергетического комплекса и наделенного Президентом Российской Федерации широкими полномочиями.

Благодаря энергичным усилиям руководства и специалистов Минатома России была внедрена независимая от Госатомнадзора система временных разрешений, выдаваемых совместно Минатомом России и Минобороны России на деятельность предприятий ядерного оружейного комплекса. Затем за Минатомом России (Госкорпорацией «Росатом») было закреплено право выдачи лицензий (разрешений) на деятельность по использованию ядерных материалов и радиоактивных веществ при проведении работ по использованию атомной энергии в оборонных целях, включая разработку, изготовление, испытание, транспортирование, эксплуатацию, хранение, ликвидацию и утилизацию ядерного оружия и ядерных энергетических установок военного назначения.

Значительная часть аналитической работы по поиску путей законодательного регулирования безопасности ядерно-оружейной деятельности была выполнена специалистами отраслевого Центра надзора за специальной безопасностью (ОЦНСБ). Они приняли участие в разработке всех основополагающих документов системы лицензирования.

В 2000 г., после утверждения Правительством Положения о лицензировании, приказом Министра Российской Федерации по атомной энергии РФЯЦ – ВНИИГФ, РФЯЦ – ВНИИЭФ, ВНИИА, НИКИЭТ, ФЭИ были назначены рабочими органами Минатома России по лицензированию. Была поставлена задача в кратчайший срок

сформировать необходимые службы на каждом из пяти названных предприятий.

В РФЯЦ – ВНИИГФ функции такой службы приказом директора возложены на ОЦНСБ.

В 2002 г. руководство института приняло решение о передаче в ОЦНСБ отдела 29, занимавшегося получением лицензий на все виды деятельности института, внедрением системы менеджмента качества в институте, сертификацией продукции института, аккредитацией отдельных лабораторий и служб в качестве испытательных, сертификационных и экспертных центров, а также института в целом как научной организации. Благодаря деятельности центра институт одним из первых в отрасли получил сертификат соответствия на систему менеджмента качества, распространяющуюся на проектирование, разработку, изготовление изделий основной тематики института и обычных боевых частей.

В 2008 г. группа качества была переведена в головной конструкторский отдел стандартизации и качества (отдел 277).

В настоящее время входящий в состав ОЦНСБ отдел лицензирования и сертификации:

- < разрабатывает методические и организационно-распорядительные документы по лицензированию;
- < выполняет возложенные на РФЯЦ – ВНИИГФ функции рабочего органа лицензирования;
- < организует работы по подготовке и экспертизе заявочных документов, необходимых для получения разрешительных документов (лицензий, сертификатов, свидетельств об аккредитации и аттестации для обеспечения деятельности института).

За период с 2002 по 2015 г. рабочий орган лицензирования подготовил более 60 комплектов заявочных документов соискателей лицензии Госкорпорации «Росатом» и принимал участие в проверках условий действия лицензий.

По состоянию на 1 января 2015 г. в обеспечении деятельности института действует около



60 лицензий. Это лицензии на осуществление деятельности по: использованию ядерных материалов и радиоактивных веществ при проведении работ по использованию атомной энергии в оборонных целях; осуществлению мероприятий и оказанию услуг по защите государственной тайны, в том числе в части противодействия иностранным техническим разведкам; осуществлению деятельности по использованию атомной энергии в мирных целях; разработке и производству обычных боеприпасов, вооружения и военной техники; производству, применению, хранению и распространению взрывчатых веществ промышленного назначения; перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом; проведению экспертизы промышленной безопасности; медицинскому и образовательному направлению и т. д.

Кроме того, в институте получены, действуют и поддерживаются аттестаты аккредитации в области единства измерений, в области средств защиты информации. В институте аккредитованы: государственный центр испытаний и центр радиационного контроля, лаборатория отдела промышленной экологии, лаборатория отдела охраны труда, испытательный центр в системе сертификации в области использования атомной энергии на техническую компетентность при проведении работ по испытаниям в соответствии с установленной областью их аккредитации.

Институтом получены и поддерживаются около 30 сертификатов соответствия на конкретные виды продукции (транспортно-упаковочные комплекты, перфораторы, системы учета и контроля отработавшего ядерного топлива и другие виды) и т.д.

Работы по лицензированию, сертификации и аккредитации разрабатываемых изделий постоянно находятся в зоне внимания руководства института и его подразделений.

Наибольший вклад в работу отдела внесли: О. П. Алтынников, Т. В. Бельская, С. В. Вологод-

ский, Н. В. Волкова, Г. Г. Киселёв, Е. Е. Кузнецов, О. М. Мамаюсупов, Н. И. Пашков, А. В. Сарычев, С. И. Соколова, Н. М. Трухин, А. П. Усачев, В. А. Щукин.

#### *Интеллектуальная собственность*

Деятельность института неразрывно связана с правовой охраной объектов техники и технологии, их введением в гражданский оборот, в том числе продажей и покупкой лицензий, а также с использованием патентной, технико-экономической и научно-технической информации для проведения патентных и иных исследований с целью обеспечения высокого научно-технического уровня и конкурентоспособности разработок.

Первое подразделение, в функции которого входила помощь специалистам в правовой защите результатов интеллектуальной деятельности, было создано при Управлении капитального строительства в 1955 г. Подразделение называлось бюро по рационализации и изобретательству (Б.РИ.З.). Основным в деятельности Б.РИ.З. было рассмотрение рационализаторских предложений.

Подразделение в то время входило в состав отдела патентных исследований и научно-технической информации. За первые пятнадцать лет заметно расширились функции подразделения, в частности, кроме выполнявшихся ранее работ осуществлялось информационное обеспечение разрабатываемых институтом объектов техники и технологии, их правовая защита, другие работы, и оно (подразделение) стало полностью соответствовать своему назначению. Численность подразделения в восьмидесятые годы доходила до 30 человек.

Введение с 1 июля 1991 г. в СССР, а затем и в РФ патентной системы правовой охраны объектов промышленной собственности существенно изменило содержание некоторых работ, хотя название их не поменялось. Появились новые заботы – лицензионные договоры, рас-



пределение прав на результаты научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, выполняемых по договорам с отечественными и зарубежными организациями, оформление международных заявок.

В 1996 г. подразделение было отделено от отдела патентных исследований и научно-технической информации и получило название Отдел интеллектуальной собственности.

С октября 1958 г., когда была подана первая заявка на изобретение, по 2005 г. специалистами отдела был подготовлен и выпущен ряд руководящих, методических, справочных и вспомо-

гательных документов, оформлено более 2800 заявок на изобретения, полезные модели, товарные знаки, получено более 1600 охранных документов (авторских свидетельств, патентов). С 1972 по 2005 г. проведены патентные исследования более чем 1600 разрабатывавшихся в институте объектов техники и технологии.

В настоящее время в отделе работает 18 сотрудников. Отдел возглавляет К. Б. Кацман. Среди специалистов, много сделавших для правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности, отмечаются: Г. В. Бакалов, А. А. Барабаш, В. Г. Даровский, Н. Г. Шириков, А. Е. Шуликов.

#### 4.8. Функции управления

Управлением текущей деятельностью института занимается дирекция и соответствующие функциональные службы и отделы. От качества их работы во многом зависит планомерность и ритм научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполнение производственных заданий и, в определенной степени, достаточность и своевременность финансового обеспечения разработок.

Кроме этого указанные службы отвечают за своевременную выплату заработной платы, документационное обеспечение строек и объектов капитального ремонта, юридическое и информационное сопровождение деятельности института и документооборота.

Ниже представлена информация о задачах и функциях основных отделов управления.

##### *Планово-производственный отдел*

###### **История создания отдела**

В сентябре 1955 г. в составе управления НИИ-10 был создан плановый отдел (ПО). Численность ПО на момент создания составила 6 человек. Его первым начальником был Виктор Васильевич Чернышев (1955–1972 гг.). В декабре 1956 г. был создан планово-диспетчерский от-

дел (ПДО). Численность ПДО на момент создания составила 7 человек.

В 1972 г. ПО и ПДО были объединены в единый планово-производственный отдел (ППО) с численностью на момент создания 35 человек. Отделам и его лабораториям (группами) в разное время руководили специалисты, сыгравшие значительную роль в становлении и развитии института. По состоянию на 2013 г. в отделе работали 51 человек.

До объединения ПДО последовательно возглавляли:

- < Владимир Иванович Пестов (1956–1959 гг.);
  - < Борис Аврамович Губин (1959–1960 гг.);
  - < Геннадий Яковлевич Белых (1960–1962 гг.);
  - < Александр Аркадьевич Соколов (1962–1964 гг.);
  - < Борис Иосафович Беляев (1964 г.);
  - < Рудольф Евгеньевич Пушкарев (1965–1967 гг.);
  - < Пруцаков Николай Иванович (1967–1972 гг.).
- С момента создания ППО им руководили:
- < Василий Иванович Широковский (1972–1977 гг.);
  - < Аркадий Викентьевич Минько (1977–1991 гг.);
  - < Валерий Семенович Пылков (1991–2001 гг.);
  - < Сергей Игоревич Вампилов (2001–2013 гг.);
  - < Михаил Иванович Пасюков (с 2014 г.)



А. В. Митыко



В. С. Пылков



С. И. Вампилов



М. И. Пашков



Сотрудники плавно-производственного отдела

Слева направо, стоят: М. А. Березова, О. И. Прохоркина, К. А. Бедриков, А. В. Трофимов, А. В. Алексашина, Н. И. Козина, А. И. Каротков, И. М. Долгушин, И. В. Устьянцева, Н. А. Рябица, Т. С. Мушенко, А. Г. Осипов, В. П. Додонов, Ю. Г. Горюшина, В. В. Косарев, Н. Н. Горбунова, В. Б. Самойлова, В. С. Ерошкин; сидят: Г. А. Щукина, И. В. Рублева, Г. С. Демидова, Л. А. Мужжавлева, М. И. Пашков, С. И. Вампилов, Н. И. Зотикова, Л. А. Белугина, Л. А. Кузнецова, И. А. Споткай



В разное время руководителями структурных единиц отдела были:

- < лаборатория планирования и координации производства по 1 тематическому направлению: заместитель начальника отдела В. П. Дубовченко, начальник группы – заместитель начальника отдела В. И. Котов, начальники групп Г. К. Пинегин, А. П. Коробейников, В. Ф. Крутиков, Ю. И. Сафронов, Б. Д. Закутнев, Н. Г. Тоболяков;
- < лаборатория планирования и координации производства по 2 тематическому направлению: заместители начальника отдела В. А. Пуличев, Г. Д. Куличков, начальники групп Ю. А. Сарычев, Г. П. Анчугов, В. М. Жабунин, В. В. Литвинов, М. В. Соколовский, П. И. Воронков, Ю. Н. Романов, начальник лаборатории А. Ф. Ситников, ветеран войны Г. М. Корецкий;
- < лаборатория тематического и стоимостного планирования (ранее группа): В. Н. Новикова и Г. С. Деменова;
- < лаборатория международных контрактов и договоров: заместитель начальника отдела – начальник лаборатории В. Н. Шепелев;
- < лаборатория технико-экономического планирования (ранее группа): З. А. Горопашный, И. П. Вертоградова, О. В. Лаптева, Е. Р. Силкина.

В 2013 г. из состава ППО выведены лаборатории международных контрактов и договоров и технико-экономического планирования. В структуре института образованы отделы № 62 и № 63. Начальниками стали М. В. Кадинцев и Е. Р. Силкина соответственно.

#### ППО сегодня

Основные направления деятельности:

1. Планирование и контроль выполнения ОКР и НИР по разработке ядерных зарядов, ядерных боеприпасов, приборов автоматики, стенов и установок экспериментально-испытательной, технологической и вычислительной базы института и др.
  2. Планирование, мониторинг и предоставление отчетности по экономической деятельности подразделений института по ГОЗ, и другим направлениям.
  3. Взаимодействие с государственным заказчиком – Государственной корпорацией «Росатом» по вопросам формирования государственной программы вооружений, государственного оборонного заказа, заключение и ведение госконтрактов, представления отчетности и др.
- Задачи отдела:
- < организация работы по тематическому, стоимостному, производственному и оперативно-календарному планированию, анализу и контролю деятельности института, повышению эффективности НИР и ОКР, заключению и контролю выполнения договорных (контрактных работ);
  - < разработка и сопровождение выполнения перспективных годовых и квартальных тематических и производственных планов;
  - < совершенствование системы планирования и нормирования НИОКР;
  - < подготовка, заключение и сопровождение государственных контрактов с Госкорпорацией «Росатом», являющихся основой финансирования института;
  - < разработка стратегии развития предприятия, участие в разработке бюджетной модели института, среднесрочных прогнозов развития и в разработке программы деятельности института;
  - < разработка, утверждение и доведение до подразделений института плановых объемов НИР и ОКР, обеспечивающих выполнение ГОЗ, контроль за выполнением плановых заданий, анализ фактической себестоимости выполнения НИР и ОКР;
  - < методологическое руководство планово-экономическими структурами подразделений института.



*Лаборатория планирования  
и координации производства  
по 1 тематическому направлению*

Основной задачей лаборатории является разработка и контроль выполнения планов опытного производства в направлении разработки и исследований в части ЯЗ.

*Лаборатория планирования  
и координации производства  
по 2 тематическому направлению*

Спецификой работы лаборатории, в сравнении с лабораторией по КБ-1, является осуществление организации работ и контроля за разработкой приборов автоматики, приборов контрольной аппаратуры, составных частей и в целом ЯБП с момента изготовления лабораторных образцов до серийной продукции в соответствии с ОСТ В95 1148.

*Лаборатория тематического  
и стоимостного планирования*

Лаборатория ТСП занимается разработкой и обоснованием договорных цен на НИР и ОКР, подготовкой, заключением и сопровождением государственных контрактов с Госкорпорацией «Росатом» на выполнение гособоронзаказа. Осуществляет контроль за выполнением обязательств по государственным контрактам, подготовку и представление заказчику актов сдачи-приемки НТП по законченным этапам, а также контроль за отнесением фактических затрат в разрезе тем, этапов, тематических карточек по подразделениям и по институту в целом.

*Лаборатория перспективного  
планирования и отчетности по ГОЗ*

Лаборатория создана приказом директора института М. Е. Железнова от 20.11.2012 г. № 6446, для подготовки, заключения и сопровождения государственных контрактов и отчетности по ним.

ППО является ключевым отделом управления предприятием. На протяжении всей своей истории отдел играл роль кузницы кадров для института. Многие его сотрудники перешли на руководящие должности института и подразделений:

- < Б. И. Беляев – заместитель главного инженера института, директор завода № 1, главный инженер института;
- < А. В. Минько – заместитель директора института по экономике;
- < А. А. Соколов – начальник отдела НИО-12;
- < Г. К. Пинегин – директор завода № 2;
- < В. И. Котов – заместитель директора завода № 1;
- < Н. Г. Тоболяков – начальник ПДО завода № 1;
- < М. В. Соколовский – заместитель начальника ПДО завода № 1;
- < В. К. Сапегин – начальник цеха завода № 1;
- < Н. М. Кудрявцева – начальник ООТиЗ института;
- < С. И. Вампилов – первый заместитель директора;
- < В. Н. Шепелев – советник первого заместителя директора;
- < Е. Р. Силкина – начальник планово-экономического отдела;
- < М. В. Кадинцев – начальник отдела договоров и международных контрактов.

*Бухгалтерия*

Важнейшей составной частью деятельности института является ведение бухгалтерского учета и контроля за обращением финансовых средств. С 1955 по 1967 г. обе эти функции выполнялись централизованной бухгалтерией НИИ-1011 – ВНИИП.

Руководство бухгалтерии стремилось организовать такую систему бухгалтерского и оперативного учета, которая была бы максимально механизирована, а в дальнейшем автоматизирована, обеспечила бы оперативность, достоверность, полноту составляемой экономической





информации, вытекающей из данных бухучета, сокращение сроков обработки документов и составления отчетности. Сроки представления отчетности были жесткими: 20 числа следующего месяца – квартальный и 25 января – годовой.

В период с 1957 по 1975 г. была осуществлена комплексная механизация бухгалтерского учета с применением таблично-перфокарточной формы учета. К концу этого периода были разработаны, введены и применялись более 20 внутренних инструкций, регламентирующих документооборот, учет и контроль за использованием материалов, основных средств, тары, драгметаллов, денежных средств и др.

В 1976–1980 гг. с получением перфорационно-вычислительных комплексов началась автоматизация учетно-вычислительных работ и переход на таблично-автоматизированную форму бухгалтерского учета. Она позволила на основе исходных данных, полученных с первичных документов и однократно зафиксированных на машинных носителях информации (магнитных лентах, дисках), выдавать данные для бухгалтерского, оперативного и статистического учета.

В этот период времени началось внедрение автоматизированной системы управления (АСУ) в стране. Для предприятий Минсредмаша были утверждены «Типовые задачи», а также «Руководящие методические материалы типовых проектных решений по участкам подсистемы «Бухгалтерский учет» АСУ».

Внедрение подсистемы «Бухучет» позволило информационно обеспечивать другие подсистемы АСУ, усилило роль бухучета как самостоятельной функции управления, дало возможность оперативно получать любые достоверные данные.

К началу 1986 г. были автоматизированы следующие комплексы задач, по которым выдавалось более 230 видов выходных форм:

- < учет основных средств и материалов – 24 задачи;
- < учет труда и заработной платы – 30 задач;

- < учет затрат основного, вспомогательного, непромышленного производства – 14 задач;
- < учет денежных средств, фондов и финансирования – 10 задач;
- < сводная отчетность – 1 задача;
- < учет по забалансовым счетам – 2 задачи;
- < учет капвложений – 13 задач.

В проводившихся в то время смотрях-конкурсах по образцовой постановке учета, его автоматизации и финансовой работы институт трижды занимал призовые места: в 1980 г. – третье, в 1982 г. – первое и в 1984 г. – первое место среди предприятий отрасли.

С переходом к рыночной экономике задачи и функции бухгалтерии заметно усложняются и расширяются, что требует постоянного совершенствования методов обработки первичных документов, получения оперативной информации для целей бухгалтерского и налогового учета, а также анализа и управления.

С введением в действие 1 января 2002 г. 25-й главы Налогового кодекса РФ начало применяться понятие «налоговый учет», что повлекло за собой необходимость разработки новых и переработки ранее действовавших регистров бухгалтерского учета и введения новых налоговых регистров.

