



ВПЕРЕДИ ВЕКА

НИИ-8 – НИКИЭТ

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»



Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский
институт энерготехники имени Н.А. Доллежала
Государственная корпорация «Росатом»

ВПЕРЕДИ ВЕКА

Ордена Ленина Научно-исследовательскому
и конструкторскому институту энерготехники
имени Н.А. Доллежала (НИИ-8 – НИКИЭТ)
60 лет

Москва
2012

В80 Впереди века. Ордена Ленина Научно-исследовательскому и конструкторскому институту энерготехники имени Н.А. Доллежала (НИИ-8 – НИКИЭТ) 60 лет. – М.: ОАО «НИКИЭТ», 2012. – 464 с.

ISBN 978-5-98706-062-9

В настоящей книге представлена 60-летняя история создания и развития Ордена Ленина Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники им. Н.А. Доллежала, одного из крупнейших в России центров ядерной энергетики и технологии.

Главными героями книги об организации Главного конструктора ряда уникальных реакторных установок стали представители нескольких поколений команды, созданной выдающимся ученым и конструктором академиком Николаем Антоновичем Доллежалем.

Авторский коллектив:

Ю.Г. Драгунов, В.К. Уласевич, Е.А. Карандина, Б.А. Габараев, В.Н. Ершов, А.А. Петров, И.Т. Третьяков, В.П. Сметанников, Е.Л. Ромадова, В.И. Урывский, Г.И. Гречко, В.С. Смирнов, Ю.С. Стребков, П.И. Факеев, В.М. Иванов, М.И. Плышевский, В.И. Оленев, Н.С. Рассошкина, А.В. Лопаткин, В.И. Шандра, Ю.М. Никитин, М.Н. Михайлов, С.В. Европин, Б.П. Стрелков, А.А. Арефьев, В.А. Мазокин, О.А. Ярмоленко, А.П. Васильев, А.Н. Орлов, А.В. Джалавян, Ю.Н. Кузнецов, Е.Н. Гольцов, И.В. Кабанов, Е.Е. Соловцова, О.М. Рухлов, М.А. Клочков, Д.Л. Дронов, В.А. Зубаков, И.К. Костина, С.Х. Уразов, А.В. Рабчун, Е.П. Ефимов, С.Э. Иванова, О.Ю. Федоров, В.И. Перехожев, В.И. Солонин, Ю.С. Черепнин, А.Н. Семенов, В.А. Лукичев.

Авторы с признательностью отмечают неоценимый вклад в подготовку данной книги сотрудников НИКИЭТ: А.А. Жиганшина, Т.В. Жиганшиной, А.Ю. Корженковой, Е.А. Комаровой, А.А. Куликова, И.С. Веретенниковой, Е.М. Филатовой, Е.Д. Ряхиной, Б.Н. Кирикова, Л.Ю. Давыдовой.

ISBN 978-5-98706-062-9

© ОАО «НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала», 2012

© Изд-во ОАО «НИКИЭТ», 2012

© Авторы, 2012

Оглавление

К читателям.....	5
1. НИКИЭТ – истоки.....	9
2. Творцы истории НИКИЭТ	17
2.1. Николай Антонович Доллежалъ – вся жизнь под девизом «Если можешь идти впереди века – иди!».....	17
2.2. Первопроходцы – исходное ядро коллектива НИКИЭТ	20
2.3. Руководители института.....	24
2.4. Руководители направлений	25
3. НИКИЭТ – путь от истоков ко дню сегодняшнему и завтрашнему	44
3.1. Первый промышленный реактор для первой советской атомной бомбы – стартовая позиция НИКИЭТ в проектировании канальных промышленных и энергетических реакторов	44
3.1.1. Разработка промышленных реакторов	44
3.1.1.1. Первый промышленный реактор.....	44
3.1.1.2. Одноцелевые проточные уран-графитовые реакторы	46
3.1.1.3. Двухцелевые промышленные уран-графитовые реакторы.....	47
3.1.1.4. Опыт эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов	49
3.1.1.5. Значение опыта разработки ПУГР для дальнейшего развития отечественного реакторостроения	51
3.1.2. Разработка канальных энергетических реакторных установок	52
3.1.2.1. Первая в мире АЭС	52
3.1.2.2. Двухцелевой ЭИ-2 на СХК, первые блоки Белоярской АЭС, Билибинская АЭС.....	53
3.1.2.3. Реактор РБМК-1000.....	54
3.1.2.4. Реактор РБМК-1500.....	58
3.1.2.5. Чернобыльская авария – ликвидация последствий	60
3.2. Первая атомная реакторная установка для советской подводной лодки – стартовая позиция НИКИЭТ в проектировании реакторных установок для ВМФ	66
3.3. Исследовательские и изотопные ядерные реакторы	82
3.3.1. Исследовательские реакторы	82
3.3.2. Изотопные реакторы.....	88
4. НИКИЭТ – сегодня	89
4.1. Общая характеристика	89
4.2. Космические ядерные реакторы	91
4.3. Ядерные паропроизводящие установки для ВМФ.....	102
4.4. Канальные энергетические реакторные установки	105
4.4.1. Обоснование и повышение безопасности энергоблоков с РБМК в послечернобыльские годы.....	105
4.4.2. Международные проекты по анализу безопасности энергоблоков с РБМК.....	114
4.4.3. Реакторные установки РБМК-1000 – модернизация, повышение безопасности и продление сроков эксплуатации	117
4.4.4. Реакторные установки МКЭР	124
4.4.5. Реакторы со сверхкритическими параметрами теплоносителя	125
4.5. Реакторная установка БРЕСТ	128

4.6. Исследовательские и изотопные ядерные реакторы	135
4.6.1. Исследовательские реакторы	135
4.6.2. Изотопные реакторы	141
4.7. Утилизация атомных подводных лодок, вывод исследовательских и энергетических реакторов из эксплуатации, реабилитация загрязненных территорий.....	142
4.8. Международный проект термоядерного реактора ИТЭР	161
4.9. Производственное и экспериментально-испытательное обеспечение работ НИКИЭТ	171
4.10. Научно-исследовательское сопровождение и расчетно-программное обеспечение работ института.....	192
4.11. Комплексные системы контроля, управления и защиты реакторных установок	205
4.12. Прочностное, водно-химическое и материаловедческое обеспечение проектов института	222
4.13. Нормативное обеспечение безопасности ядерных установок и работоспособности их элементов.....	229
4.14. Диагностика целостности металла реакторных установок	232
4.15. Энергетические реакторные установки для атомных станций малой и средней мощности.....	239
4.16. Конверсионные проекты	252
4.17. Научно-организационное обеспечение работ НИКИЭТ	259
4.18. Международное сотрудничество	262
4.19. Функциональные службы	264
4.20. Формирование и поддержка кадрового потенциала	274
4.21. Социально-культурная жизнь	278
5. Собратья НИКИЭТ – «птенцы гнезда Доллежалева».....	284
5.1. Институт реакторных материалов.....	284
5.2. Кафедра Э7 МГТУ им. Н.Э. Баумана.....	286
6. Ключ к успеху – в сотрудничестве НИКИЭТ с другими предприятиями	291
6.1. Подразделения центрального аппарата отрасли, ОАО «ТВЭЛ», проектные институты, научный руководитель, эксплуатирующая организация, атомные электростанции, Ростехнадзор.....	291
6.2. Исследовательские и учебные институты, научные центры	299
6.3. Промышленные предприятия	306
6.4. Предприятия кооперации создания транспортных установок.....	308
7. Вехи истории НИКИЭТ	312
Приложение А. Знаменательные события в жизни НИКИЭТ.....	315
Приложение Б. Никитовцы	346
Первопроходцы	346
Команда НИКИЭТ сегодня.....	349
Кадровое ядро – опора НИКИЭТ	349
Молодежь – надежда НИКИЭТ	432
Гордость НИКИЭТ – лауреаты премий и почетных званий	
СССР и РФ, орденосы.....	446
Лауреаты премий СССР и РФ.....	446
Лауреаты почетных званий СССР и РФ	452
Орденосы.....	454
Они ковали оборонную и энергетическую мощь Родины	454
Они защищали Родину	460

К ЧИТАТЕЛЯМ

**Юрий Григорьевич Драгунов**

Директор – Генеральный конструктор ОАО «НИКИЭТ», лауреат премии Совета Министров СССР, член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор, заслуженный конструктор РФ

В условиях жесткого военного и экономического противостояния, сложившегося по окончании Второй мировой войны между СССР и его бывшими союзниками, одной из жизненно важных задач для нашей страны стало форсированное развитие атомной промышленности. Для решения этой задачи был принят ряд государственных решений, в том числе постановление Совета Министров СССР от 9 сентября 1952 г. (Постановление № 4098-1616/оп и дополнение к нему) о проектировании и строительстве объекта № 627 – первой советской атомной подводной лодки (АПЛ). В данном постановлении содержалось поручение:

«...на базе «Гидросектора» НИИХиммаша организовать специальный Научно-исследовательский и конструкторский институт – НИИ-8 для проведения проектно-конструкторских, опытных и научно-исследовательских работ по созданию энергосиловой установки для объекта 627 (транспортного) и продолжения всех работ по атомным реакторам, проводящимся (ранее) в «Гидросекторе»».

Этим же постановлением Совет Министров СССР утвердил директором НИИ-8 профессора Николая Антоновича Доллежала с освобождением его от обязанностей директора НИИХиммаша. Ранее Н.А. Доллежал стоял у истоков создания НИИХиммаша в Свердловске и Москве, он же в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 6 января 1946 г. возглавил Сектор гидрооборудования («Гидросектор»), организованный в составе НИИХиммаша для проектирования реактора «А» – первого в СССР промышленного атомного реактора, неофициально названного «Аннушкой».

Весь коллектив «Гидросектора» вместе с выполняемыми им работами был переведен во вновь создаваемый НИИ-8 (ныне НИКИЭТ). Фактически история НИКИЭТ ведет отсчет с момента создания «Гидросектора» в январе 1946 г., ведь многие работы НИКИЭТ были начаты еще в «Гидросекторе» и ядро институтского коллектива составили именно первопроходцы, мобилизованные

на разработку легендарной «Аннушки», которая в рекордно короткие сроки наработала плутониевую «взрывчатку» для первых советских атомных бомб.

Формируя структуру нового института, Н.А. Доллежалъ последовательно придерживался своей концепции построения «наиболее эффективного для общества научного учреждения», которое бы включало все этапы единого процесса: идею – эксперимент – научное осмысление – конструирование – создание опытного образца – внедрение в производство. Другими словами, институту следовало быть комплексным: научно-исследовательским и проектно-конструкторским с развитыми экспериментальной и производственной базами.

Н.А. Доллежалъ возглавлял «Гидросектор», а затем НИИ-8 (НИКИЭТ) в течение 40 лет. Под его руководством в качестве Главного конструктора разработаны проекты многих реакторов, сыгравших большую роль в укреплении оборонной и экономической мощи СССР. Многие из этих реакторов сопровождалось определениями «первый в мире», «первый в СССР», «самый мощный в мире» и т.п.

Однако главным «проектом» Н.А. Доллежала по праву можно считать созданный им уникальный коллектив, у истоков которого стоит первая пятерка специалистов «Гидросектора»: М.П. Сергеев, П.А. Деленс, В.В. Рылин, В.В. Вазингер, Б.В. Флоринский. Принимая их поздравления с награждением Золотой звездой Героя Социалистического Труда, он сказал своим соратникам: «Я считаю, что каждому из вас пятерых принадлежит по лучику от этой звезды».

Путеводная звезда Н.А. Доллежала с его уникальным сочетанием таланта Ученого, дара Конструктора и порядочности Человека освещала путь созданному им коллективу не только в течение тех лет, когда он непосредственно руководил институтом, но и в последующие годы его жизни, начавшейся в XIX веке и завершившейся в XXI веке.

Прошло уже более 10 лет со дня ухода Н.А. Доллежала из жизни, однако его влияние на созданную им когда-то команду несколько не ослабевает. Меняются поколения никитовцев, но все они, начиная с тех, у кого за плечами уже полвека работы в НИКИЭТ, и кончая вчерашними выпускниками вузов, с гордостью именуют себя «птенцами гнезда Доллежала». Они успешно продолжают дело Н.А. Доллежала, что и является лучшим памятником его имени.

Именем Н.А. Доллежала названы НИКИЭТ и одна из улиц г. Подольска. Установлена мемориальная доска на фасаде школьного здания, где в свое время находилось реальное училище, в котором он учился после переезда семьи Доллежалей из Екатеринослава (Днепропетровска) в Подольск.

В далеко не полный перечень установок, разработанных под руководством Н.А. Доллежала коллективами «Гидросектора» и НИИ-8 (впоследствии НИКИЭТ) в тесной кооперации с другими институтами и предприятиями, входят:

- первый советский промышленный реактор «А», на котором нарабатывали плутоний для первой советской атомной бомбы;
- промышленный реактор АИ, продукция которого позволила нашей стране первой продемонстрировать мощь термоядерного взрыва;
- реактор первой в мире опытно-промышленной АЭС, разработка которой была инициирована И.В. Курчатовым и горячо поддержана Н.А. Доллежалем еще в 1949 г., вскоре после первого испытания отечественной атомной бомбы;

– ядерная энергетическая установка для первой советской атомной подводной лодки;

– ядерная энергетическая установка В-5 для первой в мире подводной лодки с корпусом из титановых сплавов, до сих пор остающейся мировым рекордсменом по скорости подводного хода;

– уран-графитовые канальные реакторы РБМК-1000 и РБМК-1500 (надолго остававшиеся самыми мощными в мире) мощностью 1000 и 1500 МВт, ставшие одной из двух основных опор ядерной энергетики СССР;

– исследовательский импульсный реактор ИГР для программы создания ядерных ракетных двигателей, который по величине интегрального потока за импульс почти в 20 раз превосходил сходный (но только по назначению) американский реактор TREAT при тех же габаритах и существенно меньшей загрузке урана;

– исследовательский реактор СМ-2 для проведения глубоких физических исследований и получения трансурановых элементов, ставший мировым рекордсменом по нейтронному потоку (до $5 \cdot 10^{15}$ $1/\text{см}^2 \cdot \text{с}$) для своего времени;

– импульсный реактор периодического действия ИБР-2 с механическим регулятором реактивности, способным вращаться со скоростью до 3000 об./мин;

– исследовательский реактор ИВГ.1 – по существу наземный прототип реактора для ядерного ракетного двигателя.