В этот же период во исполнение приказа Министерства финансов (31 октября 2000 г.) бухгалтерией переработан рабочий План счетов, который введен в действие с 1 января 2002 г.

В настоящее время в бухгалтерии работает 80 сотрудников. Она оснащена современной компьютерной техникой, которая включена в локальную сеть управления института, информационно объединившую различные базы данных (управления персоналом, труд и зарплата, планово-экономический отдел, финансовый отдел и др.). Это позволяет комплексно использовать имеющиеся данные для целей бухгалтерского, налогового учета и выдачи экономической информации для внутренних и внешних пользователей.



Из ветеранов и нынешних руководителей бухгалтерии, работа которых во многом определяет успехи этой функциональной управляющей службы, достойны быть отмеченными следующие сотрудники: Н. Г. Ахлюстина, Л. С. Банникова, Н. А. Бажукова, Л. А. Дьякова, Л. Я. Заложных, С. А. Зырянов, А. А. Костырева, И. П. Кузьменкова, А. И. Куракина, А. В. Лаврова, В. А. Лазоренко, Л. Е. Молчанова, Н. И. Палкина, Н. В. Поплевченко, В. В. Пряхин, А. В. Ракин, Г. А. Саламатова, Н. С. Сингопина, Л. А. Сомова, Е. Ф. Стеничкина, С. В. Таширова, С. Ю. Титова, А. П. Трапезников, С. И. Улитенко, Е. Н. Худышкина, Л. И. Чубка, А. И. Чукаева, И. Ф. Чупашев, Н. М. Шахматова, С. А. Штанько, В. Г. Щекалёв.

#### *Финансовый отдел*

Как уже было сказано, в 1967 г. из бухгалтерии был выделен финансовый отдел. В дальнейшем (1982–1997 гг.) его вновь объединили с бухгалтерией. В настоящее время отдел является самостоятельным подразделением службы управления института.

Финансовый отдел выполняет работы по:

- < подготовке документов по операциям в банках (прием документов на оплату, подборка счетов, регистрация и печать платежных поручений, платежных требований, отказных запросов по оплате, выставление аккредитивов, оформление ссуд и др.);
- < совершению банковских операций: получение счетов, выставленных на инкассо поставщиками и подрядчиками по всем открытым счетам в банке, выписок с прилагаемыми документами;
- < нумерации всех счетов, подборке и передаче их на регистрацию;
- < передаче счетов на акцепт в подразделения института, контролю за акцептом;
- < передаче акцептованных счетов для печати приходных ордеров;
- < подборке документов к выпискам банков, с которыми институт ведет операции, их ре-

гистрации, разноске по книгам оперативного учета и передаче выписок в бухгалтерию;

- < приему счетов от бухгалтерии для предъявления их к оплате покупателям за материальные ценности и оказанные услуги.

Ежегодно по этим работам через финансовый отдел в советские времена проходило 55–60 тысяч документов. И теперь при переходе к рыночной экономике с ее нововведениями в блоке финансовых документов подобной работы не убавилось.

Деятельность отдела в основном направлена на выполнение финансового и кассового планов, на укрепление финансовой дисциплины, совершенствование документооборота по банковским операциям, усиление контроля за состоянием запасов материальных ресурсов, исполнением договоров по НИОКР и договоров вспомогательных служб, на повышение качества претензионной работы, мобилизацию денежных средств и правильное их использование. Главной социально значимой задачей финотдела была и остается своевременная выплата заработной платы сотрудникам института.

В 1992–1999 гг. был тяжелый период в жизни института из-за перебоев в финансировании. Финансовый отдел налаживал новые связи с банками Москвы, Челябинска и Екатеринбурга, изыскивая пути обеспечения института денежными ресурсами для возможной стабилизации финансовой работы.

В современных условиях финансовое положение института является стабильным.

Коллектив финансового отдела за последние годы значительно омолодился. К своей работе сотрудники отдела относятся творчески, с инициативой, в совершенстве владеют навыками работы на компьютере, что позволяет более своевременно и оперативно получать информацию о состоянии финансовой деятельности института.

Существенный вклад в решение задач отдела внесли и вносят: А. А. Винокуров, Н. А. Голиков, М. Е. Железнов, В. Н. Зацепин, Л. Ф. Зинина,



С. А. Зырянов, Т. И. Костин, Г. П. Ломинский, В. З. Печай, Г. А. Петрачкова, А. В. Ракин, Г. Н. Рыкованов, Г. И. Савельева, Н. С. Салихов, С. А. Штанько, И. О. Шуранова.

#### *Отдел труда и заработной платы*

К функциональным отделам управления института относится и образованный в 1955 г. отдел организации труда и заработной платы, подчиненный непосредственно директору.

Основные задачи отдела труда и заработной платы состояли в совершенствовании организации оплаты труда и технического нормирования, а также в разработке структурной схемы и штатных расписаний подразделений института в целом, составлении и контроле выполнения коллективного договора.

Первое штатное расписание по ИТР и служащим НИИ-1011 на 1955 г. было разработано на предприятии и утверждено начальником 5-го ГУ Минсредмаша Н. И. Павловым 16 сентября 1955 г.

Если в 1959 г. в отделе работало шесть сотрудников, то в 2004 г. – семнадцать. В современных условиях штатное расписание утверждается директором института и согласовывается Госкорпорацией «Росатом».

В состав отдела в 1969–1990 гг. входила лаборатория научной организации труда, зани-

мавшаяся совершенствованием организации и управления производством, организацией внедрения новой техники и технологий на производственных участках опытных заводов.

В современных условиях отдел в основном занимается совершенствованием системы охраны труда и структуры института в целях стимулирования роста производительности и качества труда и снижения издержек производства.

Заместителями начальника отдела труда и заработной платы в разное время работали: В. С. Богонин, И. П. Вертоградова, С. В. Вологодский, Г. С. Гладарев, М. Е. Железнов, С. Д. Зарубин, Н. М. Кротов, Н. М. Кудрявцева, А. А. Мартыанов, Ф. Д. Чекальников.

Отдел возглавляли (последовательно): Н. М. Левин, Н. А. Косоруков, Ю. С. Степанов, В. И. Пестов, Ф. Д. Чекальников, М. Е. Железнов, Н. М. Кудрявцева. С 2006 г. начальником отдела работает Н. А. Петрова.

Всего в институте 30 отделов, обеспечивающих функции управления и ведения хозяйства и документооборота. О работе многих из них сказано в соответствующих частях книги. Все функциональные службы работают нормально, обеспечивая бесперебойную работу института.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина вместе со всем оборонным комплексом России вступил в XXI век, начало которого не обещает, что он будет более простым, чем предыдущее столетие. Кардинально изменилась политика и экономика страны, осложняется международная обстановка, усиливается влияние на нее активизирующихся террористических организаций, проявляются новые вызовы стратегической стабильности, требующие адекватных действий. В этой обстановке главной задачей ведущего предприятия ядерного оружейного комплекса страны, как и прежде, остается повышение обороноспособности государства, поддержание боеготовности действующего ядерного арсенала, обеспечение его эффективности, надежности и безопасности.

История отечественного Атомного проекта изобилует примерами ответных действий нашего государства на вызовы других ядерных держав. В ответ на появление первой атомной бомбы США наша страна разработала и испытала свою, в ответ на оснащение ракет ядерными

боезарядами мы создали ядерные боеприпасы для тактических и стратегических ракет. Столь же ответный характер носили наши действия по разработке артиллерийских ядерных боеприпасов, созданию и ядерному оснащению подводных лодок, при разработке так называемой нейтронной бомбы.

Становление и развитие научно-производственной структуры в рамках Атомного проекта также осуществлялись как реакция на действия США. После того как в июле 1952 г. был организован второй ядерный центр, Ливерморская национальная лаборатория, Советский Союз был вынужден принять этот вызов и уже в 1954 г. вынес решение о создании нового ядерного центра на Урале. Организация НИИ-1011 (ныне РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина) обеспечила ускорение темпов и расширение диапазона разработок ядерного оружия, создала предпосылки сохранения одного из двух ядерных центров в случае войны, а также предоставила возможность более объективно судить об уровне создаваемых ядерных боеприпасов, так как породила здоровую конкуренцию проектов с их детальной и компетентной экспертизой.



Главной задачей нового института в течение многих лет являлось создание высокоэффективных образцов ядерных зарядов и ядерных боеприпасов.

В сложнейших условиях организационного периода (1955–1960 гг.) коллектив института создал ядерные и термоядерные заряды оригинальной конструкции. Уже в 1957 г. ВНИИТФ сдал на вооружение первый термоядерный заряд советского ядерного арсенала, а в октябре 1961 г. был испытан первый ядерный боеприпас, полностью разработанный и изготовленный собственными силами института. На базе этого проекта в последующем были созданы стратегические авиабомбы, длительное время стоявшие на вооружении Советской армии. С тех лет решение задачи оснащения всей боевой авиации ВВС было полностью возложено на ВНИИТФ. И он с этой задачей успешно справился: в Военно-воздушные силы поступил целый ряд совершенных образцов малогабаритных авиабомб с ядерными и термоядерными зарядами, разработанными в РФЯЦ – ВНИИТФ.

Другим тематическим направлением института стало создание ядерных зарядов и ядерных боеприпасов для ракет подводных лодок. В 1960 г. была сдана на вооружение боевая часть морской баллистической ракеты, стартующей с надводного положения, а в 1963 г. морской флот получил новую ядерную головную часть ракеты, запускаемой из-под воды. Так было создано первое поколение ракетно-ядерного оружия для подводных лодок ВМФ. Затем последовали разработки боевых блоков для межконтинентальных баллистических ракет 2-го и 3-го поколения – для вооружения атомных подводных лодок и современных крейсеров-ракетоносцев. Все эти головные части были оснащены ядерными зарядами РФЯЦ – ВНИИТФ.

В 1960-х гг. решением правительства институт был определен разработчиком ядерных головных частей для вновь создаваемого стратегического ракетного комплекса наземного ба-

зирования. Многие из образцов боевых блоков ВНИИТФ для моноблочных и разделяющихся головных частей продолжают нести боевое дежурство в составе стратегических комплексов наземного базирования.

Создание ядерных зарядов для артиллерийских систем, осуществленное во ВНИИТФ, потребовало разработки не только ударостойких конструкций зарядов, но и уникальных экспериментальных стендов и установок. На вооружение были сданы рекордные по массово-габаритным характеристикам ядерные снаряды.

Ряд ядерных боеприпасов стратегического и тактического назначения, созданных в смежных организациях ВНИИЭФ и ВНИИА, оснащены ядерными зарядами ВНИИТФ, что является признанием высокого уровня их конструктивных и эксплуатационных характеристик.

С первых работ по созданию образцов ядерного оружия основными краеугольными принципами его разработчиков в РФЯЦ – ВНИИТФ были безопасность, надежность и эффективность создаваемых изделий, простота и удобство их эксплуатации. Прошедшие шестьдесят лет деятельности института и опыт эксплуатации в войсках наглядно показали и подтвердили, что эти принципы в них реально воплощены.

Научно-технический потенциал института был направлен не только на создание оружия. В институте разработаны ядерно-взрывные устройства для промышленного использования в рамках государственной программы «Ядерные взрывы для народного хозяйства». Среди разработок ВНИИТФ с рекордными параметрами выделяется ядерно-взрывное устройство мирного назначения, выдерживающее давление внешней среды до 750 атм и нагрев до 120°C. Всего были разработаны 18 типов ЯВУ, десять из которых нашли практическое применение в 75 промышленных ядерных взрывах. Институт до сих пор является единственной в мире организацией, разрабатывавшей специализированные ЯВУ для промышленного применения.







К своему 60-летию Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина подошел как один из крупнейших ядерных центров мира, способный решать сложнейшие научно-технические проблемы и области создания и поддержания боеготовности ядерного оружия, мирного использования ядерной энергии.

В условиях полного запрещения ядерных испытаний первоочередной задачей, стоящей перед РФЯЦ – ВНИИТФ, является переход на качественно новый уровень понимания процессов функционирования и обеспечения надежности и безопасности ЯЗ и ЯБП. Это требует, прежде всего, углубления знаний по ряду физических процессов, модели которых в настоящее время содержат эмпирические константы, калибруемые с помощью экспериментов. На смену таким моделям должны прийти более точные, основанные на универсальных физических и химических законах. Определяющую роль в этом процессе играют фундаментальные исследования, проводимые в областях физики, наиболее тесно примыкающих к области явлений, возникающих в ядерных устройствах военного назначения: термоядерные исследования, исследования теплофизических свойств веществ, газодинамики, кинетики турбулентного перемешивания на контактных границах различных сред, высокоинтенсивные электромагнитные явления и многие другие.

В институте ведутся работы в области общенаучных фундаментальных и прикладных исследований, в том числе и в международной научной кооперации. Среди них физика высоких плотностей энергии, материаловедение, диодная накачка лазеров, разработка и создание элементов детекторов CMS и ATLAS для суперколлайдера CERN, медицинская аппаратура, активное волокно для оптоволоконных лазеров, хранение и транспортирование отработавшего топлива АЭС, безопасность атомной энергетики и др. Большое внимание в институте уделяется развитию математического моделирования и вычислительной базы.

Ныне институт не только продолжает ранее начатые и востребованные заказчиком научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, но и развивает новые направления по оборонному и гражданскому секторам своей научно-производственной деятельности.

Все свершения института были достигнуты благодаря целенаправленной концентрации усилий, знаний, опыта и самоотверженному труду его основателей и последующих поколений сотрудников. Высокая плотность их энергии, направленной на выполнение основных задач, интеллект ученых, ответственность руководителей, изобретательность и трудолюбие специалистов и рабочих сделали институт достойной и обязательной составной частью современного ядерного оружейного комплекса и одной из ведущих научно-исследовательских организаций России.

**Девиз института: Интеллект и опыт на благо России!**



## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение № 1

### СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ О НАИМЕНОВАНИЯХ И СТАТУСЕ РФЯЦ – ВНИИТФ

№ № п/п	Наименование организации	Период действия наименования	Документы о наименовании (перенаименовании), присвоении имени и статуса
1.	Научно-исследовательский институт № 1011 Министерства среднего машиностроения (НИИ-1011 МСМ) Предприятие п. я. № 0215	05.04.1955–01.07.1959	Постановление СМ СССР от 31.07.1954 № 1561–701; Постановление СМ СССР от 24.03.1955 № 586–362; Приказ МСМ от 05.04.1955 № 252
2.	Научно-исследовательский институт № 1011 (НИИ-1011) Предприятие п. я. № 150	01.07.1959–28.12.1966	Приказ директора от 23.09.1959 № 55
3.	Всесоюзный научно-исследовательский институт приборостроения (ВНИИП) Предприятие п. я. В-2827	28.12.1966–01.01.1990	Постановление СМ СССР от 18.09.1964 № 758–316; Приказ МСМ от 04.04.1966 № 080; Приказ МСМ от 03.11.1966 № 324
4.	Всесоюзный научно-исследовательский институт приборостроения (ВНИИП)	01.01.1990–01.04.1990	Постановление СМ СССР от 21.03.1989 № 250–79; Приказ МСМ от 21.04.1989 № 063
5.	Всесоюзный* научно-исследовательский институт технической физики Министерства атомной энергетики и промышленности (ВНИИТФ)	01.04.1990–01.09.1993	Приказ МАЭП от 31.10.1990 № 210
6.	Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики Министерства Российской Федерации по атомной энергии (РФЯЦ – ВНИИТФ)	01.09.1993–01.01.1999	Распоряжение Президента Российской Федерации от 28.02.1992 № 88-рпс; Приказ Минатома России от 16.03.1992 № 01
7.	Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина («РФЯЦ – ВНИИТФ им. акад. Е. И. Забабахина»)	01.01.1999–01.06.2002	Совместное решение Минатома России и губернатора Челябинской области от 20.10.1998 № 1 ср
8.	Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина» (ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. акад. Е. И. Забабахина»)	01.06.2002–26.06.2014	Приказ директора от 11.06.2002 № 345
9.	Федеральная ядерная организация ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. акад. Е. И. Забабахина»	26.06.2014–на- стоящее время	Указ Президента Российской Федерации от 26.06.14 № 467

\* Фактически с 01.01.1992 г. институт был не «Всесоюзным», а «Всероссийским», однако юридических документов о таком переименовании не найдено.



## Приложение № 2

**ПИСЬМО РУКОВОДИТЕЛЕЙ НИИ-1011 ПЕРВОМУ СЕКРЕТАРЮ ЦК КПСС Н. С. ХРУЩЁВУ  
О СОСТОЯНИИ ДЕЛ И ВОЗМОЖНЫХ ПЕРСПЕКТИВАХ ИНСТИТУТА**

27 мая 1960 г.

Научно-исследовательский институт 1011, в котором мы работаем, организован по решению ЦК КПСС в 1955 г. и находится на севере Челябинской области. Наряду с другой организацией того же профиля КБ-11, он является научным центром по созданию новых образцов атомного и водородного оружия.

За пять лет существования института на территории, занятой ранее лесами, построены производственные здания общей площадью 85 тыс. м<sup>2</sup>, построен математический корпус, в котором работают две современные электронно-счетные машины (М-20 и «Стрела»). Всего в институте работает более 5 тыс. человек, из них в научно-исследовательских и конструкторских подразделениях около 1800 человек, в том числе 17 кандидатов наук, 3 доктора наук, 2 члена-корреспондента АН СССР.

Созданные на территории института два крупных специализированных завода обеспечивают экспериментальные работы и выпуск опытных образцов оружия. Построен город с населением около 20 тыс. человек и жилой площадью 100 тыс. м<sup>2</sup>. Общие капиталовложения к 1960 г. составляют около 850 млн рублей.

Несмотря на трудности периода строительства, институтом с 1955 по 1960 гг. создан ряд новых образцов оружия, находящихся в серийном производстве или подготовленных к нему.

В 1958 г. за создание водородного заряда новой конструкции коллективу научных работников института была присуждена Ленинская премия.

Тем не менее, наш институт в настоящее время переживает большие трудности, о которых мы считаем необходимым рассказать. Речь идет о кадрах научных работников и прежде всего о научных работниках в области физики, которые определяют дальнейшее развитие научных проблем института.