В настоящее время НИКИЭТ располагает современной производственной и экспериментальной базой, благодаря чему имеется возможность экспериментального обоснования выбранных технических решений и изготовления наиболее сложных конструкций и систем. Это особенно важно, так как в рыночных условиях размещение на машиностроительных заводах заказа на изготовление таких высокотехнологичных, но штучных или малосерийных изделий является чрезвычайно трудной задачей.

Специалисты НИКИЭТ успешно осваивают приобретенный недавно суперкомпьютер, существенно расширивший возможности проектирования новых установок и моделирования их работы в различных условиях, включая проектные и запроектные условия.

Еще одной предпосылкой успешного выполнения работ, выполняемых институтом, является его мощный кадровый потенциал. В настоящее время НИКИЭТ располагает высококвалифицированными кадрами в количестве более 1600 человек, из которых почти 1100 получили высшее профессиональное образование в таких прославленных вузах, как МГУ, МИФИ, МВТУ им. Н.Э. Баумана, МЭИ, МИХМ, Томский политехнический институт и др. В штате института 2 члена-корреспондента Российской академии наук, 14 докторов наук и 85 кандидатов наук. Кроме того, 7 работников НИКИЭТ являются профессорами московских вузов. НИКИЭТ также имеет свою аспирантуру, в которой обучаются 10 аспирантов.

К инновационным направлениям деятельности НИКИЭТ в настоящее время можно отнести: реализацию проекта «Создание транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса», широкомасштабные исследования и проектно-конструкторские работы по созданию ядерной энергетической технологии на основе замкнутого топливного

цикла с быстрыми реакторами с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем, разработку многоцелевого быстрого исследовательского реактора МБИР.

Наряду с инновационными проектами НИКИЭТ продолжает работы по традиционным направлениям, среди которых: оборонные нужды, обоснование безопасной эксплуатации и продления срока службы энергоблоков с реакторами РБМК, разработка и поставка на АЭС оборудования комплексной системы и защиты.

Еще одно важное направление – разработка и реализация мероприятий по выводу из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов (реакторных установок атомных подводных лодок, исследовательских, промышленных и энергетических реакторов), сооруженных по проектам НИКИЭТ.

В области международного сотрудничества следует отметить, что НИКИЭТ является одним из ключевых российских участников двух крупнейших международных проектов: по сооружению Большого адронного коллайдера в Европейском центре ядерных исследований и международного термоядерного реактора ИТЭР в Кадараше (Франция).

Работы НИКИЭТ отмечены многими государственными наградами и премиями. Ленинской премии удостоены 7 человек, Государственной премии – 46, премии Совета Министров СССР – 19 и премии Ленинского комсомола – 3. В постсоветское время 16 сотрудников удостоены премии Правительства РФ.

В связи с успешным выполнением государственного задания по разработке ядерной энергетической установки для первой советской атомной подводной лодки коллектив НИКИЭТ удостоен в 1959 г. ордена Ленина – наивысшей награды СССР. За работу в области атомной энергетики награждены советскими и российскими орденами 237 человек, медалями – 1252. Кроме того, более 300 человек награждены медалями ВДНХ.

О высоком профессионализме никiezтовцев свидетельствует присвоение почетных званий ряду работников института. В частности, почетное звание «Заслуженный конструктор РФ» получили 18 человек, «Заслуженный деятель науки РФ» – 3, «Заслуженный энергетик РФ» – 4, «Заслуженный технолог РФ» – 1, «Заслуженный изобретатель РФ» – 1, «Заслуженный машиностроитель РФ» – 1, «Заслуженный экономист РФ» – 1.

Время бросает все новые и новые вызовы ядерной энергетике, ужесточая требования к безопасности и экономичности реакторных установок. НИКИЭТ встречает эти вызовы с уверенностью. Успешный опыт прошлого и высокий современный потенциал института позволяют оптимистически оценивать его перспективы.

Эта книга является не только отчетом о деятельности НИКИЭТ как научно-конструкторской организации, но и данью памяти тем сотням и сотням никiezтовцев, которые внесли свой вклад в проекты института. К сожалению, из-за ограниченного объема в книге упомянуты далеко не все из них, однако этот пробел будет восполнен в запланированной параллельной электронной публикации дополнительных материалов и воспоминаний работников НИКИЭТ.

1

НИКИЭТ – ИСТОКИ

Об истоках НИКИЭТ лучше всего свидетельствуют воспоминания выдающегося советского ученого-конструктора Николая Антоновича Доллежала – организатора НИКИЭТ и его первого директора, возглавлявшего институт в течение 34 лет, с 1952 по 1986 гг.:

«К середине 1945 г. этот институт (НИИХиммаш) уже функционировал, как полнокровная, развивающаяся на здоровой основе организация, располагающая ценными кадрами.

Институт решал важные задачи, как в отношении помощи восстанавливаемым заводам, так и в направлении решения новых научно-конструкторских задач. Однако задачи атомной промышленности перед ним еще не ставились.

В октябре 1945 г. пишущий эти строки, в то время директор и научный руководитель НИИХиммаша, получил указание откомандировать для работы в Лаборатории № 2 Академии наук СССР ряд специалистов, в основном высокой квалификации и к тому же занятых выполнением ответственных поручений.

Выполнение этого указания, несомненно, отрицательно сказалось бы на деятельности института, а Лаборатории № 2, как удалось установить, существенной пользы принести не могло.

После соответствующего доклада наркому товарищу П.И. Паршину было принято решение откомандирование сотрудников не производить, а в случае возникновения у Лаборатории № 2 каких-либо надобностей в отношении конструкторских разработок, решать их непосредственно в НИИХиммаше.

Это решение повлияло на ход дальнейших событий и уже в январе 1946 г. состоялось постановление правительства об организации в системе НИИХиммаша, но с приданием особого положения, специального сектора, который и должен был решать эти задачи. Так возник «Гидросектор», явившийся началом организации института (НИКИЭТ), научная и производственная жизнь которого описывается ниже.

Справедливость требует отметить, что впервые известие о том, что «Гидросектор» создан для выполнения конструкторских работ в области атомной техники я узнал в том же январе 1946 г. от Б.С. Позднякова, который подарил мне при первом свидании перевод американской книги Г. Смита «Атомная энергия».

В скором времени состоялось знакомство с И.В. Курчатовым в Лаборатории № 2. Знакомство носило совершенно деловой характер – сразу началось рассмотрение чертежей (ватманов) большого реактора, которые разрабатывались группой ленинградских конструкторов. Чертежи имели

характер предэскизных разработок, а поскольку в то время, естественно, никто никаким опытом в этой области техники не обладал, были восприняты как задание.

Помню отчетливо, что это был «горизонтальный» реактор с графитовым замедлителем.

Через два месяца группа конструкторов НИИХиммаша (точнее, «Гидросектора»), после соответствующей проработки задания, высказала свое отрицательное мнение в отношении горизонтальной схемы реактора и смогла представить свои соображения о тех положительных качествах, которые приобрел бы реактор при выполнении его по вертикальной схеме.

С мнением «Гидросектора» согласились и, по существу, с этого момента начался интенсивный разворот работ по разработке чертежей, проведению необходимых научно-исследовательских работ, подготовке машиностроительных заводов и других мероприятий».

Выбор вертикальной ориентации явился результатом конструкторского озарения, о котором через много лет также вспоминает Николай Антонович Доллежал:

«Все первые недели мне не давала покоя общая, принципиальная схема реактора. Непредсказуемо было поведение урановых блоков в каналах. Не было гарантии против их деформации. Как и деформации блоков графита. Нет, не лежала душа к такой компоновке. Что-то вызывало в ней интуитивный протест, какой-то она казалась неконструктивной...

В ту пору хмурым февральским днем я находился в кабинете у одного из ближайших помощников Курчатова – Владимира Владимировича Гончарова. Ждал, когда появится Игорь Васильевич...

За разговором я машинально взял в руку наполовину сломанный спичечный коробок и постукивал его торцом по столу. Взгляд остановился на подпрыгивающих спичках. Где-то в глубине сознания шевельнулась неясная еще мысль. Что-то связанное с работой, с чем-то ускользающим, мучительно-сидящим... И вдруг – вспышка, озарение! Я даже перестал слышать Гончарова. Ну конечно, наш реактор требовалось развернуть на девяносто градусов, поставить его, сделать не горизонтальным, а вертикальным!

Это сразу снимало многие вопросы. И прежде всего – о деформации конструктивных элементов при нагреве. Они по своей механической сути переставали быть нагруженными.

В тот же день я со своими конструкторами начал проработку вертикального варианта.

Когда появились первые эскизные очертания новой конструкции, посвятил в свои замыслы Игоря Васильевича, объяснил ему, в чем, на мой взгляд, имела преимущества такая схема. Хоть он и не был инженером-конструктором, но доводы мои схватил быстро, поверил в них...

Итак, эскизы горизонтальной схемы мы отложили и форсированно, засиживаясь допоздна, готовили схему вертикальную. Как нам объявили, проект промышленного ядерного реактора, параллельно с НИИХиммашем, разрабатывала группа ленинградских конструкторов – их я видел при знакомстве с Курчатовым в Лаборатории № 2. Это было разумно: привлечение

двух коллективов исключало монополизм, давало возможность выбора. И такой выбор должна была сделать высокая комиссия в середине марта. На все и про все у нас оставалось меньше месяца.

В состав комиссии, помимо Курчатова, входили известные организаторы промышленности и политические деятели: Борис Львович Ванников, Василий Семенович Емельянов, Авраамий Павлович Завенягин, Вячеслав Александрович Малышев, Михаил Георгиевич Первухин, Борис Сергеевич Поздняков, Ефим Павлович Славский. В атомных делах они опытным, понятно, не располагали, но каждый из них обладал высокой инженерной эрудицией, не говоря уже о навыке в анализе сложных технических задач и большом жизненном опыте.

«Ленинградский» вариант был выполнен по горизонтальной схеме и выглядел принципиально слабее нашего. Да и проработан он был менее тщательно. Преимущества вертикальной схемы оценили все члены комиссии. Наш эскизный проект признали вполне приемлемым для дальнейшей проработки и создания на его основе крупного промышленного реактора.

Итак, Постановлением Совета Министров СССР от 6 января 1946 г. для разработки инженерных научных проблем по атомному реакторостроению Министру машиностроения и приборостроения СССР тов. Паршину П.И. было поручено организовать в НИИхиммаше «Гидросектор», начальником которого был назначен директор НИИхиммаша тов. Доллежалъ Н.А.

«Гидросектору» при его организации была поставлена основная и единственная задача – создать конструкцию первого в СССР промышленного атомного реактора.

В соответствии с упомянутым постановлением Совета Министров, Лабораторией измерительных приборов АН СССР (ЛИП АН), руководимой академиком И.В. Курчатовым, «Гидросектору» в январе 1946 г. были переданы временные технические условия на разработку проекта атомного реактора.

Директор НИИхиммаша, он же начальник «Гидросектора», Н.А. Доллежалъ, учитывая исключительно важное значение для Советского Союза успешного выполнения задания в намеченные постановлением правительства чрезвычайно жесткие сроки, немедленно организовал группу из ведущих работников НИИхиммаша с большим инженерным опытом, из различных отделов института.

В целях лучшей координации всех проектных, конструкторских, научно-исследовательских и экспериментальных работ, а также работ по изготовлению опытных и штатных изделий и для большей оперативности при решении многочисленных организационных вопросов, в «Гидросекторе» был организован отдел № 9, начальником которого был назначен инженер М.Н. Сергеев.

В качестве меры, способствующей сокращению срока работ, сотрудникам «Гидросектора» были отменены очередные отпуска до окончания работ по объекту, а также введен рабочий день продолжительностью 12 часов.

Сотрудники отдела № 9, помимо прямой работы по разработке конструкции аппарата в целом, а также отдельных узлов реактора, проводимой непосредственно в отделе, разрабатывали необходимые технические задания на изготовление изделий и проведение научных и экспериментальных работ привлеченными НИИ, организациями и заводами.

Поскольку работа по проектированию атомного реактора проводилась в СССР впервые, опыта в этом направлении ни у упомянутой группы работников, ни вообще у кого-либо в Союзе не было. После того как наметились первые контуры будущего проекта, было принято решение привлечь для выполнения дальнейших работ наиболее квалифицированных конструкторов из НИИХиммаша.

Кроме того, было реализовано постановление правительства, дававшее право мобилизовать работников необходимых специальностей из других предприятий и учреждений для проведения проектно-конструкторских и исследовательских работ в «Гидросекторе», а также поручить разработку специфических частей проекта специализированным предприятиям различных министерств и ведомств.