Имея в своем составе небольшой костяк опытных научных работников, работавших с 1947–50 гг. в родственном по тематике КБ-11, наш институт после 1955 г. значительно вырос за счет молодых специалистов, окончивших ВУЗы. Специалистами в области физики мы пополнились главным образом за счет выпускников Московского университета и Московского инженерно-физического института – лучших и, пожалуй, единственных ВУЗов страны, готовящих научных работников нужной нам специальности. Однако уже набор молодых специалистов обычно сопряжен с большими трудностями. Так, в 1956 г. из 25 физиков-теоретиков, окончивших Московский университет и направленных к нам на работу, прибыло только 11, несмотря на сильное давление на них со стороны МСМ и университета. К 1960 г. четверо из них уволилось по собственному желанию, а из оставшихся 7 специалистов есть такие, которые настойчиво добиваются перевода в Московские институты. Это обстоятельство тем более тяжело для института, что уход опытных сотрудников не может быть компенсирован новым набором молодежи, как правило, затрачивающей несколько лет для действительного включения в научную работу.

Имеются факты, когда отдельные руководители Московских научных организаций занимаются переманиванием наших лучших научных работников, предлагая им для этой цели квартиры в Москве и выгодные материальные условия.

Ориентация ряда основных творческих работников института на завершение своего пребывания в провинции особенно усилилась в последнее время, когда многие научные сотрудники сочли старую тематику исчерпанной. Такая обстановка в значительной степени исключает возможность подлинно плодотворной научной работы и грозит существованию института как научной организации.

Такое положение не является новым и специфическим для нашего института, ведь перестали существовать научные организации на действующих атомных промышленных комбинатах МСМ, например на пред-



привлечения Челябинск-40, с которых ушли в Москву все более или менее крупные ученые. В настоящее время концентрация физических институтов в Москве несравненно большая, чем это было в предвоенные годы. Крупнейшей в мире ядерно-физической Московский комплекс начинает расти в некоторой степени стихийно, притягивая к себе лучшие кадры из других городов Советского Союза, обедняя там научные центры и создавая препятствия для развития новых организаций. Московский физический комплекс непрерывно усиливается, пополняясь способными выпускниками лучшего в Советском Союзе Московского университета, оседающими в Москве, откуда бы они ни попали в МГУ.

Таким образом, Московский физический комплекс превратился в гигантский магнит, собирающий наиболее способных и энергичных людей. Эти люди, проявляя инициативу и настойчивость, добиваются дальнейшего расширения работ и строительства в Московских научно-исследовательских институтах уникальных физических установок, процесс лавинно нарастает. Не случайно и то, что строительство уникальной установки – ускорителя элементарных частиц до рекордной энергии в 50 миллиардов вольт в г. Серпухове, в 100 км от Москвы, а не где-нибудь в другом районе Советского Союза, где эта установка могла бы служить центром кристаллизации научных кадров.

Атомная промышленность и энергетика размещены, в основном, на Урале и в Сибири. Между тем все научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации этого профиля находятся в Москве (Институт атомной энергии им. Курчатова, институт экспериментальной и теоретической физики и институт, где директором член-корреспондент АН Доллежал, научный центр ядерной энергетике в г. Обнинске вблизи Москвы).

Такая концентрация ядерно-физической науки в Москве отрицательно сказывается на развитии науки. Удачное размещение научно-исследовательских центров, помимо большого стратегического значения, дало бы ряд преимуществ, способствующих развитию науки:

1. более тесную связь науки с промышленностью;
2. наиболее широкую базу для отбора и выдвижения молодых талантливых ученых;
3. различные подходы к вопросам науки, отсутствие унификации мнений и более широкий фронт поисков.

Приведем данные, характеризующие размещение в СССР и США научных сил в области физики.

В основном физическом журнале СССР, журнале экспериментальной и теоретической физики за 6 месяцев 1959 г. опубликовано 363 статьи, ниже показано их распределение по месту работы авторов.

Москва (город и область)	227	Горький	6
Ленинград	33	Свердловск	5
Харьков	17	Новосибирск	4
Тбилиси, Сухуми	17	Другие города, а также статьи, для которых место работы авторов	
Киев	9	не установлено	32
Алма-Ата	8		

Отсюда видно, что подавляющее число работ делается в Москве.

Другая картина в США – 440 статей аналогичного журнала «Физическое обозрение» распределены по штатам следующим образом:

Нью-Йорк	83	Нью-Джерси (Принстонский университет)	45
Калифорния (штат, в котором находится научный центр атомного оружия Ливермор)	68	Остальные научные центры, равномерно распределенные по стране	179
Иллинойс (Чикаго и Лемонт – научные центры энергетического реакторостроения)	65		



Физические научные центры в США тесно связаны с атомными промышленными объектами. Самый крупный центр по производству урана 235 – Окридж является одновременно одним из крупнейших центров ядерных исследований, в котором работает более 1000 ученых и инженеров. В частности, там сооружена термоядерная установка того же типа, что и построенная в Институте атомной энергии в Москве ОГГА.

В главнейших научных центрах атомного оружия Ливерморе и Лос-Аламосе, вдали от столицы, удалось собрать и сохранить большие группы крупных ученых самого разнообразного профиля, способных вести фундаментальные исследования во всех областях физики.

По соседству с атомными институтами США расположены крупные университеты, выпускающие молодых ученых; так, недалеко от Ливермора, в Беркли, находится крупнейший в США университет, оснащенный современными установками, в том числе мощным ускорителем элементарных частиц – синхрофазотроном. В наших условиях физико-математический факультет Уральского университета не в состоянии справиться с этой задачей, не имея практически лабораторной базы и достаточного количества опытных специалистов в области ядерной физики.

В Ливерморе и Лос-Аламосе научная работа ведется в значительно более широком плане, чем в КБ-11 и НИИ-1011. Наряду с разработкой атомного и водородного вооружения, там ведутся большие работы по ракетным атомным двигателям и широкие исследования в области термоядерных реакций.

Важным обстоятельством, способствующим концентрации науки, являются несравненно лучшие в Москве, чем в других городах Советского Союза, материально-бытовые и культурные условия жизни.

Изложенное выше, по-видимому, относится и к другим отраслям науки, и правильный выход из создавшегося положения подсказывается решением ЦК КПСС о создании Сибирского научно-исследовательского Центра. К сожалению, Новосибирск находится от нас не ближе чем Москва, а физические науки в нем представлены относительно слабо.

По нашему мнению, необходимо принять меры, способствующие сохранению уже созданного в НИИ-1011 научного коллектива и дальнейшему развитию науки на периферии, а именно:

1. Создать на Урале комплекс физических и учебных институтов. Этот комплекс должен быть по необходимости крупным, представлять современные направления физики и иметь уникальную технику. В противном случае он окажется нежизнеспособным и затраты на его создание не принесут пользы.

2. Привлечь из Москвы опытных специалистов для организации в НИИ-1011 центра термоядерных исследований. Закрепление уже работающих на Урале специалистов и привлечение новых требует коренного улучшения материально-бытовых и культурных условий жизни.

Просим Вас рассмотреть эти вопросы.

Член-корреспондент АН СССР  
Член-корреспондент АН СССР  
Доктор физико-математических наук  
Доктор технических наук  
Доктор физико-математических наук

К. И. Шёлкин  
Е. И. Забабахин  
Ю. А. Романов  
Б. К. Шембель  
Н. Н. Яненко

## УЧЕНЫЕ РФЯЦ – ВНИИТФ

## Действительные члены РАН

Забабахин Евгений Иванович (1968 г.)	Феоктистов Лев Петрович (2000 г.)
Аврорин Евгений Николаевич (1992 г.)	Рыкованов Георгий Николаевич (2011 г.)
Литвинов Борис Васильевич (1997 г.)	

## Доктора физико-математических наук

1953 г. Забабахин Евгений Иванович	1993 г. Водолага Борис Константинович Козманов Михаил Юрьевич
1955 г. Зыкин Юрий Аронович	1994 г. Башуров Владимир Витальевич
1958 г. Романов Юрий Александрович	1998 г. Быченко Владимир Александрович Рогожин Сергей Александрович Рыкованов Георгий Николаевич Мирманлыштейн Алексей Владимирович
1964 г. Феоктистов Лев Петрович	1999 г. Авраменко Михаил Иванович Лазарев Юрий Николаевич Наумов Сергей Николаевич
1968 г. Вахрамеев Юрий Сергеевич Санин Игорь Васильевич Шумаев Михаил Петрович	2000 г. Андрияш Александр Викторович Афонин Василий Иванович
1973 г. Нечай Владимир Зиновьевич	2001 г. Аверин Александр Никитович Чуриков Юрий Иванович
1974 г. Аврорин Евгений Николаевич	2003 г. Лукин Александр Васильевич
1978 г. Куропатенко Валентин Федорович	2005 г. Лобода Петр Анатольевич Плохой Владимир Валентинович
1983 г. Симоненко Вадим Александрович	2006 г. Петров Петр Витальевич Синько Геннадий Васильевич
1984 г. Полионов Аркадий Васильевич	2007 г. Петров Дмитрий Витальевич Садыков Навиль Рахматуллоевич
1985 г. Неуважаев Владимир Емельянович	2008 г. Гребёнкин Константин Фридрихович
1988 г. Зуев Алексей Иванович Иванов Геннадий Алексеевич	2010 г. Птицына Надежда Владимировна Лебедев Сергей Наркисович
1989 г. Воробьев Анри Иванович Диков Юрий Николаевич Мужицкий Виталий Иванович	2012 г. Адеев Алексей Владимирович
1990 г. Шишкин Николай Иванович	2013 г. Подопригора Юрий Сергеевич
1991 г. Фролов Владлен Дмитриевич Шибаршов Леонид Иванович	
1992 г. Гаджиев Ахмед Далгатович Зубов Анатолий Дмитриевич	



### Доктора технических наук

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1951 г. Шембель Борис Константинович     | 1994 г. Бондаренко Виктор Акимович    |
| 1962 г. Цыркюв Георгий Александрович     | 1997 г. Петров Евгений Николаевич     |
| 1965 г. Захаренков Александр Дмитриевич  | 1998 г. Антипинский Сергей Петрович   |
| 1969 г. Феоктистова Екатерина Алексеевна | Кирюшкин Виктор Дмитриевич            |
| 1970 г. Орлов Виктор Константинович      | Сибилев Владимир Афанасьевич          |
| 1971 г. Бунатян Армен Айкович            | Сюркин Николай Андреевич              |
| 1974 г. Клопов Леонид Федорович          | 2000 г. Кузьмин Эдуард Николаевич     |
| 1976 г. Ратников Владимир Петрович       | Сорокин Вячеслав Леонтьевич           |
| 1977 г. Волков Леонид Павлович           | 2001 г. Борисов Виктор Николаевич     |
| Стоцкий Анатолий Семенович               | Емельянов Александр Федорович         |
| Ткаченко Александр Николаевич            | Новиков Геннадий Абрамович            |
| 1978 г. Ганиев Ахат Сантович             | Твердохлебов Петр Юрьевич             |
| 1983 г. Шербина Александр Николаевич     | 2002 г. Субботин Сергей Григорьевич   |
| 1984 г. Русаков Михаил Михайлович        | 2003 г. Деев Сергей Антонович         |
| 1988 г. Коблов Петр Иванович             | Моисеенко Эдуард Васильевич           |
| Литвинов Борис Васильевич                | Терехин Владимир Александрович        |
| Лобойко Борис Григорьевич                | Журавлёв Александр Петрович           |
| 1989 г. Волошин Николай Павлович         | 2005 г. Израилев Борис Исаакович      |
| Даниленко Вячеслав Васильевич            | Снопков Альберт Александрович         |
| Погребов Игорь Сергеевич                 | 2006 г. Симонов Евгений Николаевич    |
| Правдин Владимир Михайлович              | 2007 г. Степовик Александр Петрович   |
| 1990 г. Бияное Юрий Михайлович           | Бабин Станислав Федорович             |
| Снявин Вячеслав Евгеньевич               | 2008 г. Горновой Виктор Александрович |
| 1991 г. Семикопенко Василий Петрович     | Шалопишников Владимир Викторович      |
|  | Проскурин Анатолий Викторович         |
|  | 2011 г. Куранов Вячеслав Валентинович |
|  | 2013 г. Смирнов Вячеслав Николаевич   |

### Кандидаты физико-математических наук

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1954 г. Тарумов Эрист Заросевич     | 1961 г. Аврорин Евгений Николаевич  |
| 1956 г. Порецкий Лев Борисович      | Вахрамеев Юрий Сергеевич            |
| 1959 г. Санин Игорь Васильевич      | Крупников Константин Константинович |
| 1960 г. Филиппов Геннадий Федорович | Феоктистов Лев Петрович             |
|                                     | Шумаев Михаил Петрович              |
|                                     | 1962 г. Тутуров Юрий Филиппович     |

- 1963 г. Говорков Алексей Борисович  
Михайлов Геннадий Алексеевич  
Неуважаев Владимир Емельянович
- 1964 г. Енальский Виктор Алексеевич  
Жуков Анатолий Иванович  
Куропатенко Валентин Федорович  
Сауков Анатолий Иванович
- 1965 г. Милованов Юлий Петрович  
Погребов Игорь Сергеевич  
Розанов Владислав Борисович
- 1966 г. Альбинов Зият Абдуллоевич  
Гансев Ахат Саитович  
Израилев Исаак Моисеевич  
Коновалов Анатолий Николаевич
- 1967 г. Андреев Ярослав Николаевич  
Зуев Алексей Иванович  
Нечай Владимир Зиновьевич  
Ракивченко Александр Николаевич  
Старостин Константин Леонидович  
Стаханов Владимир Анатольевич  
Сучков Виктор Андреевич  
Шишкин Николай Иванович
- 1968 г. Воробьев Анри Иванович  
Думкина Галина Васильевна  
Дьячков Борис Александрович  
Кибардин Владимир Аркадьевич  
Мордвинов Борис Павлович  
Шибаршов Леонид Иванович
- 1969 г. Анучина Нина Николаевна  
Козодой Станислав Андреевич  
Погодин Юрий Яковлевич  
Фролов Владлен Дмитриевич
- 1970 г. Башуров Владимир Витальевич  
Гамалий Евгений Георгиевич  
Жариков Анатолий Серафимович  
Огибин Вячеслав Николаевич
- 1971 г. Вантрусев Юрий Иванович  
Легоньков Владимир Иванович  
Марков Георгий Николаевич  
Птицын Анатолий Романович  
Птицына Надежда Владимировна  
Скворцов Евгений Алексеевич  
Хохряков Виктор Федорович
- 1972 г. Бужинский Олег Игоревич  
Иванов Геннадий Алексеевич  
Рукавишников Валентин Григорьевич  
Сапожников Анатолий Тихонович  
Тюрин Владимир Федорович  
Хисамутдинов Вильям Ризатдинович
- 1973 г. Диков Юрий Николаевич  
Мурашкин Борис Михайлович  
Силкин Эдуард Иосифович  
Симошенко Вадим Александрович
- 1974 г. Афанасьев Виктор Николаевич  
Васильев Альберт Петрович  
Гаджиев Ахмед Далгатович  
Гаджиева Валентина Васильевна  
Запысов Анатолий Ларионович  
Мельниченко Александр Саввович  
Петров Анатолий Алексеевич  
Плохой Владимир Валентинович  
Пурыгин Николай Петрович  
Селезнев Николай Алвианович
- 1975 г. Бакулин Юрий Дмитриевич  
Грибов Вячеслав Михайлович  
Зубов Вениамин Васильевич  
Куропатенко Эвелина Степановна  
Моисеенко Эдуард Васильевич  
Мужицкий Виталий Иванович  
Полионов Аркадий Васильевич  
Снопков Альберт Александрович  
Строцева Лидия Петровна  
Чернухин Юрий Илларионович
- 1977 г. Волков Карл Всеволодович  
Мурашкина Валентина Арсеньевна  
Неводничий Николай Николаевич  
Попов Владимир Ильич  
Самылов Сергей Васильевич  
Шаталов Анатолий Петрович
- 1978 г. Водолага Борис Константинович  
Забабахин Игорь Евгеньевич  
Козманов Михаил Юрьевич  
Таржанов Владислав Иванович  
Чуриков Юрий Иванович
- 1979 г. Авраменко Валентин Семенович  
Ермаков Сергей Михайлович



- Михальков Николай Григорьевич  
Терехин Владимир Александрович
- 1980 г. Баранов Владимир Тимофеевич  
Коваленко Геннадий Васильевич  
Крюченков Владимир Борисович  
Кучеренко Юрий Андреевич  
Рогожин Сергей Александрович  
Широковская Ольга Степановна
- 1981 г. Громов Василий Тихонович  
Кузнецов Юрий Иванович  
Лыков Владимир Алексеевич  
Любимов Валерий Сергеевич  
Шулепов Николай Иванович
- 1982 г. Лазарев Юрий Николаевич
- 1983 г. Горновой Анатолий Александрович  
Дьянков Владимир Семенович  
Корягин Анатолий Иванович  
Минаева Инна Семеновна  
Пташный Вадим Дмитриевич  
Синько Геннадий Васильевич
- 1984 г. Блинов Иван Михайлович  
Буряков Олег Викторович  
Быченков Владимир Александрович  
Воленко Валерий Владимирович  
Елькин Вячеслав Михайлович  
Игнатенко Владимир Васильевич  
Магда Эдуард Павлович  
Наумов Сергей Николаевич  
Ногин Владимир Николаевич  
Свалухин Анатолий Иосифович
- 1985 г. Андреев Евгений Сергеевич  
Байдин Григорий Васильевич  
Василенко Алексей Михайлович  
Заградова Лидия Андреевна  
Иванов Александр Федорович  
Козырь Игорь Григорьевич  
Лукин Александр Васильевич  
Матвеевко Юрий Иванович  
Орлов Александр Иванович  
Первынченко Николай Васильевич  
Рыкованов Георгий Николаевич  
Светланов Анатолий Анатольевич  
Сибилев Владимир Афанасьевич
- 1986 г. Адеев Алексей Владимирович  
Андряш Александр Викторович  
Бондарчук Игорь Иванович  
Гребенкин Константин Фридрихович  
Мирьинштейн Алексей Владимирович  
Петровцев Александр Васильевич  
Подгорнов Владимир Аминович  
Соколов Сергей Володарович
- 1987 г. Аверин Александр Никитович
- 1988 г. Жугин Юрий Николаевич  
Закиров Рауль Яхиянович  
Ларцев Валерий Дмитриевич  
Николаев Владимир Георгиевич  
Писарев Владимир Николаевич  
Селиверстов Виталий Семенович  
Щукин Виталий Николаевич
- 1989 г. Барышева Нина Михайловна  
Демьяновский Сергей Владимирович
- 1990 г. Авраменко Михаил Иванович  
Аминов Юрий Александрович  
Горин Николай Владимирович  
Зинин Юрий Яковлевич  
Лебедев Сергей Наркисович  
Тоичкин Владимир Николаевич  
Уваров Виктор Николаевич  
Шмаков Владимир Михайлович
- 1991 г. Исразьян Владимир Григорьевич  
Козерух Николай Петрович  
Козырев Олег Михайлович  
Пережогин Валерий Дмитриевич  
Подопригора Юрий Сергеевич
- 1992 г. Моисеев Николай Яковлевич  
Мялицин Леонид Анатольевич  
Петров Петр Витальевич  
Свидинский Владимир Андреевич  
Серов Сергей Борисович  
Терехов Сергей Александрович
- 1993 г. Бычков Игорь Валерьевич  
Шубин Олег Никандрович
- 1994 г. Анучин Михаил Геннадьевич  
Воробьев Сергей Анриевич



- Мустафин Виль Камилевич  
Соколов Юрий Александрович
- 1995 г. Мустафин Камаль Ахмадиевич  
Петров Дмитрий Витальевич  
Политов Вадим Юрьевич  
Читайкин Владимир Иванович  
Шестаков Александр Александрович
- 1997 г. Легоньков Владимир Владимирович  
Паршуков Игорь Энгельсович  
Шубин Василий Анатольевич
- 1998 г. Малеев Анатолий Александрович  
Найченко Андрей Викторович  
Покаташкин Александр Петрович  
Садыков Наиль Рахматуллович
- 1999 г. Гармашева Наталья Валентиновна  
Дзянков Олег Владимирович  
Литвиненко Игорь Алексеевич  
Любятинский Сергей Николаевич
- 2000 г. Аникин Николай Борисович  
Дзянкова Елена Владимировна  
Ким Александр Васильевич  
Леваков Борис Георгиевич
- 2001 г. Брагин Алексей Анатольевич  
Волков Владимир Иванович  
Хмельницкий Дмитрий Владимирович
- 2002 г. Бабушкин Александр Валерьевич  
Кузьмин Сергей Юрьевич  
Лобода Петр Анатольевич  
Неуважаев Дмитрий Владимирович
- 2003 г. Комоско Владимир Васильевич  
Макеева Инга Равильевна
- 2004 г. Ласота Анатолий Михайлович  
Малышкин Геннадий Нифодиевич  
Петуни Сергей Александрович  
Эргашев Дамир Эркинович
- 2005 г. Анисимов Вадим Иванович
- 2006 г. Адеева Ирина Владимировна  
Глазырин Игорь Валерьевич
- Могиленских Дмитрий Владимирович  
Первушина Наталья Александровна
- 2007 г. Дрёмов Владимир Владимирович  
Боков Дмитрий Николаевич  
Кутепов Андрей Леонидович  
Павленко Александр Валериевич  
Романова Елена Михайловна  
Самарин Сергей Иванович  
Смирнов Николай Александрович  
Шнитко Александр Сергеевич
- 2008 г. Фёдоров Вячеслав Викторович  
Жеребцов Алексей Леонидович  
Абраменко Сергей Иванович
- 2009 г. Гвоздик Михаил Юрьевич  
Карлыханов Николай Григорьевич  
Нурбаков Анас Шарифович  
Пилипенко Анатолий Сергеевич  
Пронин Ян Владимирович  
Сковпель Александр Владимирович
- 2010 г. Бочкова Наталья Владимировна  
Зинатуллина Юлия Александровна  
Каравасев Алексей Валентинович
- 2011 г. Бочков Александр Викторович  
Коблов Андрей Петрович  
Никитенко Юрий Роленович  
Старцев Алексей Николаевич
- 2012 г. Гилёв Олег Николаевич  
Нецветов Дмитрий Сергеевич  
Овечкин Антон Александрович  
Селезнёв Владимир Николаевич  
Черашев Виктор Иванович  
Шушлебин Александр Николаевич
- 2013 г. Ершова Арина Владимировна  
Коновалов Александр Борисович  
Лавров Семен Александрович  
Малахов Алексей Александрович  
Саложников Филипп Анатольевич  
Шадрин Артем Александрович  
Шашков Андрей Юрьевич
- 2014 г. Андреев Сергей Александрович  
Березин Андрей Владимирович



Лупанов Илья Викторович  
 Потапов Анатолий Васильевич  
 Протас Роман Викторович  
 Романов Олег Борисович

Тараник Михаил Викторович  
 Ткачёв Олег Валерьевич  
 Чижков Максим Николаевич

### Кандидаты технических наук

- |  |   |
|--|---|
| 1949 г. Феоктистова Екатерина Алексеевна   | Правдин Владимир Михайлович   |
| 1953 г. Клопов Леонид Федорович  | Чефранов Виктор Сергеевич   |
| 1954 г. Николенко Гордей Иванович  | Шлеев Анатолий Лапентьевич  |
| 1955 г. Захаренков Александр Дмитриевич<br>Леденёв Борис Николаевич  | 1968 г. Афанасьев Лев Николаевич<br>Бабейко Юрий Андреевич<br>Бабин Станислав Федорович<br>Бондаренко Виктор Акимович<br>Голубев Евгений Михайлович<br>Полянский Леонид Ефремович   |
| 1956 г. Жучихин Виктор Иванович  |   |
| 1958 г. Есин Павел Алексеевич<br>Николаев Василий Петрович   | 1969 г. Белянов Юрий Михайлович<br>Воробьев Сергей Степанович<br>Жуков Анатолий Павлович<br>Коблов Пётр Иванович<br>Лебедев Лев Леонидович<br>Лобойко Борис Григорьевич<br>Скориков Юрий Андреевич<br>Чудесников Олег Иванович                    |
| 1959 г. Тепляков Владимир Александрович  |   |
| 1960 г. Предин Борис Александрович   |   |
| 1961 г. Федотов Аркадий Павлович   |   |
| 1962 г. Наумова Ирина Ивановна   |   |
| 1963 г. Блатов Игорь Владимирович<br>Зажигаев Леонид Степанович<br>Орлов Виктор Константинович<br>Ратников Владимир Петрович   | 1970 г. Захаров Леонид Максимович<br>Коптелов Анатолий Логинович<br>Шанов Геннадий Иванович<br>Шумский Александр Николаевич   |
| 1965 г. Введенский Геннадий Александрович<br>Литвинов Борис Васильевич<br>Молчанов Виктор Алексеевич<br>Плешинцев Николай Васильевич<br>Стоцкий Анатолий Семенович<br>Татаринцев Лев Витальевич<br>Чвилева (Волкова) Александра Акимовна | 1971 г. Гориков Виктор Александрович<br>Крупин Федор Петрович<br>Кушнарев Петр Иванович<br>Левин Анатолий Григорьевич<br>Рыбаков Юрий Иванович<br>Смирнов Геннадий Григорьевич<br>Филиппов Станислав Владимирович<br>Щербина Александр Николаевич |
| 1966 г. Колесников Николай Васильевич<br>Русаков Михаил Михайлович<br>Ткаченко Александр Николаевич<br>Чуразов Михаил Дмитриевич   | 1972 г. Волошин Николай Павлович<br>Журавлёв Олег Митрофанович<br>Кузьмин Эдуард Николаевич<br>Музыря Александр Кириллович<br>Рязанцев Валерий Алексеевич<br>Семикопенко Василий Петрович<br>Степанов Вадим Дмитриевич                            |
| 1967 г. Белявский Анатолий Геннадьевич<br>Волков Леонид Павлович<br>Лучинский Андрей Владимирович  |   |



- 1973 г. Бобров Владимир Иванович  
Кузнецов Альберт Михайлович  
Смирнов Юрий Николаевич  
Усольцев Вадим Александрович  
Чернышев Юрий Кириллович
- 1974 г. Болтнев Виктор Петрович  
Борисов Иван Петрович  
Волобуев Игнат Петрович  
Даниленко Вера Николаевна
- 1975 г. Коваленко Анатолий Константинович  
Мартемьянов Александр Николаевич  
Матня Владимир Алексеевич  
Селантьева Александра Николаевна  
Страшель Вячеслав Алоизович
- 1977 г. Бехтерев Валентин Александрович  
Исаев Анри Мулдабекович  
Литвинов Владимир Григорьевич  
Морозов Игорь Павлович  
Новосёлов Евгений Федорович  
Сорокин Вячеслав Леонтьевич  
Спасибов Виктор Максимович  
Степовик Александр Петрович  
Сучков Анатолий Андреевич  
Холодарь Борис Григорьевич
- 1978 г. Балюков Валентин Васильевич  
Васильев Александр Федорович  
Вознюк Родион Иванович  
Деев Сергей Антонович  
Ершов Олег Владимирович  
Колесниченко Владимир Александрович  
Полуянов Всеволод Артемьевич  
Поляков Виктор Николаевич  
Романова Людмила Даниловна  
Ушаков Николай Ульянович
- 1979 г. Антипов Валерий Александрович  
Ващинкин Сергей Александрович  
Глухих Юрий Николаевич  
Денисенко Анатолий Андреевич  
Игнатов Георгий Владимирович  
Красавин Анатолий Сергеевич  
Лубенский Виталий Васильевич  
Панов Петр Кузьмич  
Фомченков Виктор Матвеевич
- Романиков Юрий Иванович  
Шалфеев Александр Дмитриевич
- 1980 г. Кирюшкин Виктор Дмитриевич  
Косоруков Станислав Николаевич  
Мальгун Михаил Максимович  
Рубан Дмитрий Леонтьевич
- 1981 г. Голиков Валерий Васильевич  
Горопашный Визвут Алексеевич  
Козловский Владимир Николаевич  
Лебедев Михаил Алексеевич  
Мударисов Раис Ганиевич  
Таратин Эдуард Михайлович  
Хайретдинов Мансур Жефарович
- 1982 г. Андроскин Вячеслав Иванович  
Дворко Виталий Владимирович  
Зусь Виталий Иванович  
Зусь Юрий Семенович  
Израилев Борис Исаакович  
Корякин Владимир Константинович  
Крюков Вячеслав Михайлович  
Кухарев Александр Павлович  
Неустров Юрий Павлович  
Скоркин Николай Андреевич  
Смирнов Вячеслав Николаевич  
Шапошников Владимир Викторович
- 1983 г. Дзянков Владимир Семенович  
Золотарев Эдуард Ильич  
Мельников Валерий Васильевич  
Ткаченко Алексей Иванович
- 1984 г. Афанасьев Евгений Павлович  
Казеев Виктор Григорьевич  
Никитенко Ролан Антонович  
Никифоров Владимир Владимирович  
Субботин Сергей Григорьевич  
Шестаков Дмитрий Иванович
- 1985 г. Даниленко Вячеслав Васильевич  
Журавлёв Александр Петрович  
Конаков Игорь Васильевич  
Низамов Вадих Назмутдинович  
Смыслов Валентин Петрович  
Торопова Жанна Васильевна  
Хакимзянов Валерий Шакирович



- 1986 г. Андрусенко Борис Александрович  
Владимиров Аркадий Сергеевич  
Демачев Владимир Иванович  
Исупов Аркадий Аркадьевич  
Калистратов Алексей Александрович  
Ковалев Вячеслав Павлович  
Лапаксин Александр Александрович  
Мякин Валентин Кириллович  
Новиков Геннадий Абрамович  
Покрышкин Валерий Николаевич  
Сахаров Юрий Алексеевич  
Твердохлебов Петр Юрьевич  
Черноволок Борис Танасьевич  
Южанин Владимир Михайлович
- 1987 г. Антипинский Сергей Петрович
- 1988 г. Афонин Василий Иванович  
Барулин Анатолий Егорович  
Гапонов Владимир Егорович  
Домбровский Анатолий Валентинович  
Забабахин Николай Евгеньевич  
Карачинский Станислав Иванович  
Круглов Геннадий Иванович  
Кудрявцев Александр Викторович  
Левин Леонид Акимович  
Мартюшов Николай Иванович  
Модин Владимир Николаевич  
Ольховский Юрий Викторович  
Павликов Лев Яковлевич  
Плетень Надежда Леонтьевна  
Светлов Виталий Иванович  
Свечников Владимир Борисович  
Сиявин Вячеслав Евгеньевич  
Смирнов Олег Васильевич  
Соболев Михаил Дмитриевич  
Столяров Владимир Васильевич  
Ярославцев Владимир Сергеевич  
Яскевич Анатолий Александрович
- 1989 г. Антошин Евгений Трифонович  
Вилков Валерий Петрович  
Дмитраков Юрий Луквич  
Конюгов Николай Александрович  
Михайлов Сергей Сергеевич  
Нечаев Валерий Петрович  
Поджорытов Николай Иванович  
Рубцов Борис Григорьевич
- Шинкин Анатолий Георгиевич  
Шкодин Леонид Алексеевич
- 1990 г. Боробыев Владимир Владимирович  
Лаушкин Владимир Павлович  
Леушканов Алексей Сергеевич  
Макушко Валерий Васильевич  
Симонов Евгений Николаевич
- 1991 г. Авакумов Валерий Дмитриевич  
Борисов Виктор Николаевич  
Бровкин Василий Федорович  
Ивакин Анатолий Федорович  
Клецен Юрий Николаевич  
Никитин Валерий Петрович  
Пешков Игорь Андреевич  
Рябов Владимир Александрович  
Степанов Вячеслав Федорович  
Шадрин Александр Викторович
- 1992 г. Дьячков Сергей Борисович  
Кованчева Наталья Владимировна  
Фомин Юрий Павлович  
Чухарев Владимир Федорович
- 1993 г. Батурин Александр Сергеевич  
Куранов Вячеслав Валентинович
- 1994 г. Патокин Евгений Вячеславович
- 1995 г. Прокофьев Владимир Валентинович  
Проскурин Анатолий Викторович  
Сейтов Валерий Леопольдович  
Сютин Евгений Александрович  
Ушков Александр Васильевич
- 1996 г. Денисов Геннадий Викторович  
Зуев Владимир Семенович
- 1997 г. Бурученко Сергей Константинович  
Комар Сергей Павлович  
Романенко Николай Николаевич  
Шахов Александр Александрович
- 1998 г. Ахлюстин Владимир Николаевич  
Вотановский Александр Александрович  
Зеленов Александр Николаевич  
Ивашкин Николай Васильевич  
Рысков Игорь Юрьевич

- 1999 г. Баранов Владимир Ефремович  
Дровосеков Сергей Петрович  
Лаптев Николай Николаевич  
Собко Сергей Аркадьевич  
Сорокин Александр Николаевич  
Старцева Вера Григорьевна  
Ташланов Владимир Влеревич
- 2000 г. Валеева Оксана Вильевна  
Жгилёв Игорь Николаевич  
Загороднюк Павел Николаевич  
Кравченко Владимир Павлович  
Литвин Владимир Иванович  
Львова Лидия Александровна  
Панов Александр Валерьевич  
Скворцов Александр Евгеньевич
- 2001 г. Жариков Николай Иванович
- 2002 г. Доновский Дмитрий Евгеньевич  
Занегин Игорь Владимирович  
Колупаев Дмитрий Никифорович  
Костицын Олег Владимирович  
Смирнов Вадим Геннадьевич  
Смирнов Евгений Викторович  
Филин Виктор Павлович  
Черница Олег Анатольевич
- 2003 г. Киселёв Сергей Николаевич
- 2005 г. Атавин Владислав Георгиевич
- 2006 г. Афанасьев Александр Николаевич  
Березенко Раиса Ивановна  
Гармашев Александр Юрьевич  
Игнатъев Алексей Олегович  
Кашлицев Владимир Иванович  
Кормилицын Алексей Иванович  
Котко Владимир Игоревич  
Путылин Олег Сергеевич  
Сагарадзе Дмитрий Александрович
- 2007 г. Бижов Сергей Николаевич  
Валеев Марат Фаритович  
Исламов Марат Рифкатович  
Ключников Александр Васильевич  
Липатов Александр Николаевич  
Хрисанфов Дмитрий Борисович  
Шекалов Владимир Иванович
- 2008 г. Науменко Михаил Юрьевич  
Страховна Ольга Владимировна
- 2009 г. Андреев Сергей Геннадьевич  
Галицкий Максим Викторович  
Гафаров Айрат Мухамедьянович  
Грудаков Владимир Николаевич  
Конюшенко Владимир Юрьевич  
Конотоп Юрий Иванович  
Максимов Юрий Григорьевич  
Ульянов Сергей Михайлович  
Фролов Дмитрий Владимирович
- 2010 г. Баталов Сергей Валентинович  
Долгих Сергей Михайлович  
Жиганов Петр Геннадьевич  
Киселёв Денис Юрьевич  
Козлов Александр Лукич  
Сарафанников Андрей Владимирович
- 2011 г. Григорьев Александр Николаевич  
Колегов Алексей Анатольевич
- 2012 г. Беленовский Юрий Анатольевич  
Калинцев Владимир Александрович  
Мельникова Алла Юрьевна
- 2013 г. Абраменко Юрий Сергеевич  
Козерук Александр Николаевич  
Никольшин Максим Викторович  
Перебатов Василий Николаевич
- 2014 г. Грязных Дмитрий Анатольевич  
Жуков Владимир Васильевич  
Мельников Александр Иосифович

#### Кандидаты химических наук

- 1959 г. Биктимирова Людмила Гашимовна
- 1962 г. Биктимиров Рамиль Сабирович
- 1970 г. Шилов Симон Андреевич
- 1971 г. Безденежных Гертруда Владимировна



1973 г. Зырянов Анатолий Семенович

2011 г. Рыкунов Алексей Александрович

1990 г. Файзрахманов Фидус Фаязович  
Холодов Алексей Александрович

Сериков Александр Сергеевич

**Кандидаты экономических наук**

1980 г. Осипов Виктор Николаевич

2011 г. Гурова Юлия Евгеньевна

2000 г. Железнов Михаил Евгеньевич  
Защенин Владимир Николаевич

**Кандидаты философских наук**

1975 г. Саушкина Нина Георгиевна

**Кандидаты геологических наук**

2009 г. Гвоздарев Юрий Константинович

**Кандидаты педагогических наук**

2009 г. Сартакова Елена Михайловна

**СОТРУДНИКИ РФЯЦ – ВНИИТФ – ГЕРОИ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО ТРУДА  
И ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИЙ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ**

**Герои Социалистического Труда**

Щёлкин Кирилл Иванович (1949, 1951, 1953 гг.)\*  
Гречишников Владимир Федорович (1953 г.)\*  
Романов Юрий Александрович (1953 г.)\*  
Забабахин Евгений Иванович (1954 г.)\*  
Захаренков Александр Дмитриевич (1961 г.)\*\*  
Аврорин Евгений Николаевич (1966 г.)\*\*

Феокистов Лев Петрович (1966 г.)\*\*  
Шумаев Михаил Петрович (1971 г.)\*\*  
Литвинов Борис Васильевич (1981 г.)\*\*  
Цыркoв Георгий Александрович (1976 г.)\*\*\*  
Орлов Виктор Константинович (1981 г.)\*\*\*  
Яценко Николай Николаевич (1981 г.)\*\*\*

**Лауреаты Ленинской премии**

1958 г.