С этой целью были привлечены следующие предприятия и организации:

1. ГСПИ-11 – работы по строительной части, водоснабжению и наружным теплотехническим сооружениям.
2. «Теплоконтроль» Министерства машиностроения и приборостроения для комплексных работ по приборам теплового контроля.
3. СКБ-12 Министерства авиационной промышленности – для проведения комплекса работ по системе управления и защиты (СУЗ) реактора.
4. Заводы Министерства авиационной промышленности – № 65 по изготовлению труб и № 45 по изготовлению литых конструкций из специальных сплавов и заводы по производству электронного оборудования и приборов.

Основные научно-исследовательские работы велись в ЛИП АН (ныне НИЦ «Курчатовский институт») и в «Гидросекторе». Научным руководителем всех работ был академик Игорь Васильевич Курчатов.

Работами, проводимыми «Гидросектором» и привлеченными организациями, непосредственно руководил главный конструктор реактора Николай Антонович Доллежал.

К работам по проекту были подключены крупнейшие специалисты в различных областях науки и техники: И.А. Одинг (ИМАШ), Н.П. Мельников (Проектстальконструкция), А.Н. Фрумкин (Институт физхимии), А.В. Акимов (ВИАМ), В.В. Мишке (ВИГМ), А.С. Абрамов (ОКБ-12 МАП). Страна, перенесшая тяжелейшую войну, не жалела сил и средств на создание своего ядерного щита.

После предварительной проработки конструкции реактора в горизонтальном, наклонном и вертикальном вариантах было решено принять к окончательной разработке в «Гидросекторе» вертикальный вариант, в то время как ГСПИ-11 и ОКБ «Гидропресс» продолжили работу по горизонтальному варианту.

В июне 1946 г. эскизные проекты реактора, разработанные ГСПИ-11, ОКБ «Гидропресс» и «Гидросектором», были представлены на рассмотрение и утверждение специальной комиссии.

Окончательное совещание происходило в 1-м Главном управлении при большом количестве участников работ. После длительного многочасового обсуждения проекта был принят вариант, разработанный «Гидросектором» НИИХиммаша.

Начался новый этап интенсивной работы. Несмотря на то, что утвержденные чертежи были выполнены в объеме эскизного проекта, а экспериментальные работы находились в начальном состоянии, «Гидросектору» было предложено,

в целях экономии времени, разрабатывать рабочие чертежи и одновременно проводить первоочередные исследовательские и экспериментальные работы на стенде и лабораторные испытания материалов по основным узлам реакторов.

На стенде обрабатывались основные узлы реактора, связанные с разработкой механизмов разгрузок, тракта технологических каналов, собственно технологического канала, средств контроля состояния канала и параметров теплоносителя, а также проверки различных вариантов графитовой кладки.

Для проведения научно-исследовательских и экспериментальных работ по реактору «А» в составе 9-го отдела «Гидросектора» была организована лаборатория № 47, заведующим лабораторией был назначен Б.В. Флоринский.

Основным стендом лаборатории стал 16-канальный натурный стенд, о котором рассказано ниже.

Ввиду новизны вопроса, проектные разработки требовали экспериментального подтверждения правильности принятых решений.

В целях выполнения работ в предписанные сроки, было решено все работы, как проектные, так и экспериментальные, проводить одновременно, в связи с чем со всей остротой встал вопрос об организации экспериментально-производственной базы.

Для этого были привлечены к проведению экспериментально-исследовательских работ (коррозионных, сварочных, материаловедческих и др.) специализированные лаборатории НИИХиммаша и максимально использована производственная база Экспериментального завода химического машиностроения (ЭЗХМ), директором которого был одновременно директор НИИХиммаша Н.А. Доллежалъ.

Кроме того, ввиду предельно сжатых сроков выполнения всех работ и невозможности выкроить какое-либо время, необходимое для сооружения специального стенда, в НИИХиммаше был сооружен для проведения научных и экспериментальных работ натурный 16-канальный стенд общей высотой около 30 м, состоящий из 16 графитовых колонн, сложенных из штатных брусков. Для размещения стенда со всем оборудованием была использована лифтовая клетка 5-этажного здания, включая подвальное и чердачное помещения института.

Так как конструкторские работы велись одновременно с исследовательскими, то результаты последних немедленно учитывались конструкторами, что позволило провести все работы в очень сжатые сроки.

Такой порядок работы позволил уже в 1946 г. выдавать чертежи и ТУ заводам-изготовителям. Каждый завод курировали инженеры Спецуправления и Госплана СССР.

Заводы-изготовители отнеслись к выполнению заказов исключительно серьезно, в результате чего основные изделия (сборки) реактора в течение 1947 г. поступали на строительную площадку и в конце 1947 г. начались работы по монтажу самого реактора.

При изготовлении отдельных сборок и узлов реактора по технической документации «Гидросектора» сотрудники последнего оперативно оказывали техническую помощь заводам-изготовителям.

Бригада из наиболее опытных работников, принимавших участие в проектных и конструкторских разработках, была направлена на монтажную площадку на все время монтажных и пусконаладочных работ для оказания технической помощи и решения всех возникающих вопросов на месте.

В бригаду вошли инженеры (по алфавиту): И.И. Алещенков, С.Ф. Баланик, В.В. Вазингер, П.А. Делене, В.В. Рылин; техники: А.В. Федосов, А.А. Чурзина; слесари-механики: В.С. Гаврилов, П.И. Сафронов и руководитель механических работ И.И. Фролов.

Работой бригады руководил непосредственно на месте Главный конструктор реактора Н.А. Доллежалъ.

В июне 1948 г. монтаж реактора был закончен и начались пусконаладочные работы, продолжавшиеся около 4 месяцев, после чего реактор официально был принят в эксплуатацию (по техническим условиям ресурс работы реактора был заложен 3 года при мощности 100 000 кВт, фактическая мощность была доведена до 300 000 кВт).

И снова обратимся к воспоминаниям Николая Антоновича Доллежала:

«Исключительная слаженность многих привлеченных коллективов, деловой характер и высокие темпы проводимых работ, глубокое понимание важности решаемой проблемы были причиной того, что столь новое дело было реализовано в короткий срок и успешно...»

В 1948 г. «Гидросектору» было поручено второе задание: «Разработка конструкции реактора для получения изотопа Т». Аппарату при разработке был присвоен индекс «АИ». Научным руководителем был И.В. Курчатов, главным конструктором Н.А. Доллежалъ. Аппарат был сдан в эксплуатацию в 1951 г.

Третьим большим заданием «Гидросектору» стала разработка реактора «И», основанная на опыте работы на реакторах «А» и «АИ». Прямым назначением аппарата «И» было получение изотопов в промышленном масштабе.

Главным конструктором реактора и руководителем всех работ был Н.А. Доллежалъ, научное руководство осуществляли академик И.В. Курчатов и его заместитель член-корреспондент АН СССР А.П. Александров.

Аппарат «И» был изготовлен, смонтирован, прошел пусконаладочные работы и был сдан в эксплуатацию в 1955 г.