Гречишников Владимир Федорович  
Забабахин Евгений Иванович  
Романов Юрий Александрович  
Феокистов Лев Петрович  
Шумаев Михаил Петрович  
Щёлкин Кирилл Иванович

1962 г.

Леденёв Борис Николаевич  
Ломинский Георгий Павлович  
Михайлов Геннадий Алексеевич  
Нечаяв Мартэн Николаевич  
Цыркoв Георгий Александрович

1963 г.

Аврорин Евгений Николаевич  
Беляев Борис Иосифович  
Бородулин Александр Васильевич  
Бояршинов Виктор Анатольевич  
Брошников Николай Васильевич  
Бунатян Армен Айкович  
Воробьёв Сергей Степанович  
Есин Павел Алексеевич  
Зыкин Юрий Аронович  
Клопов Леонид Федорович  
Коблов Петр Иванович  
Мурашкин Борис Михайлович  
Смирнов Николай Александрович  
Чуразов Михаил Дмитриевич

1964 г.

Ганеев Ахат Сантович  
Израилев Исаак Моисеевич  
Крупников Константин Константинович  
Лучинский Андрей Владимирович  
Нечай Владимир Зиновьевич  
Предени Борис Александрович

1966 г.

Желобанов Феликс Федорович  
Жуков Анатолий Иванович  
Литвинов Борис Васильевич  
Розанов Владислав Борисович  
Санин Игорь Васильевич  
Чвилева (Волкова) Александра Акимовна

1967 г.

Баламутин Анатолий Иванович  
Захаренков Александр Дмитриевич  
Орлов Виктор Константинович  
Панов Петр Кузьмич  
Полянский Леонид Ефремович  
Стаханов Владимир Анатольевич

1974 г.

Тиханов Олег Николаевич

1979 г.

Ломинский Георгий Павлович

\* Прибыли на работу в РФЯЦ – ВНИИТФ будучи награжденными.

\*\* Награждены во время работы в РФЯЦ – ВНИИТФ.

\*\*\* Награждены после перевода из РФЯЦ – ВНИИТФ.



1980 г.

Красавин Анатолий Сергеевич  
Легоньков Владимир Иванович  
Шибаршов Леонид Иванович

1984 г.

Вахрамеев Юрий Сергеевич

Лбов Герман Степанович  
Ратников Владимир Петрович  
Семёнов Борис Николаевич  
Сучков Виктор Андреевич

1989 г.

Карих Николай Васильевич

### Лауреаты Государственной премии СССР и РФ

1949 г.

Жучикин Виктор Иванович  
Забабахин Евгений Иванович  
Леденёв Борис Николаевич  
Щёлкин Кирилл Иванович

1951 г.

Гречишников Владимир Федорович  
Есин Павел Алексеевич  
Жуков Анатолий Иванович  
Жучикин Виктор Иванович  
Забабахин Евгений Иванович  
Захаренков Александр Дмитриевич  
Ломинский Георгий Павлович  
Феокистова Екатерина Алексеевна  
Цыркoв Георгий Александрович

1953 г.

Васильев Дмитрий Ефимович  
Гречишников Владимир Федорович  
Есин Павел Алексеевич  
Жучикин Виктор Иванович  
Забабахин Евгений Иванович  
Захаренков Александр Дмитриевич  
Леденёв Борис Николаевич  
Порецкий Лев Борисович  
Романов Олег Петрович  
Рыбаков Николай Семенович  
Соков Николай Иванович  
Феокистова Екатерина Алексеевна  
Цыркoв Георгий Александрович  
Щёлкин Кирилл Иванович  
Якубов Фуад Кудусович  
Яненко Николай Николаевич

1955 г.

Санин Игорь Васильевич

1967 г.

Борисов Иван Петрович  
Вовченко Дмитрий Филиппович  
Додонов Павел Павлович  
Журавлёв Олег Митрофанович  
Клопов Леонид Фёдорович  
Колесников Николай Васильевич  
Колесниченко Владимир Александрович  
Николаев Василий Петрович  
Покровский Николай Валентинович  
Потеряев Владимир Дмитриевич  
Стоцкий Анатолий Семенович  
Тиханэ Олег Николаевич  
Чернышев Юрий Кириллович  
Чудесников Олег Иванович

1968 г.

Волков Леонид Павлович  
Зырянов Герман Павлович  
Куропатенко Валентин Федорович  
Симоненко Вадим Александрович  
Хлебников Александр Капитонович

1969 г.

Иванов Юрий Александрович  
Огибин Вячеслав Николаевич  
Ратников Владимир Петрович  
Якубов Фуад Кудусович

1970 г.

Васильев Альберт Васильевич  
Захаров Юрий Петрович  
Феокистова Екатерина Алексеевна

1971 г.

Бабанин Иван Иванович  
Бибикин Михаил Александрович  
Горлачев Евгений Анатольевич





Карих Николай Васильевич  
Котко Игорь Владимирович  
Левин Михаил Григорьевич  
Лопатинский Иван Петрович  
Тучков Георгий Петрович  
Храпов Олег Сергеевич

**1972 г.**

Думкина Галина Васильевна  
Жариков Анатолий Серафимович  
Исупов Аркадий Аркадьевич  
Каллала Вадим Васильевич  
Неуважаев Владимир Емельянович  
Фролов Владлен Дмитриевич

**1973 г.**

Анисимов Иван Сергеевич  
Антонович Евгений Степанович  
Бабин Станислав Федорович  
Варганова Лили Федоровна  
Вахрамеев Юрий Сергеевич  
Захарова Нина Григорьевна  
Кибардин Владимир Аркадьевич  
Корагин Анатолий Иванович  
Костецкий Николай Георгиевич  
Криулькин Николай Николаевич  
Паточкин Вячеслав Владимирович  
Родин Алексей Тимофеевич  
Сауков Анатолий Иванович  
Стрюч Виталий Лукич  
Юханов Станислав Арсеньевич

**1974 г.**

Алексеев Игорь Дмитриевич  
Аугуст Виктор Анатольевич  
Верниковский Владислав Антонович  
Кирюшкин Виктор Дмитриевич  
Огнёв Ростислав Николаевич

**1975 г.**

Белоусов Борис Владимирович  
Дзянков Владимир Семенович  
Мельниченко Александр Савич  
Нечай Владимир Зиновьевич  
Севастьянов Василий Евгеньевич  
Чубаров Эдуард Николаевич  
Щербина Александр Николаевич

**1977 г.**

Андреев Ярослав Николаевич  
Бодрашев Анатолий Сергеевич  
Капустин Николай Никитьевич  
Правдин Владимир Михайлович  
Смирнов Сергей Васильевич

**1978 г.**

Дубровин Геннадий Павлович  
Емелев Юрий Николаевич  
Исаев Анри Мулдабекович  
Лебедев Лев Леонидович  
Мужицкий Виталий Иванович  
Погребов Игорь Сергеевич  
Плюцкая Надежда Владимировна  
Сонин Александр Андреевич  
Столяров Владимир Васильевич  
Феокистов Лев Петрович  
Чуриков Юрий Иванович

**1979 г.**

Андрюшин Вячеслав Иванович  
Белозеров Анатолий Павлович  
Ваганов Сергей Григорьевич  
Голиков Валерий Васильевич  
Диков Юрий Николаевич  
Ломинский Георгий Павлович  
Николенко Гордей Иванович  
Парфёнов Евгений Иванович  
Подколзин Альберт Никитович  
Полуянов Всеволод Артемьевич  
Синявин Вячеслав Евгеньевич  
Строцева Лидия Петровна  
Чернышев Иван Михайлович

**1980 г.**

Белавин Михаил Васильевич  
Коновалов Борис Евсеевич  
Рыбаков Юрий Иванович  
Семикопенко Василий Петрович  
Туровцев Виктор Александрович  
Чумичев Павел Алексеевич

**1981 г.**

Биянов Юрий Михайлович  
Вобров Лев Андреевич  
Булатов Николай Федорович  
Жондецкий Николай Александрович



Захаренко Леонид Михайлович  
Карпов Иван Семенович  
Кошутин Михаил Парфентьевич  
Мокроусов Борис Васильевич  
Неустров Юрий Павлович  
Новиков Владимир Иванович  
Парашинцев Геннадий Иванович  
Полмонов Аркадий Васильевич  
Старостин Михаил Степанович  
Шульгин Никандр Семенович

**1982 г.**

Васильев Альберт Петрович  
Волошин Николай Павлович  
Гаджиев Ахмед Далгатович  
Деев Сергей Антонович  
Иванов Эрнст Иванович  
Никитенко Ролан Антонович  
Новосёлов Евгений Федорович  
Протазанов Сергей Сергеевич  
Путников Игорь Степанович  
Смолюк Леонид Аристархович

**1983 г.**

Домбровский Анатолий Валентинович  
Зыков Виктор Иванович  
Иванов Геннадий Алексеевич  
Лобойко Борис Григорьевич  
Подкорытов Николай Иванович  
Саков Валентин Семенович  
Свалухин Анатолий Иосифович  
Соколов Лев Викторович

**1984 г.**

Бессонов Владимир Федорович  
Борщевский Олег Николаевич  
Вашишкин Сергей Александрович  
Жуков Алексей Алексеевич  
Калинин Владимир Дмитриевич  
Ковалев Вячеслав Павлович  
Кормилицын Алексей Иванович  
Кузьмин Юрий Сергеевич  
Кучеренко Виктор Данилович  
Мартынов Владимир Иванович  
Никифоров Владимир Владимирович  
Пехтерев Иван Афанасьевич  
Фёдоров Александр Сергеевич  
Филатов Алексей Васильевич

**1985 г.**

Безденежных Вадим Сергеевич  
Дмитрахов Юрий Лукич  
Ершов Эдуард Ефремович  
Кожонов Николай Александрович  
Кузьмин Эдуард Николаевич  
Пурьгин Николай Петрович  
Рогожин Сергей Александрович  
Сорокин Вячеслав Леонтьевич

**1986 г.**

Воронов Лев Федорович  
Мазурин Юрий Николаевич  
Озорнин Юрий Васильевич  
Павликов Лев Яковлевич  
Шулелов Николай Иванович

**1987 г.**

Буланов Владимир Петрович  
Глухих Юрий Николаевич

**1988 г.**

Вахрушев Евгений Геннадьевич  
Воробьев Апри Иванович  
Жилина Розетта Андреевна  
Задорнов Юрий Анатольевич  
Кедров Виктор Михайлович  
Кудиков Владимир Александрович  
Максимов Александр Тихонович  
Смирнов Юрий Николаевич  
Сучков Анатолий Андреевич

**1989 г.**

Рукавишников Валентин Григорьевич  
Стариков Владимир Васильевич  
Юдов Александр Георгиевич

**1991 г.**

Грибов Вячеслав Михайлович  
Мустафин Камиль Ахмадиевич  
Широковская Ольга Степановна

**1996 г.**

Михальков Николай Григорьевич  
Ховалко Григорий Ильич

**2000 г.**

Анриаш Александр Викторович  
Колесова Нина Дмитриевна  
Левин Леонид Акимович

Легонькова Жанна Васильевна  
Смоловик Евгений Сергеевич  
Торопов Дмитрий Сергеевич

2002 г.

Лобойко Борис Григорьевич  
Мелехин Игорь Алексеевич  
Рыкованов Георгий Николаевич

2004 г.

Возанок Родион Иванович

Зеленкин Гелий Дмитриевич  
Крюков Вячеслав Михайлович  
Мазурин Юрий Николаевич  
Овчинников Виктор Максимович

2009 г.

Рыкованов Георгий Николаевич  
Сирота Борис Николаевич

### Лауреаты Государственной премии РФ имени маршала Советского Союза Г. К. Жукова

2003 г.

Ушаков Николай Алексеевич

### Лауреаты премии Правительства РФ

1996 г.

Андрусенко Борис Александрович  
Климов Александр Михайлович  
Коротун Борис Иванович  
Котлов Анатолий Николаевич  
Кузнецов Юрий Иванович  
Майоров Михаил Иванович  
Музыря Александр Кириллович  
Половинкин Юрий Федорович  
Рыбин Борис Тимофеевич  
Смирнов Вадим Геннадьевич  
Стребков Василий Иванович  
Сулейманов Хамза Касымович  
Филин Виктор Павлович  
Щербина Александр Николаевич

1997 г.

Дёмкин Лев Алексеевич

1999 г.

Аверин Александр Никитович  
Антоненко Виктор Михайлович  
Владимиров Аркадий Сергеевич  
Водолага Борис Константинович  
Волошин Николай Павлович  
Галченко Борис Иннокентьевич  
Горшков Михаил Михайлович  
Григорович Юрий Филиппович  
Загороднюк Павел Николаевич

Коваленко Геннадий Васильевич  
Ногин Владимир Николаевич  
Покаташкин Александр Петрович  
Прусов Василий Степанович  
Ставицкий Владимир Петрович  
Субботин Сергей Григорьевич

2000 г.

Ермолин Станислав Семенович  
Стариков Владимир Васильевич  
Субботин Владимир Гурьянович  
Шакиров Ильхам Рахимович

2001 г.

Терехин Владимир Александрович

2002 г.

Горелик Захар Абрамович  
Румянцев Георгий Кузьмич  
Сенькин Александр Николаевич  
Страшэль Вячеслав Алоизович

2003 г.

Букин Виктор Ильич  
Занегин Игорь Владимирович  
Карачинский Станислав Иванович  
Свалов Геннадий Федорович  
Сенин Виктор Яковлевич  
Файзрахманов Фидус Фаязович

**2004 г.**

Антипинский Сергей Петрович  
Воронцов Николай Серафимович  
Ермаков Сергей Михайлович  
Меньшенин Владимир Васильевич  
Никитин Анатолий Михайлович  
Петров Дмитрий Витальевич  
Черноволюк Борис Танаасьевич

**2005 г.**

Адеев Алексей Владимирович  
Еськов Николай Семенович  
Игнатьев Алексей Олегович  
Кандинов Ядгар Закирович  
Лебедев Сергей Наркисович

**2006 г.**

Андреев Сергей Геннадьевич  
Веселков Леонид Петрович  
Вилков Валерий Петрович  
Куранов Вячеслав Валентинович  
Проскурин Анатолий Викторович  
Филимонов Юрий Викторович  
Фомин Юрий Павлович

**2008 г.**

Гойдин Олег Петрович  
Журавлёв Александр Петрович

**2009 г.**

Абышев Анатолий Александрович  
Анашкин Евгений Александрович  
Андряш Александр Викторович  
Бережин Андрей Владимирович  
Карлыханов Николай Григорьевич  
Козманов Михаил Юрьевич  
Константинов Юрий Александрович  
Магда Лев Эдуардович  
Моисеенко Эдуард Васильевич  
Усманов Сергей Рамзисович

**2010 г.**

Батурин Александр Сергеевич  
Дьяконов Евгений Георгиевич  
Злоказов Юрий Петрович  
Каеткин Александр Александрович  
Калинцев Владимир Александрович

Летоньков Владимир Владимирович  
Панкратов Геннадий Александрович  
Рубцов Борис Гаврилович  
Твердохлебов Петр Юрьевич

**2011 г.**

Вознюк Родион Иванович  
Гармашев Александр Юрьевич  
Механцев Владимир Иванович  
Повышев Вячеслав Николаевич

**2012 г.**

Аверин Александр Никитович  
Авраменко Михаил Иванович  
Анисимов Вадим Иванович  
Брагин Алексей Анатольевич  
Волосков Василий Михайлович  
Городнов Алексей Валентинович  
Гребенкин Константин Фридрихович  
Комар Сергей Павлович  
Костицын Олег Владимирович  
Краснящих Владимир Анатольевич  
Ногин Владимир Николаевич  
Покаташкин Александр Петрович  
Самарин Юрий Андреевич  
Сидоров Борис Александрович  
Смирнов Вадим Геннадьевич  
Сысоев Вячеслав Михайлович  
Тараник Михаил Викторович  
Чуйков Евгений Федорович

**2013 г.**

Максимов Юрий Григорьевич  
Талантов Павел Владимирович

**2014 г.**

Диков Юрий Николаевич  
Елсуков Василий Павлович  
Кудрявцев Юрий Борисович  
Макаров Анатолий Евгеньевич  
Моисеев Алексей Викторович  
Мошкин Леонид Семенович  
Салихов Сергей Галлямович  
Старцева Вера Григорьевна  
Степаненко Александр Стефанович  
Суворов Олег Валентинович

**Лауреаты премии Госкорпорации «Росатом»  
молодым ученым и их научным руководителям**

**2009 г.**

Вихляев Денис Александрович  
Горелик Захар Абрамович  
Дрёмов Владимир Владимирович  
Еськов Николай Семенович  
Киселёв Сергей Николаевич  
Потапов Анатолий Васильевич  
Пронин Ян Владимирович  
Сапожников Филипп Анатольевич

**2010 г.**

Арсентьев Алексей Павлович  
Гаврилов Дмитрий Сергеевич  
Гилёв Олег Николаевич  
Дубровских Сергей Михайлович  
Лобода Евгений Анатольевич  
Лобода Петр Анатольевич  
Лыков Владимир Алексеевич  
Писарев Владимир Николаевич  
Пхайко Николай Анатольевич  
Ткачев Олег Валерьевич  
Чижков Максим Николаевич  
Шадрин Артем Александрович

**2011 г.**

Абрамов Алексей Витальевич  
Беляев Дмитрий Анатольевич  
Грибанов Дмитрий Александрович  
Доновский Дмитрий Евгеньевич  
Журавлёв Александр Петрович  
Замышляев Алексей Александрович  
Зинатулин Руслан Раисович  
Зуев Юрий Нестерович  
Карелина Елена Владимировна  
Куракин Николай Иванович

Минаев Илья Валерьевич  
Шибаршов Леонид Иванович

**2012 г.**

Афонин Василий Иванович  
Березин Андрей Владимирович  
Варфоломеев Денис Александрович  
Елькин Вячеслав Михайлович  
Зыков Алексей Игоревич  
Ключников Александр Васильевич  
Лыпатников Максим Александрович  
Менглиев Андрей Витальевич  
Михайлов Вадим Николаевич  
Огарков Валерий Александрович  
Петровцев Александр Васильевич  
Степанов Александр Сергеевич  
Чертков Максим Сергеевич  
Юдов Александр Георгиевич

**2013 г.**

Адеев Алексей Владимирович  
Вазнев Эльдар Макаримович  
Войскович Татьяна Борисовна  
Воробьев Константин Александрович  
Гаджиев Ахмед Далгатович  
Ивашин Никита Анатольевич  
Лавров Семен Александрович  
Модин Владимир Николаевич  
Панкратов Геннадий Александрович  
Перебатов Василий Николаевич  
Просвирнин Кирилл Михайлович  
Смирнов Евгений Борисович  
Соболев Михаил Дмитриевич  
Филатов Сергей Юрьевич  
Черница Олег Анатольевич  
Шлахтин Денис Борисович

**Лауреаты премий имени выдающихся ученых и руководителей РФЯЦ – ВНИИТФ**

*Премия имени Е. И. Забабахина*

**1998 г.**

Жгилёв Игорь Николаевич

**1999 г.**

Бочков Александр Викторович  
Бочкова Наталья Владимировна

**2000 г.**

Карженков Александр Николаевич

**2001 г.**

Ефремов Дмитрий Геннадьевич  
Орлов Дмитрий Анатольевич



2004 г.

Магда Лев Эдуардович  
Березин Андрей Владимирович  
Поляков Сергей Анатольевич

2005 г.

Иванков Дмитрий Владимирович  
Бекетов Евгений Александрович  
Лебедев Евгений Владимирович

2007 г.

Пронин Ян Владимирович

2008 г.

Гаврилов Дмитрий Сергеевич  
Сафронов Константин Владимирович

2010 г.

Ахметзянов Айнур Ильдусович

#### *Премия имени В. З. Нечая*

1998 г.

Неуважаев Дмитрий Владимирович  
Козловских Александр Сергеевич

1999 г.

Никитенко Юрий Роленович

2001 г.

Грязных Дмитрий Анатольевич

2002 г.

Дрёмов Владимир Владимирович  
Жеребиов Алексей Леонидович

#### *Премия имени А. А. Бунатяна*

1998 г.

Ададуров Алексей Юрьевич  
Брагин Алексей Анатольевич  
Зув Евгений Владимирович

1999 г.

Могиленских Дмитрий Владимирович  
Павлов Игорь Васильевич  
Фёдоров Вячеслав Викторович

2000 г.

Квичанский Андрей Валерьевич  
Стряхнина Ольга Владимировна

2001 г.

Гордейчук Вячеслав Анатольевич  
Илютина Ольга Сергеевна

Грибанов Дмитрий Александрович

2011 г.

Бурыкина Анна Николаевна  
Шляхтин Денис Борисович  
Щеголев Евгений Владимирович

2012 г.

Ураков Максим Сергеевич  
Новаковский Николай Станиславович  
Киселёв Илья Валерьевич

2013 г.

Киселёв Андрей Николаевич  
Власов Виталий Викторович  
Добронравова Леонидия Александровна

2005 г.

Чижков Максим Николаевич

2006 г.

Романов Олег Борисович  
Шашков Андрей Юрьевич

2009 г.

Шадрин Артем Александрович

2011 г.

Михайлов Вадим Николаевич  
Михайлова Татьяна Юрьевна

2002 г.

Калинин Алексей Алексеевич  
Кулаков Сергей Валентинович

2004 г.

Савожников Филипп Анатольевич

2005 г.

Лисин Александр Анатольевич  
Барахвостов Алексей Валерьевич  
Андреева Елена Анатольевна

2006 г.

Орлов Виктор Геннадьевич

2007 г.

Пьянков Евгений Николаевич  
Тепляков Алексей Викторович

Филиппов Петр Николаевич

2008 г.

Арсентьев Алексей Павлович

Кондаков Иван Александрович

2009 г.

Коломейко Светлана Владимировна

Черепанова Кристина Вячеславовна

2010 г.

Краснов Андрей Николаевич

Сенчуков Семен Владимирович

2011 г.

Исламгулов Ренат Филарисович

#### *Премия имени И. В. Санина*

1998 г.

Линник Алексей Витальевич

1999 г.

Беленковский Юрий Анатольевич

2000 г.

Крыжановский Валерий Викторович

2001 г.

Окулов Андрей Анатольевич

Смирнов Вячеслав Владимирович

2002 г.

Лебедев Александр Валентинович

2003 г.

Долгих Сергей Михайлович

Маташ Владимир Петрович

2004 г.

Родиков Сергей Викторович

2006 г.

Никитенко Юрий Ролесович

Смирнов Евгений Борисович

#### *Премия имени Ю. А. Зыкина*

1998 г.

Хмельницкий Дмитрий Владимирович

1999 г.

Потапов Анатолий Васильевич

2001 г.

Трошев Александр Викторович

Соломин Николай Анатольевич

2012 г.

Вазиев Эльдар Макаримович

2013 г.

Лебедев Александр Михайлович

Краснов Андрей Николаевич

Сенчуков Семен Владимирович

2014 г.

Ушкова Анастасия Александровна

Беломестных Ольга Владимировна

Приб Евгения Андреевна

2008 г.

Секретарчук Владимир Александрович

Симонов Артем Юрьевич

2009 г.

Замышляев Алексей Александрович

Паршуков Евгений Олегович

2011 г.

Менглиев Андрей Витальевич

Тараник Михаил Викторович

2012 г.

Иванов Александр Олегович

Кискин Александр Евгеньевич

Филатов Сергей Юрьевич

2013 г.

Полеев Валерий Геннадьевич

Столбиков Михаил Юрьевич

Бабань Сергей Андреевич

2014 г.

Шалковский Денис Михайлович

Симонов Антон Юрьевич

Бондарчук Сергей Владимирович

Столбиков Михаил Юрьевич

2002 г.

Кононенко Владимир Юрьевич

2003 г.

Галицкий Максим Викторович

2005 г.

Какшин Алексей Генрихович



Тищенко Александр Станиславович

2007 г.

Дубровских Сергей Михайлович

Соснин Евгений Николаевич

Ткачев Олег Валерьевич

2008 г.

Малюгина Светлана Николаевна

2009 г.

Бугаенко Иван Леонидович

Свиридов Евгений Викторович

2010 г.

Беляев Дмитрий Анатольевич

#### *Премия имени А. Д. Захаренкова*

1998 г.

Ботов Сергей Геннадьевич

Костарев Олег Владимирович

Путилин Олег Сергеевич

1999 г.

Герасимов Евгений Владимирович

Малашев Сергей Александрович

Фролов Дмитрий Владимирович

2000 г.

Доновский Дмитрий Евгеньевич

2001 г.

Судейманов Ренат Хамзеевич

2003 г.

Кудряшов Алексей Петрович

Сидоров Александр Викторович

Шибakov Сергей Владимирович

2005 г.

Луценко Александр Владимирович

Захорольных Алексей Анатольевич

Янусов Михаил Юрьевич

2006 г.

Киселёв Сергей Николаевич

Панюшкин Андрей Николаевич

Шмель Игорь Алексеевич

#### *Премия им. Г. П. Ломинского*

1998 г.

Ахлюстин Александр Эдуардович

Занегин Игорь Владимирович

2011 г.

Вихляев Денис Александрович

Толстоухов Павел Александрович

2012 г.

Аралов Юрий Дмитриевич

2013 г.

Бесов Сергей Сергеевич

Ершова Людмила Сергеевна

Хатунцев Кирилл Евгеньевич

2014 г.

Бызов Роман Андреевич

Куликов Владимир Владимирович

Файзуллин Олег Рамилевич

2007 г.

Зыков Алексей Игоревич

Сергеева Татьяна Николаевна

Филатов Сергей Юрьевич

2008 г.

Перебапов Василий Николаевич

Соколова Анна Владимировна

2010 г.

Андреев Степан Витальевич

Жиликов Сергей Васильевич

Лысых Александр Валерьевич

2011 г.

Федотов Данил Алексеевич

Мезенков Иван Михайлович

2012 г.

Зинкевич Алексей Евгеньевич

Лысых Александр Валерьевич

Горкун Екатерина Владимировна

2013 г.

Костарева Юлия Николаевна

Рябинина Анна Александровна

Александрова Любовь Владимировна

2014 г.

Сургутский Иван Юрьевич

Иванов Александр Николаевич

1999 г.

Леушканов Илья Алексеевич

Мухаметшин Радик Саматович

Юсупов Ринат Исхандарович





2000 г.

Козерук Александр Николаевич  
Смагин Дмитрий Викторович  
Чернуха Андрей Иванович

2001 г.

Юрчик Евгений Федорович

2002 г.

Рыбалкин Сергей Александрович  
Шумилов Максим Владимирович

2003 г.

Отарков Александр Валерьевич  
Старцев Алексей Викторович  
Тимофеев Олег Анатольевич

2004 г.

Таусенев Владимир Владимирович  
Корняков Андрей Сергеевич  
Поворожанок Ирина Валерьевна

2005 г.

Пестунов Алексей Николаевич

2006 г.

Власов Александр Евгеньевич  
Жеребцов Михаил Леонидович  
Лаукарт Владимир Иванович

2007 г.

Ахлюстин Андрей Николаевич

#### *Премия имени Б. В. Литвинова*

2011 г.

Булатов Дамир Шарифович  
Воеводина Светлана Валерьевна  
Малиновский Дмитрий Геннадьевич

2012 г.

Акушевич Вадим Анатольевич

#### *Премия имени Д. Е. Васильева*

1998 г.

Гусев Виктор Веняминович  
Полезкаев Петр Андреевич  
Савинов Юрий Александрович  
Кузнецов Евгений Александрович  
Скрипов Роман Алексеевич  
Кручинин Виктор Павлович  
Селиванов Геннадий Иванович

Красносельских Михаил Владимирович  
Липатников Максим Александрович

2008 г.

Козлов Алексей Александрович  
Старунский Вячеслав Алексеевич

2009 г.

Овсянников Игорь Евгеньевич  
Прилепский Андрей Викторович

2010 г.

Карлов Дмитрий Юрьевич  
Кочура Ирина Александровна  
Минаев Илья Валерьевич

2011 г.

Ильиных Владимир Викторович  
Михайлов Евгений Федорович  
Чертков Максим Сергеевич

2013 г.

Исаев Андрей Юрьевич  
Васильев Михаил Александрович  
Прищепа Оксана Сергеевна

2014 г.

Мухаметов Равиль Рашитович  
Тагиров Глеб Евгеньевич  
Силаев Виталий Анатольевич

Лазукин Сергей Николаевич

Титов Вячеслав Вячеславович

2013 г.

Койнов Олег Васильевич  
Зименков Александр Владимирович  
Табатчилов Артем Александрович

1999 г.

Ковалев Николай Иванович  
Мансветов Алексей Олегович  
Сагитов Марат Мидхатович  
Головатенко Анатолий Александрович  
Гордейчук Сергей Павлович  
Василенко Людмила Михайловна  
Свалов Геннадий Федорович



Коськин Александр Николаевич  
Малмыгин Сергей Николаевич

2000 г.

Десятов Андрей Валерьевич  
Первухин Иван Александрович  
Чекалкин Евгений Васильевич  
Степанов Александр Сергеевич  
Чухненко Алий Васильевич  
Казанцев Александр Иванович  
Петров Виталий Кронидович  
Семёнов Борис Павлович  
Кайгородов Павел Александрович

2001 г.

Морозков Сергей Владимирович  
Тараканов Андрей Александрович  
Шадрин Дмитрий Борисович  
Винокуров Игорь Валерьевич  
Осетров Сергей Николаевич

2002 г.

Кондратенко Константин Леонидович  
Аглюллин Вячеслав Александрович  
Беляев Дмитрий Анатольевич  
Зайковская Ольга Николаевна  
Шалкин Михаил Юрьевич

2003 г.

Горновой Сергей Сергеевич  
Чесноков Андрей Александрович  
Бойков Андрей Валерьевич  
Галимов Ильяс Фаритович  
Демченко Андрей Викторович

2004 г.

Афанасьев Виталий Геннадьевич  
Конев Александр Николаевич

2005 г.

Захаров Юрий Владимирович  
Васильев Сергей Альбертович  
Абраменко Юрий Сергеевич

2006 г.

Самылин Андрей Анатольевич  
Шуравин Дмитрий Сергеевич  
Ткачев Олег Вадимович

2007 г.

Костарев Вячеслав Александрович  
Кашпуров Павел Сергеевич  
Денисов Денис Геннадьевич  
Канунников Роман Николаевич

2008 г.

Попов Вячеслав Геннадьевич  
Баранов Виктор Анатольевич  
Хохлов Николай Сергеевич

2009 г.

Хамбиков Альберт Алимович  
Устьянцев Илья Михайлович  
Туровцев Артур Олегович  
Антропов Александр Сергеевич  
Сургутская Марина Анатольевна

2010 г.

Тимофеев Дмитрий Владимирович  
Султанов Александр Викторович  
Елманов Антон Владимирович

2011 г.

Демченко Андрей Викторович  
Путинцев Антон Васильевич  
Пряхин Кирилл Николаевич  
Лукьянчиков Максим Владимирович  
Воробьев Михаил Андреевич

2012 г.

Барина Светлана Николаевна  
Устинов Егор Александрович  
Орлова Александр Сергеевна

2013 г.

Зуев Алексей Анатольевич  
Халитов Ринат Талипович  
Сулов Евгений Олегович  
Золотарев Максим Павлович

2014 г.

Никулин Михаил Дмитриевич  
Стебнев Денис Александрович  
Левичев Сергей Сергеевич  
Новичихин Максим Александрович

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЗ	– активная зона
АДХ	– аэродинамические характеристики
АИ	– активационный индикатор
АИО	– аварийно-испытательный отдел
АИС	– 1) автоматизированная измерительная система; 2) агрегатированная испытательная система
АМБ	– «атом мирный большой»
АНИ	– автоматический нейтронный индикатор
АНЛ	– Аргоннская национальная лаборатория
АПЛ	– атомная подводная лодка
АРМ	– автоматизированное рабочее место
АС	– аппаратура сопряжения
АСБТ	– автоматизированная система безопасности транспортирования ядерных материалов
АСИОР	– автоматизированная система информационного обеспечения разработок
АСКРО	– автоматизированная система контроля радиационной обстановки
АСНП	– адаптивная система неконтактного подрыва
АСОТУнК ЯМ	– автоматизированная система оперативно-технического учета и контроля ядерных материалов
АСУ	– автоматизированная система управления
АСУОП	– система управления опытным производством
АСУП	– автоматизированная система управления предприятием
АСФ	– аварийно-спасательное формирование
АТЦ	– аварийно-технический центр
АУТ	– активный участок траектории
АЧХ	– амплитудно-частотная характеристика
АЭС	– атомная электростанция
БАК	– Большой адронный коллайдер
БАРС	– быстрый атомный реактор самогасящийся
БАЭС	– Белоярская атомная электростанция
ББ	– боевой блок
БИП	– бездефектное изготовление продукции
БИС	– большая интегральная схема
БМК	– базовый матричный кристалл
БР	– баллистические ракеты
БРПЛ	– баллистические ракеты подводных лодок
БТ	– блочный ТИГР
БЦВМ	– бортовая цифровая вычислительная машина
БЧ	– боевая часть
БЭСМ	– большая электронно-счетная машина
ВАК	– Высшая аттестационная комиссия



ВВ	– 1) взрывобезопасность; 2) вирусология и биотехнология
ВВ	– взрывчатое вещество
ВВИА	– Военно-воздушная инженерная академия им. проф. Н. Е. Жуковского
ВВЦ	– Всероссийский выставочный центр
ВГТ	– выплавление и гранулирование тротила
ВДЭ	– взрывная дейтериевая энергетика
ВИАМ	– ГНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»
ВМ	– взрывчатые материалы
ВНИИА	– Всероссийский НИИ автоматики им. Н. Л. Духова
ВНИИНМ	– Всероссийский НИИ неорганических материалов им. А. А. Бочвара
ВНИИП	– Всесоюзный НИИ приборостроения
ВНИИС	– Воронежский НИИ связи
ВНИИТФ	– Всероссийский НИИ технической физики
ВНИИЭФ	– Всероссийский НИИ экспериментальной физики
ВНИПИПТ	– Всероссийский научно-исследовательский проектный институт промышленной технологии
ВОУ	– высокообогащенный уран
ВПЭК	– внутрифирменная программа экспортного контроля
ВС	– взрывчатый состав
ВТ	– вычислительная техника
ВТС ПК	– Временный технический секретариат Подготовительной комиссии
ВЦ	– вычислительный центр
ВЧТ	– выплавление и чешуирование тротила
ГВБ	– групповая взрывобезопасность
ГВЗ	– глубоководное затопление
ГИН	– генератор импульсов напряжения
ГИС	– геоинформационная система
ГМХ	– габаритно-массовые характеристики
ГН	– гарантийный надзор
ГНИ	– гамма-нейтронное изображение
ГНИИП	– Государственный научно-исследовательский испытательный полигон
ГНПП	– государственное научно-производственное предприятие
ГНК	– голографический неразрушающий контроль
ГНУВ	– генератор нестационарных ударных волн
ГНЦ	– Государственный научный центр
ГНЭ	– группа научных экспертов
ГОИ	– Государственный оптический институт
ГОЗ	– государственный оборонный заказ
ГРАУ	– Главное ракетно-артиллерийское управление Министерства обороны Российской Федерации
ГРЦ	– Государственный ракетный центр
ГСС	– гарантийный срок службы
ГСХ	– гарантийный срок хранения
ГСОБ	– Государственная система обеспечения безопасности