А в начале 1950 г. «Гидросектору» было поручено разработать эскизный проект реактора «АД» по техническим условиям ЛИП АН СССР. Он был предназначен для получения изотопа «П». Его мощность была намного выше мощности реактора «А», поэтому потребовались новые технические решения.

Эскизный проект реактора «АД», разработанный «Гидросектором» при научном руководстве заместителя начальника ЛИП АН СССР члена-корреспондента АН СССР А.П. Александрова, был передан в середине 1950 г. на дальнейшую разработку ОКБ завода № 96 (г. Горький). Этот проект положил начало серии промышленных уран-графитовых реакторов «АД».

В мае 1950 г. «Гидросектор» получил от правительства СССР очередное большое задание – разработать проект опытного реактора «АМ» с использованием энергии для приведения в действие паровой турбины мощностью 5000 кВт. Главным конструктором был назначен Н.А. Доллежалъ, научным руководителем – академик И.В. Курчатов.

Технический проект реактора «АМ» был закончен в первой половине 1951 г. После его утверждения «Гидросектор» приступил к разработке рабочей технической документации, не приостанавливая проведения необходимых исследовательских и экспериментальных работ. С 1952 г. рабочая техническая документация передавалась, по мере готовности, на заводы-изготовители, а еще раньше начались строительные работы на площадке в г. Обнинске.

Успешное завершение разработок по таким объектам, как «А», «АИ», «И» и «АМ», закончившихся изготовлением и вводом их в эксплуатацию, обозначило роль «Гидросектора» как одного из ведущих коллективов по реакторостроению в Советском Союзе, ставшего основой для создания НИИ-8.

В 1952 г. по Постановлению Совета Министров СССР на базе «Гидросектора» создается Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники (НИИ-8, впоследствии НИКИЭТ), директором и научным руководителем которого становится Н.А. Доллежалъ. Институт был призван обеспечить, наряду с продолжением ранее развернутых в НИИхиммаше работ по промышленным и энергетическим реакторам, разработку ядерной энергетической установки для первой отечественной атомной подводной лодки.

Выполняя Постановление Совета Министров СССР от 9 сентября 1952 г. № 4098-1616/оп и дополнение к нему, Министерство машиностроения и приборостроения СССР приказом за № 404/оп от 18/IX-1952 г. и Министерство машиностроения СССР приказом № 70/оп от 27/V-1953 г. определили наиболее актуальные вопросы, касающиеся организации НИИ-8 в отношении помещений, технической помощи, комплектования кадрами, финансирования и др. Приказами было решено:

1. Временно – до постройки специальных помещений – выделить для НИИ-8 необходимую площадь в НИИхиммаше.

2. Из НИИхиммаша в НИИ-8 передать весь личный состав «Гидросектора» в количестве 120 чел. Помимо того, принять меры по доведению численности НИИ-8 до 250 чел. в месячный срок.

3. Обеспечить до создания собственных лабораторий и производственной базы в НИИ-8 внеочередное выполнение в лабораториях НИИхиммаша и на Экспериментальном заводе химического машиностроения (ЭЗХИ) всех заказов НИИ-8.

До 1960 г. НИИ-8 работал в помещениях НИИхиммаша, занимая площадь около 2000 м².

Постановлением Совета Министров СССР от 28 октября 1955 г. за № 1689-996 НИИ-8 был передан из Министерства машиностроения и приборостроения СССР (приказ № СУ-210 от 14/XI-1955 г.) в систему Министерства среднего машиностроения СССР (приказ № 860 от 16/XI-1955 г.) с выделением НИИ-8 для создания постоянной научно-экспериментальной базы помещений и территории арматурного завода им. Маленкова на Красносельской улице. В 1956 г. были начаты работы по реконструкции двух полуразрушенных корпусов арматурного завода и строительству нового корпуса, завершившиеся к 1 января 1961 г. В этом же году НИКИЭТ переехал на свою площадку.

Н.А. Доллежалъ придерживался при создании НИИ-8 уже успешно опробованного им в случае НИИхиммаша принципа построения наиболее эффективного для общества научно-исследовательского и проектно-

конструкторского учреждения, которое бы обеспечивало комплексный подход к процессу, от идеи до внедрения в производство. Это требовало развитой экспериментальной и производственной базы.

Возвращаемся к воспоминаниям самого Николая Антоновича Доллежала:

«...Уже первая работа коллектива «Гидросектора», будущего современного института, позволила понять, из каких научных, исследовательских и инженерных подразделений должен состоять Институт, задачами которого является решение проблем атомной техники. Именно поэтому, когда в 1952 г. была поставлена задача, относящаяся к области транспортной энергетики, коллектив института с этой задачей также справился. Так возник коллектив единственного в своем роде Научно-исследовательского института...»

Опыт работы «Гидросектора» позволил установить ряд основных направлений, в соответствии с которыми формировалась организационная структура Института.

Эти главные направления были следующие:

1. Промышленные реакторы для производства вторичных делящихся материалов.
2. Энергетические реакторы для стационарной ядерной энергетики.
3. Специальные транспортные ядерные установки.
4. Исследовательское реакторостроение:
 - непосредственно исследовательские реакторы;
 - реакторы для хемоядерных (радиационно-химических) технологий;
 - работы по непосредственному превращению атомной энергии в электрическую.

В соответствии со сложившимися направлениями по тематике работ организовывались основные подразделения – объектовые отделы, проводившие проектно-конструкторские разработки по этим направлениям.

2

ТВОРЦЫ ИСТОРИИ НИКИЭТ

2.1. Николай Антонович Доллежалъ – вся жизнь под девизом «Если можешь идти впереди века – иди!»

Рассказывать о жизненном пути выдающегося человека далеко не просто – за перечислением и описанием его свершений важно не упустить, каким же он был сам. О любом человеке принято судить прежде всего по его делам, однако иногда многое в нем становится понятным из его высказываний. Поэтому обратимся вначале к некоторым цитатам из пронзительно ясных воспоминаний Николая Антоновича, оставленных нам в его книгах и дневниках.

«Если можешь, иди впереди века, если не можешь, иди с веком, но никогда не будь позади века», – этот девиз одного из тургеневских героев отец приводил в пример юному Николаю. Вся последующая долгая жизнь Николая Антоновича прошла под знаком этих слов, о чем свидетельствуют его славные дела. Следует отметить, что уже многие годы этому девизу неуклонно следуют все новые и новые поколения «доллежалевцев».

«Мне всегда нравились люди, которые не боятся неизвестного», – сказал он через много лет, отмечая в кругу семьи, нескольких близких знакомых и небольшой группы соратников свое 99-летие. К людям такого сорта, несомненно, принадлежал и сам Николай Антонович, не только не боявшийся неизвестности, но и увлекавший за собой навстречу ей десятки и сотни соратников, ведя их к новым победам.

«...Я не люблю, когда меня называют просто ученым, а не ученым-конструктором, для которого знание основ явлений природы особенно важно. Я – конструктор, инженер, я – создатель материальных ценностей на уровне, который наиболее подходит для потребностей человечества...» – отмечает он, подчеркивая неразрывную связь между трудом ученого и конструктора, приносящую реальную пользу обществу. Не случайно Николай Антонович назвал свое главное детище «Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники». По той же причине его биография начинается именно с выражения «ученый-конструктор».

Выдающийся ученый-конструктор Н.А. Доллежалъ навсегда вошел в историю реакторостроения как создатель целого ряда уникальных реакторных установок. Н.А. Доллежалъ – Главный конструктор первых советских промышленных реакторов, ставших основой создания ядерного щита страны. Первая в мире атомная электростанция, ядерная энергоустановка для первой отечественной атомной подводной лодки, реакторы с перегревом пара, импульсный реактор для



программы создания ядерных ракетных двигателей, каналные уран-графитовые реакторы большой мощности, большое число исследовательских реакторов – это далеко не полный перечень того, что сделано замечательным конструктором Н.А. Доллежалем и коллективами, которые он возглавлял. Конструктор Н.А. Доллежалъ – человек, который всегда умел совершать неожиданные шаги в неизвестное.

Николай Антонович родился 27 октября 1899 г. в семье земского инженера в селе Омельник Екатеринославской губернии (ныне Запорожская область). По окончании Подольского реального училища в 1917 г. Н.А. Доллежалъ поступает в Московское высшее техническое училище на механическое отделение, которое заканчивает в 1923 г., получив специальность инженера-механика.

Свою карьеру инженер Н.А. Доллежалъ начинает с разработки теплового оборудования для восстанавливающихся фабрик и заводов, позднее работает в различных организациях химической промышленности. В предвоенные годы Н.А. Доллежалъ – технический директор Ленинградского института азотного машиностроения, затем – главный инженер завода «Большевик» в Киеве; занимает руководящие должности в Наркомате тяжелой промышленности. С началом Великой Отечественной войны Николай Антонович направляется в Свердловск в качестве главного инженера строящегося завода «Уралхиммаш».

И вновь в жизни Н.А. Доллежала происходит поворот: он назначается в 1943 г. главным инженером НИИ химического машиностроения (НИИхиммаш) – института, который еще предстоит создать. Сначала этот институт предполагалось разместить там же, на «Уралхиммаше», но уже в начале 1943 г. решение пересматривается в пользу Москвы, где институту предоставляется ряд помещений, в их числе небольшой завод с довосным названием «Арматура» (недалеко от Савеловского вокзала), выпускавший уже в военные годы взрыватели для снарядов.

Уже в Москве Н.А. Доллежала назначают в 1943 г. научным руководителем и директором НИИхиммаша. Наступает время реализации давних задумок и наблюдений, многолетних размышлений о принципах и структуре построения наиболее эффективного для общества научного учреждения, которое бы включало все этапы единого процесса: идею – эксперимент – научное осмысление – конструирование – создание опытного образца – внедрение в производство. Другими словами, институт должен быть комплексным: научно-исследовательским и проектно-конструкторским с развитыми экспериментальной и производственной базами. Предложения были поддержаны «наверху» несмотря на то, что прецедентов в других отраслях в то время в стране не было, и начали осуществляться.

Успешная реализация идеи создания комплексного института, знания и опыт сотрудников НИИхиммаша, умение решать нестандартные инженерные задачи и способность к работе в экстремальных условиях – вот, очевидно, причины того, что после встречи с академиком Игорем Васильевичем Курчатовым в январе 1946 г. Николай Антонович и возглавляемый им коллектив привлекаются к работам по созданию атомного оружия. Для этой цели в составе НИИхиммаш правительственным постановлением был организован секретный «Гидросектор» с подчинением непосредственно Н.А. Доллежалю.

Ему же надлежало сформировать НИИ-8 (впоследствии НИКИЭТ). За основу вновь (как и при создании НИИХиммаша) была взята оправдавшая себя идея комплексности института, дававшая возможность не только конструировать совершенно новую для страны технику, но и обосновывать конструкторские решения расчетами, исследованиями, обработкой изготовленных у себя образцов будущих изделий. Первоначально небольшой коллектив института состоял в основном из сотрудников «Гидросектора», затем начал пополняться высококвалифицированными научными работниками и инженерами других организаций, многие из которых возглавили потом специализированные подразделения института. Осознавая, что реакторная техника – это надолго, Н.А. Доллежалов организовал в начале 1950-х гг. отбор и направление в институт большого числа выпускников московских вузов – МИФИ, МВТУ, МИХМ, МЭИ и др. Спустя годы из этих молодых специалистов выросли руководители конструкторских (по различным объектам) и других отделов, лабораторий, групп. На посту директора НИКИЭТ Николай Антонович проработал 34 года.

В течение нескольких десятилетий, прошедших после исторической встречи с Игорем Васильевичем Курчатовым в январе 1946 г., Николай Антонович непосредственно разрабатывал как главный конструктор ядерные установки различного назначения, навсегда вошедшие в историю отечественного и мирового реакторостроения. В своих воспоминаниях Николай Антонович, так много успевший сделать до 1946 г., называет эти установки главным делом своей жизни.

В далеко не полный перечень установок, разработанных под руководством Н.А. Доллежала коллективами «Гидросектора» и НИИ-8 (впоследствии НИКИЭТ) в тесной кооперации с другими институтами и предприятиями, входят:

- первый советский промышленный реактор «А», на котором нарабатывали плутоний для первой советской атомной бомбы;
- промышленный реактор «АИ», продукция которого позволила нашей стране первой продемонстрировать мощь термоядерного взрыва;
- реактор первой в мире опытно-промышленной АЭС, разработка которой была инициирована И.В. Курчатовым и горячо поддержана Н.А. Доллежалом в 1949 г., вскоре после первого испытания отечественной атомной бомбы;
- ядерная энергетическая установка для первой советской атомной подводной лодки;
- ядерная энергетическая установка В-5 для первой в мире подводной лодки с корпусом из титановых сплавов, до сих пор остающейся мировым рекордсменом по скорости подводного хода;
- уран-графитовые каналные реакторы РБМК-1000 и РБМК-1500 (надолго остававшиеся самыми мощными в мире) мощностью 1000 и 1500 МВт, ставшие одной из двух основных опор ядерной энергетики СССР;
- исследовательский импульсный реактор ИГР для программы создания ядерных ракетных двигателей, который по величине интегрального потока за импульс почти в 20 раз превосходил сходный (но только по назначению) американский реактор TREAT при тех же габаритах и существенно меньшей загрузке урана;

- исследовательский реактор СМ-2 для проведения глубоких физических исследований и получения трансурановых элементов, ставший мировым рекордсменом по нейтронному потоку (до $5 \cdot 10^{15}$ 1/см²·с) для своего времени;
- импульсный реактор периодического действия ИБР-2 с механическим регулятором реактивности, могущим вращаться со скоростью до 3000 об./мин;
- исследовательский реактор ИВГ-1 – по существу, наземный прототип реактора для ядерного ракетного двигателя.