ГУ	– Главное управление
ГХК	– Горно-химический комбинат
ГЦП	– Государственный центральный полигон
ГЧ	– головная часть
ГЭП	– группа экспертизы и планирования
ГЯВБ	– групповая ядерная взрывобезопасность
ГЯП	– Группа ядерных поставщиков
ДВЗЯИ	– Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний
ДИАПАК	– диалого-пакетная обработка задач
ДИК	– датчик исполнительной команды
ДИМ	– динамические испытания материалов
ДИСПАК	– диспетчер пакетной обработки задач
ДКК	– двухсторонняя консультативная комиссия
ДМ	– делящийся материал
ДНИ	– долгоживущий нейтронный индикатор
ДНЯО	– Договор о нераспространении ядерного оружия
ДОПИЯО	– Договор об ограничении подземных испытаний ядерного оружия
ДР ИПОБ ЯОК	– Департамент развития научно производственной базы ядерного оружейного комплекса.
ДСГ	– дополнительный срок гарантии
ДСХ	– допустимый срок хранения
ЕС ЭВМ	– единая система электронных вычислительных машин
ЖКУ	– жилищно-коммунальное управление
ЖСР	– жидкосолевой реактор
ЗАТО	– закрытое административно-территориальное образование
ЗК	– защитный контейнер
ЗНЧ	– Забабахинские научные чтения
ЗГРПМ	– заряд гидроразрыва пласта модульный
ЗУР	– зенитная управляемая ракета
ЗЯТЦ	– замкнутый ядерный топливный цикл
ИАСП	– инерциальная адаптивная система подрыва
ИАЭ	– Институт атомной энергии, Казахстан
ИВП	– неделя внешней поставки
ИВЦ	– информационно-вычислительный центр
ИГРИК	– импульсный гомогенный реактор испытательного комплекса
ИГУР	– импульсная гамма-установка рентгеновская
ИДС	– измерения динамической сжимаемости
ИКС	– информационно-коммуникационная система «Росатома»
ИЛФИ	– Институт лазерно-физических исследований РФЯЦ – ВНИИЭФ
ИММ	– Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского УрО РАН
ИНМ	– инспекция на месте
ИНХП	– Институт нефтехимпереработки РБ
ИОФ	– Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН
ИПМ	– Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН



ИПУЭ	– импульсно-периодический ускоритель электронов
ИРМ	– Институт реакторных материалов
ИРСД	– импульсный реактор самогасящегося действия
ИСП	– индуктивно связанная плазма
ИСЯЗ	– информационная система о ядерных зарядах
ИТМ <sub>и</sub> ВТ	– Институт точной механики и вычислительной техники
ИТР	– инженерно-технический работник
ИТЭР	– аббревиатура от английского названия проекта международного экспериментального термоядерного реактора (International Thermonuclear Experimental Reactor)
ИТЭФ	– Институт теоретической и экспериментальной физики им. А. А. Алиханова
ИФЗ	– Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН
ИХФ	– Институт химической физики
ИЯФ	– Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН
КАИФ	– Китайская академия инженерной физики
КБ	– конструкторское бюро
КБ АТО	– КБ автотранспортного оборудования
КБП	– Конструкторское бюро приборостроения им. академика А. Г. Шипунова
КВА	– канал выхода активности
КВИ	– канал вывода излучения
КВП <sub>и</sub> ВМ	– коммутатор внешней памяти и вычислительных машин
КВС	– котел взрывного сгорания
КД	– 1) конструкторская документация; 2) конвертор из делящегося материала
КЗ	– камера захоронения
КИА	– контрольно-измерительная аппаратура
КИМ	– название широкодиапазонного уравнения состояния по первым буквам фамилий создателей (В. Ф. Куропатенко и И. С. Минаевой)
КМД	– коммутатор магнитных дисков
КМО-ЛДН	– комплекс мобильный облучательный-лазер с диодной накачкой
КПД	– коэффициент полезного действия
КПМ	– комплексный план мероприятий
КПП	– контрольно-пропускной пункт
КРОКОДИЛ-М	– критеральный облучательный комплекс для исследований лазеров-модернизированный
КЭХЗ	– Красноярский электрохимический завод
ЛАНЛ	– Лос-Аламосская национальная лаборатория
ЛАЭС	– Ленинградская атомная электростанция
ЛИС	– лазер импульсный стенд
ЛЛНЛ	– Ливерморская национальная лаборатория им. Лоуренса
ЛПА	– ликвидация последствий аварии
ЛРИ	– лазерное рентгеновское излучение
ЛТС	– лазерный термоядерный синтез
ЛТХ	– летно-техническая характеристика
ЛЯН	– лазер с ядерной накачкой



МАГАТЭ	– Международное агентство по атомной энергии
МАРС	– Межрегиональная аналитическая роспись статей
МАЗП	– Министерство атомной энергетики и промышленности
МБ	– магнитный барабан
МБА	– межбиблиотечный абонемент
МБК	– металлобетонный контейнер
МБР	– межконтинентальная баллистическая ракета
МБЧ	– моноблочная боевая часть
МВИ	– метод временных интервалов
МВК	– 1) многомашинный вычислительный комплекс; 2) межведомственная комиссия
МВП	– метод времени пролета
МВП-КД	– метод времени пролета с конвертером из делящегося материала
МГШ	– метод «грунтового шара»
МД	– магнитный диск
МЕЧ	– метод частиц
МИЗ	– метод импульсного зондирования
МИО	– отдел методического и информационного обеспечения
МИФИ	– Московский инженерно-физический институт
МК	– магнитная кумуляция
МКИО	– фазоманипулируемый код информационного обмена
МКП	– матрично-конвейерный процессор
МКР	– метод кинетики реакций
ММК	– метод Монте-Карло
МНТК	– Межотраслевой научно-технический комплекс
МНТЦ	– Международный научно-технический центр
МО	– Министерство обороны
МОДИС	– математическое обеспечение диалоговой информационной системы
МОЗУ	– магнитное оперативное запоминающее устройство
МОК	– название операционной системы по первым буквам фамилий разработчиков (Н. Я. Моисеев, Г. В. Орлов, В. М. Крюков)
МОМ	– Министерство общего машиностроения
МОП	– Министерство общей промышленности СССР
МП	– мобилизационная подготовка
МПИ	– метод пространственных изображений
МПТ	– метод протонного телескопа
МРГД	– магнитная радиационная газовая динамика
МСМ	– Министерство среднего машиностроения
МСО	– медико-санитарный отдел
МТР	– метод терморезисторов
МТС	– материально-техническое снабжение
МФ ЦНИИ МО	– Морской филиал Центрального НИИ МО
МЧВС	– малочувствительный взрывчатый состав



МЯБ	– механизм обеспечения ядерной безопасности
МЯВ	– мирный ядерный взрыв
НИИ	– научно-исследовательский институт
НИИИС	– НИИ измерительных систем им. Ю. Е. Седакова
НИИИТ	– НИИ импульсной техники
НИИК	– научно-исследовательский испытательный комплекс
НИИПС	– НИИ парашютостроения (ранее НИЭИ НДС)
НИКИЭТ	– Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н. А. Доллежала
НИМИ	– Научно-исследовательский машиностроительный институт
НИО	– научно-исследовательское отделение
НИОКР	– научно-исследовательские опытно-конструкторские работы
НИП	– Невадский испытательный полигон
НИПА	– научно-исследовательское подразделение автоматики
НИР	– научно-исследовательская работа
НИЯУ	– Национальный исследовательский ядерный университет
НИЭР	– научно-исследовательские и экспериментальные работы
НИИЭФА	– НИИ электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова
НКБС	– научно-конструкторское бюро стандартизации
НКО	– научно-конструкторское отделение
НКТ	– насосно-компрессорная труба
НОУ	– низкообогащенный уран
НПО	– научно-производственное объединение
НПОА	– НПО автоматики
НПЦАП	– ФГУП «Научно-производственный центр автоматики и приборостроения имени академика Н. А. Пилюгина»
НТБ	– научно-техническая библиотека
НТД	– научно-техническая документация
НТИ	– научно-техническая информация
НТО	– научно-теоретическое отделение
НТС	– научно-технический совет
НЦР	– неполный цепной реактор
НТЦ	– научно-технический центр
НЦВО РАН	– Научный центр волоконной оптики Российской академии наук
НЭИКОН	– Национальный электронно-информационный консорциум
НЯВ	– несанкционированный ядерный взрыв
НЯВЭ	– ядерно-взрывной эксперимент
НЯЦ	– Национальный ядерный центр, Казахстан
ОВЧ	– 1) осколочная боевая часть; 2) обычная боевая часть
ОВЧ	– отработавшая выемная часть
ОВЛДН	– оптоволоконный лазер с диодной накачкой
ОГМЭ	– отдел главного механика и энергетика
ОГТ	– отдел главного технолога





ОДВЗЯИ	– Организация по Договору о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний
ОДУ	– отдел дошкольных учреждений
ОДЦ	– опытно-демонстрационный центр
ОИТ	– оборудование, изделия и технологии
ОИЯИ	– Объединенный институт ядерных исследований
ОК	– оперативный компилятор
ОКБ	– опытно-конструкторское бюро
ОКР	– опытно-конструкторские работы
ОЛН ГЯВБ	– отраслевая лаборатория надзора за групповой ядерной взрывобезопасностью
ОЛНСБ	– отраслевая лаборатория надзора за специальной безопасностью
ОЛТБ	– отраслевая лаборатория техники безопасности
ОЛЭК	– отраслевая экспертно-методическая лаборатория по ядерному экспортному контролю
ОМИТ	– отдел метрологии и измерительной техники
ОНИИ	– отдел научно-технической информации
ООС	– охрана окружающей среды
ОПИТИ	– отдел патентной и научно-технической информации
ОПМ (ИГИМ)	– Отделение (Институт) прикладной математики
ОПЭ	– отдел промышленной экологии
ОРБ и ДК	– отдел радиационной безопасности и дозиметрического контроля
ОРНЛ	– Окриджская национальная лаборатория
ОС	– операционная система
ОСА	– оперативный стенд для исследования автотурбулентности в газах
ОСВ	– ограничение стратегических вооружений
ОСТ	– отраслевой стандарт
ОТВ	– Общественное телевидение
ОТВС	– отработавшая тепловыделяющая сборка
ОТК	– отдел технического контроля
ОТО	– отдел технического обеспечения
ОТР	– оперативно-тактическая ракета
ОТТ	– общие технические требования
ОФИ	– обработка фотографических изображений
ОЦНСБ	– Отраслевой научно-методический центр надзора за специальной безопасностью
ОШ	– метод «огненного шара»
ОЯД	– отходы ядерной деятельности
ОЯТ	– отработанное ядерное топливо
ПБС	– пожаро- и взрывобезопасный состав
ПБ	– пожарная безопасность
ПБЯЭ	– проблемы безопасности ядерной энергетики
ПВА	– прострелочно-взрывная аппаратура
ПВО	– противовоздушная оборона
ПГО	– производственное геологическое объединение
ПЗ	– полетное задание
ПЛАРБ	– подводные лодки – атомные ракетные базы



ПМ	– полимерный материал
ПМИ	– перфоратор модульный извлекаемый
ПО	– производственное объединение
ППО	– планово-производственный отдел
ППП	– продольно-поперечная прогонка
ПРИЗ	– подвесной реактор для исследования защит
ПРО	– противоракетная оборона
ПРТБ	– подвижная ремонтно-техническая база
ПСЗ	– Приборостроительный завод
ПСКУ	– программирующая система с клавишным устройством
ПСР	– производственная система Росатома
ПТС	– пиротехнический состав
ПФЯВ	– поражающий фактор ядерного взрыва
ПЭВМ	– персональная электронно-вычислительная машина
ПЭТ	– позитронно-эмиссионная томография
РАО	– радиоактивные отходы
РАПИД	– разрядник под импульсным давлением
РБ	– радиационная безопасность
РБМК	– реактор большой мощности канальный
РВ	– радиоактивное вещество
РВСН	– Ракетные войска стратегического назначения
РГЧ	– разделяющаяся головная часть
РЗМ	– радиоактивное загрязнение местности
РИ	– рентгеновское излучение
РИАН	– Радиевый институт имени В. Г. Хлопина РАН
РИД-Г	– радиационные испытания и дозиметрия-гамма
РИДК	– инерционный критический датчик, Р – индекс предприятия разработчика – ВНИИТФ
РКТ	– рентгеновский компьютерный томограф
РКУ	– ракетная катапультирующая установка
РЛ	– рентгеновский лазер
РЛС	– радиолокационная станция
РНД	– расчет начальных данных
РНЦ КИ	– Российский национальный центр – Курчатовский институт
РОМБ	– разборная опытная модель бланкета
РПГ	– рулонный построитель графика
РСД	– рентген – симметрия – динамика
РСО	– режимно-секретный отдел
РСЧС	– Российская единая система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
РТБ	– ремонтно-техническая база
РТС СК	– радиотелеметрическая система спецконтроля
РУН	– реакторный умножитель нейтронов
РУС	– 1) реактор управляемый самогасящийся; 2) реактор-умножитель связанный



РУС-В	– реактор-умножитель связанный выносной
РХ	– радиохимия
РЭА	– радиоэлектронная аппаратура
СА	– система автоматики
САВ	– специальные авиабомбы
САМ	– счетно-аналитическая машина
САС	– служба аварийно-спасательная
СБ	– специальная безопасность
СБИС	– сверхбольшая интегральная схема
СБП	– специальный боеприпас
СБЧ	– специальная боевая часть
СВД	– станция высоких давлений
СВК	– система в корпусе
СВС	– специализированная вычислительная система
СВТ	– средства ВТ
СГИ	– Свердловский горный институт
СГУ	– Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского
СГК	– система групповых констант
СГПК	– Снежинский городской политехнический колледж
СГФТА	– Снежинская государственная физико-техническая академия
СДУ	– система датчиков ударных
СЖРИ	– сверхжесткое рентгеновское излучение
СИ	– специзделие
СИГНАЛ	– высокоточный импульсный генератор накачки лазеров
СИП	– Семипалатинский испытательный полигон
СИПНЗ	– Северный испытательный полигон на Новой Земле
СКД	– система контактных датчиков
СКБ	– специальное конструкторское бюро
СКР	– система кольцевой разводки
СКЦ	– ситуационно-кризисный центр
СНВ	– стратегические наступательные вооружения
СНИО	– специальный научно-исследовательский отдел
СНЛ	– Сандийские национальные лаборатории
СНП	– система неконтактного подрыва
СО РАН	– Сибирское отделение Российской академии наук
СОИ	– стратегическая оборонная инициатива
СОК	– система обеспечения комплексов
СОМ	– 1) система обеспечения модульного программирования; 2) стенд оптических методик
СООР	– система сбора, обработки и отображения данных
СОП	– система обеспечения программирования
СОТИ	– система оперативной технической информации
СпАБ	– специальная авиабомба



СПОР	– система программ обработки результатов
СПУ	– 1) станок с программным управлением; 2) сетевое планирование и управление
СРД	– специальный радиодальномер
ССК	– система спектральных констант
ССОИ	– система сбора и обработки информации
ССП	– самоогласованное поле
ССБТ	– стандарты системы безопасности труда
СТО	– специальное технологическое оборудование
СУД	– система управления данными
СУиК	– система учета и контроля
СФЗ УиК ЯМ	– система физической защиты, учета и контроля ядерных материалов
СФК	– Снежинская фармацевтическая компания
СХК	– Сибирский химический комбинат
СЦР	– самоподдерживающаяся цепная реакция
СЭК	– Совместный эксперимент по контролю
СЯС	– Стратегические ядерные силы
ТБ	– токсическая безопасность
ТВС	– тепловыделяющая сборка
ТВЭЛ	– тепловыделяющий элемент
ТДР	– температурные датчики разогревные
ТЗ	– техническое задание
ТТЗ	– тактико-техническое задание
ТТТ	– тактико-технические требования
ТЗП	– теплозащитное покрытие
ТИГР	– тепловой и газодинамический расчет
ТНК	– трековый нейтронный конвертор
ТНТ	– тринитротолуол
ТОМиАПП	– технический отдел механизации и автоматизации производственных процессов
ТОТЭ	– твердооксидный топливный элемент
ТТ	– технические требования
ТТЗ	– тактико-техническое задание
ТТЛДН	– твердотельный лазер с диодной накачкой
ТУК	– транспортный упаковочный комплект
ТТХ	– тактико-техническая характеристика
УАВО	– устройство автоматического обмена
УВВ	– ударная воздушная волна
УГН	– Управление государственного надзора
УПД	– управление данными
УПИ	– Уральский политехнический институт
УрО РАН	– Уральское отделение Российской Академии наук
УРС	– уравнение состояния
УрФУ	– Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина



УУМД	– устройство управления магнитными дисками
УЭМЗ	– ФГУП «Уральский электромеханический завод»
УЭХК	– Уральский электрохимический комбинат
ФА	– фронтовая авиация
ФААЭ	– Федеральное агентство по атомной энергии
ФЗО	– фабрично-заводское обучение
ФИАН	– Физический институт Академии наук
ФК	– фотокассета
ФКБН	– физический котел на быстрых нейтронах
ФМБА	– Федеральное медико-биологическое агентство
ФО	– физический опыт
ФПК	– факультет повышения квалификации
ФС	– фокусирующая система
ФХМ	– физико-химический метод
ФХЛ	– физико-химическая лаборатория
ФЦП	– федеральная целевая программа
ФЗИ	– Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А. И. Лейпунского
ФЭК	– фотоэлектронный канал
ФЭУ	– фотоэлектронный умножитель
ХИТ	– химический источник тока
ЦВК	– центральный вычислительный комплекс
ЦВМ	– цифровая вычислительная машина
ЦЗЛ	– центральная заводская лаборатория
ЦИЛ	– центральная измерительная лаборатория
ЦКБМ	– Центральное КБ машиностроения
ЦНИИМаш	– ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»
ЦНИИ РТК	– Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики
ЦНИИХМ	– Центральный НИИ химии и механики
ЦПРФ	– Центральный полигон Российской Федерации
ЦСНР	– Центр системных исследований и разработок
ЦЧ	– центральная часть
ЧАЭС	– Чернобыльская АЭС
ЧМЗ	– Чепецкий механический завод
ЧС	– чрезвычайная ситуация
ЧПУ	– числовое программное управление
ЧЭ	– чувствительный элемент
ШПУ	– шахтная пусковая установка
ШРМ	– школа рабочей молодежи
ЭБР	– экспериментальный быстрый реактор
ЭВМ	– электронно-вычислительная машина
ЭВП	– электрически взрывающийся проводник



ЭД	– 1) электродетонатор; – 2) эксплуатационная документация
ЭК	– экспортный контроль
ЭКАП	– экспериментальный «карманный» атомный полигон
ЭЛАС	– экспериментальная лазерная система
ЭЛИР	– экспериментальный ледяной импульсный реактор
ЭМИР	– электромагнитный импульс и рентген
ЭОР	– электронно-оптическая регистрация
ЭО	– экспериментальный образец
ЭРИ	– электрорадиоизделие
ЭХП	– ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор»»
ЭЦВМ	– электронная цифровая вычислительная машина
ЮУЖД	– Южно-Уральская железная дорога
ЯАС	– ядерный артиллерийский снаряд
ЯБП	– ядерные боеприпасы
ЯВ	– ядерный взрыв
ЯВБ	– ядерная взрывобезопасность
ЯВУ	– ядерное взрывное устройство
ЯГУАР	– ядерный гомогенный урановый аperiodический реактор
ЯЗ	– ядерный заряд
ЯОК	– ядерный оружейный комплекс
ЯТЦ	– ядерный топливный цикл
ACM	– Association for Computing Machinery
ALICE	– A Large Ion Collider Experiment
ATLAS	– A Toroidal LHC ApparatuS
CEA/DAM	– Commissariat à l'énergie atomique / Direction des applications militaires
CCDTL	– Cell-Coupled Drift Tube Linac
CERN	– Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
CMS	– Compact Muon Solenoid
JAERI	– Japan Atomic Energy Research Institute
LHC	– Large Hadron Collider
LMJ	– Laser Mégajoule
MRV	– multiple reentry vehicle
MIRV	– multiple independently targetable reentry vehicle
MOT	– magneto-optical trap
MOX	– mixed oxide
NCI	– Nuclear Cities Initiative
SPL	– superconducting proton linac
PET	– Positron Emission Tomography
WSSX	– Warhead Safety and Security Exchange (US and Russia)

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	6
Вступление. РФЯЦ – ВНИИТФ: от создания до нынешних дней .....	8
<b>Часть I. Ядерные заряды и боеприпасы, ядерно-взрывные устройства .....</b>	<b>46</b>
1.1. Разработка ядерных зарядов. Теоретические и газодинамические исследования, проектно-конструкторские работы. ....	46
1.2. Ядерные авиабомбы: от первых образцов до современного оснащения ВВС и ВМФ. Разработки начального этапа .....	51
<i>Авиабомбы фронтовой авиации</i> .....	54
<i>Миниатюризация авиабомб</i> .....	55
<i>Глубинные авиабомбы</i> .....	56
<i>Ядерное оснащение надводных кораблей</i> .....	58
<i>Ударостойкие авиабомбы</i> .....	59
<i>Многоцелевые и ледобойные бомбы</i> .....	60
<i>Разработка и модернизация оперативно-тактических бомб</i> .....	62
<i>Тормозные устройства</i> .....	63
<i>Связи с авиастроителями</i> .....	66
<i>Лабораторная наземная отработка авиабомб</i> .....	66
<i>Направления и задачи перспективных разработок бомбового вооружения</i> .....	69
1.3. Боевые блоки ракет ВМФ .....	69
<i>Вступление</i> .....	69
<i>Баллистические ракеты подводных лодок и боевые блоки первого поколения</i> .....	70
<i>БРПЛ и ЯБП второго поколения</i> .....	73
<i>БРПЛ и ЯБП третьего поколения</i> .....	76
<i>Модернизация и разработка новых ЯБП для БРПЛ</i> .....	78
1.4. Ядерные боеприпасы для ракет РВСН серии УР-100 .....	81
<i>Ядерные боеприпасы для сверхтяжелых ракет</i> .....	82
<i>Ядерные боеприпасы для легких ракет. Методики испытаний на воздействие ПФЯВ</i> .....	83
<i>Ядерные боеприпасы, стойкие к поражающим факторам ПРО</i> .....	86
<i>Разработка ЯБП для оснащения перспективных МБР</i> .....	88
<i>Модернизация боевых блоков ракетных комплексов</i> .....	89



1.5. Ядерные боеприпасы для комплексов ПВО . . . . .	90
1.6. Ядерная артиллерия . . . . .	93
<i>Введение</i> . . . . .	93
<i>Разработка первых артиллерийских ЯЗ и СБЧ</i> . . . . .	94
<i>Разработка первого ядерного заряда и СБЧ для 152 мм артиллерийского снаряда</i> . . . . .	97
<i>Разработка зарядов и СБЧ новых поколений</i> . . . . .	99
<i>Лабораторно-конструкторская отработка артиллерийских ЯЗ и СБЧ</i> . . . . .	100
<i>Продление гарантийных сроков службы (ГСС) ядерных зарядов</i> . . . . .	104
<i>Снятие с эксплуатации и разборка ядерных снарядов</i> . . . . .	105
<i>Приборное обеспечение ЯБП</i> . . . . .	105
<i>Заключение</i> . . . . .	108
1.7. Ядерно-взрывные устройства для промышленных применений . . . . .	109
<i>Вступительные замечания</i> . . . . .	109
<i>Общие характеристики ядерно-взрывных устройств мирного назначения</i> . . . . .	110
<i>Основные технические требования к ЯВУ</i> . . . . .	111
<i>Ядерные взрывные устройства, применяемые при подземных ядерных взрывах наружного действия</i> . . . . .	115
<i>Ядерные взрывные устройства для камуфлетных взрывов</i> . . . . .	119
<i>Особенности разработки и применения некоторых ЯВУ</i> . . . . .	121
<i>Взрывная дейтериевая энергетика как вариант мирного использования «чистых» ядерно-взрывных устройств</i> . . . . .	127
<i>Заключение</i> . . . . .	130
<b>Часть II. Исследования, испытания, контроль и надзор</b> . . . . .	131
2.1. Расчетно-математическое и экспериментальное моделирование . . . . .	131
<i>Вычислительные средства, физико-математическое моделирование, комплексы программ</i> . . . . .	131
<i>Газодинамическая отработка</i> . . . . .	169
<i>Экспериментальное моделирование процессов, происходящих при ядерном взрыве, и физические измерения</i> . . . . .	179
2.2. Проблемы стойкости ЯЗ и ЯБП к поражающим факторам ядерного оружия . . . . .	205
2.3. Физические исследования при ядерных взрывах . . . . .	211
<i>Введение</i> . . . . .	211



<i>Измерения пробегов излучения – первый специализированный физический опыт (1957 г.)</i> . . . . .	212
<i>Изучение уравнений состояния и фазовых превращений веществ при динамических нагрузках</i> . . . . .	213
<i>Исследования термоядерного горения</i> . . . . .	215
<i>Комплексный физический опыт 1983 г.</i> . . . . .	216
<i>Вместо заключения</i> . . . . .	217
2.4. Проблемы безопасности ЯЗ и ЯБП . . . . .	218
<i>Вводные замечания</i> . . . . .	218
<i>Безопасность ЯО (ЯЗ и ЯБП), виды безопасности</i> . . . . .	219
<i>Ядерная взрывобезопасность ядерного заряда</i> . . . . .	221
<i>Ядерная взрывобезопасность ядерного боеприпаса</i> . . . . .	225
<i>Взрывобезопасность</i> . . . . .	227
<i>Групповая взрывобезопасность (ГВБ), групповая ядерная взрывобезопасность (ГЯВБ)</i> . . . . .	233
<i>Пожаробезопасность</i> . . . . .	233
<i>Ядерная безопасность</i> . . . . .	235
<i>Радиационная безопасность</i> . . . . .	235
<i>Обеспечение безопасности при работе с аварийными ЯЗ и ЯБП</i> . . . . .	237
<i>Защитные контейнеры</i> . . . . .	239
<i>Заключение</i> . . . . .	240
2.5. Полигонные испытания ядерных зарядов и ядерных боеприпасов. . . . .	241
<i>Введение</i> . . . . .	241
<i>Воздушные и наземные ядерные испытания 1957–1962 гг.</i> . . . . .	244
<i>Переход к подземным ядерным испытаниям 1961–1964 гг.</i> . . . . .	248
<i>Ядерные испытания 1965–1989 гг.</i> . . . . .	253
<i>Неядерно-взрывные эксперименты</i> . . . . .	256
<i>Об участниках ядерных испытаний</i> . . . . .	258
<i>Полигонные испытания ядерных боеприпасов</i> . . . . .	259
2.6. Контроль за соблюдением международных договоров в области ядерных вооружений. . . . .	264
<i>Вводные замечания</i> . . . . .	264
<i>Совместный советско-американский эксперимент по контролю порогового договора по ядерным испытаниям</i> . . . . .	266
<i>Инспекция на месте как способ контроля за объявленными и необъявленными ядерными испытаниями</i> . . . . .	271



<i>Контроль за ядерными испытаниями США в 1991–1992 гг.</i> . . . . .	273
<i>Деятельность по ликвидации инфраструктуры ядерных испытаний бывшего СССР</i> . . . . .	275
<b>2.7. Сертификация, установление и продление гарантийных сроков.</b>	
<b>Авторский надзор за производством, эксплуатацией и утилизацией ЯЗ и ЯБП</b> . . . . .	280
<i>Вводные замечания</i> . . . . .	280
<i>Работы серийно-конструкторского отдела</i> . . . . .	280
<i>Авторский надзор на этапе серийного производства</i> . . . . .	282
<i>Авторский надзор на этапе демонтажа и утилизации ЯЗ и ЯБП</i> . . . . .	283
<i>Гарантийный надзор при эксплуатации в войсках</i> . . . . .	284
<i>Продление гарантийных сроков ЯЗ и ЯБП</i> . . . . .	285
<i>Об основных участниках работ по авторскому и гарантийному надзору, продлению сроков эксплуатации и хранения ЯЗ и ЯБП</i> . . . . .	287
<b>Часть III. Производство и технологии. Конверсия и диверсификация.</b> . . . . .	289
<b>3.1. Опытное производство изделий и макетов для отработки и зачетных испытаний</b> . . . . .	289
<i>Вводные замечания</i> . . . . .	289
<i>Завод № 1</i> . . . . .	289
<i>Завод № 2</i> . . . . .	299
<b>3.2. Разработка и внедрение специализированных технологий</b> . . . . .	307
<i>Вступительные замечания</i> . . . . .	307
<i>Разработка новых материалов</i> . . . . .	308
<i>Специализированные технологии изготовления деталей и узлов ЯЗ и ЯБП</i> . . . . .	312
<i>Некоторые технологии контроля и испытаний</i> . . . . .	316
<i>Возможности и перспективы развития технологического и материаловедческого сопровождения</i> . . . . .	320
<b>3.3. Инженерная инфраструктура института</b> . . . . .	321
<i>Безопасность производства и экология</i> . . . . .	321
<i>Специальная и общепромышленная безопасность</i> . . . . .	322
<i>Радиационная и ядерная безопасность</i> . . . . .	324
<i>Промышленная экология</i> . . . . .	325
<i>Аварийно-технический центр</i> . . . . .	327
<i>Гражданская оборона, чрезвычайные ситуации и мобилизационная подготовка</i> . . . . .	331



3.4. Обеспечение жизнедеятельности: энергетика, транспорт, связь, материально-техническое снабжение . . . . .	333
<i>Энергетика, транспорт, связь</i> . . . . .	333
<i>Материально-техническое снабжение</i> . . . . .	336
3.5. Конверсия и диверсификация. Состояние и перспективы . . . . .	337
<i>Обзор конверсионных разработок</i> . . . . .	337
<i>Выполнение и перспективы проектов конверсии и диверсификации</i> . . . . .	338
3.6. Специализированные научно-технические центры и лаборатории . . . . .	352
<i>Отраслевой научно-методический центр надзора за специальной безопасностью (ОЦНСБ)</i> . . . . .	352
<i>Центр системных исследований и разработок</i> . . . . .	355
<i>Научно-технический центр систем физической защиты, учета и контроля ядерных материалов</i> . . . . .	358
<i>Отдел международных связей и научно-технического сотрудничества</i> . . . . .	361
<i>Центр проблем безопасности ядерной энергетики</i> . . . . .	364
<i>Научно-исследовательская лаборатория по анализу, систематизации и переводу в электронный вид материалов разработки ЯЭ (подразделение 590)</i> . . . . .	366
<i>Отраслевая экспертно-методическая лаборатория по ядерному экспортному контролю (ОЛЭК)</i> . . . . .	369
<i>Центр по разработке обычных боевых частей (ОБЧ) и прострельно-взрывной аппаратуры (ПВА)</i> . . . . .	370
<b>Часть IV. Научное, информационное и кадровое обеспечение. Общие службы института</b> . . . . .	<b>374</b>
4.1. Области общенаучных исследований . . . . .	374
<i>Алгоритмы и программы математического моделирования процессов, протекающих при работе ЯЭ</i> . . . . .	375
<i>Управляемый термоядерный синтез. Лазерный термоядерный синтез</i> . . . . .	375
<i>Создание мощного генератора термоядерных нейтронов на основе газодинамической ловушки</i> . . . . .	375
<i>Материалы для термоядерного реактора</i> . . . . .	376
<i>Радиационная экология</i> . . . . .	377
<i>Компьютерное моделирование действия лекарственных препаратов</i> . . . . .	377
<i>Расплавно-солевые фторидные технологии для пережигания плутония и актинидов</i> . . . . .	377
<i>Освоение технологий квантово-размерных гетероструктур для сверхъярких светодиодов</i> . . . . .	378
<i>Кумуляция энергии</i> . . . . .	378



<i>Физика высоких давлений и температур</i> . . . . .	379
<i>Сотрудничество с Европейской организацией по ядерным исследованиям (CERN)</i> . . . . .	380
<i>Физика высокотемпературной плазмы</i> . . . . .	381
<i>Исследования новых компьютерных технологий на основе искусственных нейронных сетей</i> . . . . .	383
<i>Исследования свойств материалов</i> . . . . .	383
<i>Физика турбулентного движения</i> . . . . .	384
<i>Прямое измерение сечения pp-рассеяния на импульсном реакторе ЯГУАР</i> . . . . .	384
<i>Руководители и ведущие участники фундаментальных и прикладных исследований ВНИИТФ</i> . . . . .	385
4.2. Научно-технические и диссертационные советы. Аспирантура . . . . .	385
<i>Научно-технические советы и секции</i> . . . . .	385
<i>Аспирантура</i> . . . . .	388
<i>Диссертационные советы</i> . . . . .	388
<i>Премии имени выдающихся ученых, работавших в институте, и организатора производства</i> . . . . .	389
<i>Организационное обеспечение деятельности научных работников института</i> . . . . .	390
4.3. Информационное обеспечение НИР и ОКР . . . . .	390
<i>Научные конференции, публикации</i> . . . . .	390
<i>Научно-технические библиотеки</i> . . . . .	390
<i>Научно-техническая информация</i> . . . . .	392
<i>Научно-технические конференции</i> . . . . .	396
<i>Научные публикации</i> . . . . .	400
<i>Современное состояние и активные участники информационной деятельности</i> . . . . .	401
4.4. Кадровый состав института . . . . .	402
<i>Начальный этап подбора кадров</i> . . . . .	402
<i>Кадровая политика второго и третьего периодов истории института</i> . . . . .	404
<i>Кадровые проблемы современности и пути их решения</i> . . . . .	404
<i>Подготовка и переподготовка кадров</i> . . . . .	407
<i>Научные сотрудники и специалисты нового профиля</i> . . . . .	408
<i>Общие сведения о кадровой службе и кадрах института</i> . . . . .	409
<i>Задачи на перспективу</i> . . . . .	410



4.5. Международное сотрудничество . . . . .	411
<i>Взаимодействие с МНТЦ</i> . . . . .	411
<i>Сотрудничество с США</i> . . . . .	412
<i>Сотрудничество с Францией</i> . . . . .	413
<i>Сотрудничество с Великобританией</i> . . . . .	414
<i>Сотрудничество с КНР</i> . . . . .	414
<i>Сотрудничество с Европейской организацией ядерных исследований (CERN)</i> . . .	414
<i>Сотрудничество с МАГАТЭ</i> . . . . .	415
4.6. Обеспечение безопасности. . . . .	415
<i>Первый отдел</i> . . . . .	416
<i>Архив</i> . . . . .	416
<i>Второй отдел</i> . . . . .	417
<i>Научно-исследовательский отдел</i> . . . . .	418
4.7. Метрология, лицензирование, права интеллектуальной собственности . . . . .	419
<i>Метрология</i> . . . . .	419
<i>Лицензирование</i> . . . . .	421
<i>Интеллектуальная собственность</i> . . . . .	422
4.8. Функции управления . . . . .	423
<i>Планово-производственный отдел</i> . . . . .	423
<i>Бухгалтерия</i> . . . . .	426
<i>Финансовый отдел</i> . . . . .	428
<i>Отдел труда и заработной платы</i> . . . . .	429
Заключение. . . . .	430
Приложение № 1	
Справочные данные о наименованиях и статусе РФЯЦ – ВНИИТФ . . . . .	435
Приложение № 2	
Письмо руководителей НИИ-1011 Первому секретарю ЦК КПСС Н. С. Хрущёву о состоянии дел и возможных перспективах института. . . . .	436
Приложение № 3	
Ученые РФЯЦ – ВНИИТФ . . . . .	439
Приложение № 4	
Сотрудники РФЯЦ – ВНИИТФ – Герои Социалистического Труда и лауреаты премий в области науки и техники . . . . .	449
Приложение № 5 . . . . .	461
Список сокращений. . . . .	461

# **РОССИЙСКИЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР**

**ОЧЕРКИ ИСТОРИИ И РАЗРАБОТОК РФЯЦ – ВНИИТФ**

Ответственный за выпуск	Т.Б. Пряхина
Редактор	В.Б. Литвинов
Компьютерная верстка	И.Е. Ядрищева
Компьютерный дизайн	Н.Н. Шувалова
Корректор	Н.И. Потеряхина
	Т.В. Кузнецова

Подписано в печать 06.04.2015.

Формат В4×108/16. Усл. печ. л. 50,4.

Тираж 1000 экз. Заказ № 488.

Печать выполнена с оригинал-макета, подготовленного  
информационно-издательской группой РФЯЦ – ВНИИТФ.

Адрес издающей организации:

456770, г. Снежинск Челябинской обл.,  
ул. Васильева, 13, а. я. 245, РФЯЦ – ВНИИТФ,  
тел.: (351-46) 5-23-50, 5-24-90.

Тираж отпечатан в ОАО «ИПП «Уральский рабочий».  
620990, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 13.  
<http://www.uralprint.ru>, e-mail: [sales@uralprint.ru](mailto:sales@uralprint.ru)