Только за период с 1946 по 1970 гг. по проектам главного конструктора Н.А. Доллежаль было введено в эксплуатацию 24 реактора, причем некоторые из них стали прототипами для серийных изделий. Это реакторы следующих типов: «А», ИРТ-1000, ВМ-А, ЭИ-2.

Забываясь о будущем реакторостроения, Н.А. Доллежаль в начале 1960-х гг. создал кафедру ядерных энергоустановок в МВТУ им. Н.Э.Баумана, которой руководил около 25 лет, обеспечивая сочетание учебного процесса подготовки конструкторов с выполнением интересных и полезных исследований и разработок. Не менее значимы его работа в Академии наук СССР, действительным членом которой он стал в 1962 г., пробыв до этого девять лет членом-корреспондентом, его публицистическая деятельность и работа в обществе «Знание», в Высшей аттестационной комиссии.

Выдающийся вклад Н.А. Доллежаль в становление и развитие отечественной атомной энергетики по достоинству отмечен Родиной. Он дважды Герой Социалистического Труда, награжден шестью орденами Ленина, орденами Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, Октябрьской Революции, лауреат Ленинской и пяти Государственных премий СССР. Последними его прижизненными наградами стали орден «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени (1999 г.) и «Золотая медаль им. И.В. Курчатова» Российской академии наук (2000 г.), которая ему была особенно дорога и желанна, так как Игорь Васильевич Курчатов был одним из самых уважаемых и близких ему людей.

Старейшина российских академиков Н.А. Доллежаль до последних дней продолжал жить заботами созданного им НИКИЭТ, щедро делясь бесценным опытом с преемниками и активно участвуя в решении тех вопросов, которые ставят сегодня перед атомщиками развивающиеся наука и техника.

2.2. Первопроходцы – исходное ядро коллектива НИКИЭТ

«Гидросектору» при его организации была поставлена основная и единственная задача – создать конструкцию первого в СССР промышленного атомного реактора. Директор НИИхиммаша, он же начальник «Гидросектора», Н.А. Доллежаль, учитывая исключительно важное значение для Советского Союза успешного выполнения задания в намеченные постановлением правительства чрезвычайно жесткие сроки, немедленно организовал группу из ведущих работников различных отделов НИИхиммаша с большим инженерным опытом.

В группу вошли: П.А. Деленс, В.В. Рылин, М.Н. Сергеев – конструкторы, В.В. Вазингер – специалист по приборам и Б.В. Флоринский – экспериментатор.

Около этого основного ядра в дальнейшем сформировался большой коллектив конструкторов и исследователей.

В бригаду, сопровождавшую монтаж и пусконаладочные работы на площадке реактора «А», вошли инженеры (по алфавиту): И.И. Алещенков, С.Ф. Баланик, В.В. Вазингер, П.А. Деленс, В.В. Рылин; техники: А.В. Федосов, А.А. Чурзина; слесари-механики: В.С. Гаврилов, П.И. Сафронов и руководитель механических работ И.И. Фролов. Работой бригады руководил непосредственно на месте Главный конструктор реактора Н.А. Доллежалъ.

Как и следовало ожидать, зная последовательную натуру Н.А. Доллежала, при создании нового института – НИИ-8 – он перевел из НИИхиммаша практически всех ключевых специалистов, участвовавших в реакторных проектах «Гидросектора».

Список личного состава «Гидросектора», принятого в НИИ-8 путем перевода по приказу директора НИИ-8 Н.А. Доллежала № 9 от 15 июля 1953 г., представлен в нижеследующей таблице.

Сотрудники «Гидросектора» НИИхиммаша, переведенные в НИИ-8

№ п/п	Ф.И.О.	Должность
1	АКСЕНОВА В.Н.	старший инженер
2	АЛЕЩЕНКОВ П.И.	начальник отдела
3	АСТАХОВ А.Е.	техник
4	АХАПКИНА К.А.	курьер
5	БАБИЧЕВ Н.Д.	шофер
6	БАЛАНИК С.Ф.	зам. начальника отдела
7	БАСОВ Ф.М.	слесарь-механик
8	БЕЛОВ И.Л.	слесарь-механик
9	БОЗИНА А.В.	инженер-экономист
10	БУТАКОВ П.И.	руководитель группы
11	БУЗАНОВА А.П.	уборщица
12	БУЛАНКОВ Ю.Б.	инженер-конструктор
13	БУЛКИН М.М.	и.о. старшего инженера
14	БУЛКИН Ю.М.	инженер-конструктор
15	ВАЗИНГЕР В.В.	зам. начальника отдела
16	ВЕСЕЛКИН А.П.	инженер
17	ВЛАДИМИРСКАЯ А.Г.	и.о. инженера-конструктора
18	ГАВРИЛОВ В.С.	слесарь-механик
19	ГАЛКИНА Н.Е.	копировщица
20	ГОЛОВАЧЕВА М.П.	инженер-конструктор
21	ГОРШКОВ С.И.	инженер-конструктор
22	ГРАНКОВ А.П.	старший инженер
23	ГРЕБЕННИКОВ Р.В.	старший инженер

24	ГРЕЧКО Г.И.	инженер-конструктор
25	ГУСЕВА З.А.	старший техник
26	ДЕЛЕНС П.А.	начальник отдела
27	ДЕМИДОВ В.В.	инженер
28	ДЕМУХ В.П.	и.о. инженера-конструктора
29	ДЕНИСОВ С.В.	и.о. инженера
30	ДЖАРМЕЛИШВИЛИ Н.А.	копировщица
31	ЕРОФЕЕВА З.Д.	копировщица
32	ЖАРКОВА З.В.	и.о. техника-конструктора
33	ЖЕЛУДОВ Е.Н.	слесарь-механик
34	ЖЕМЧУЖНИКОВ Г.Н.	инженер-конструктор
35	ЖИРНОВ А.Д.	инженер
36	ЗАЙЦЕВА В.И.	уборщица
37	ЗАХАРОВА К.И.	машинистка
38	ЗУБАНОВ Ф.Г.	токарь
39	ЗУЕВА Г.К.	уборщица
40	ИВАНОВ В.И.	старший техник
41	ИКОННИКОВ Е.И.	инженер-конструктор
42	КАТОМИНА Л.Н.	заведующая техническим архивом
43	КАЦ Б.Е.	слесарь-механик
44	КИСЕЛЕВ Л.К.	инженер-конструктор
45	КНЯЗЕВА Г.Д.	старший инженер
46	КОЖБАКОВ М.М.	и.о. инженера-конструктора
47	КОЗЛОВА Н.В.	бухгалтер
48	КОРЯГИНА А.А.	старший архивариус
49	КОРЯКИН Ю.И.	инженер
50	КРАВЧЕНКО Д.Ф.	инженер-конструктор
51	КРАЛЬЦОВ А.К.	техник
52	КРЫЛОВА В.И.	старший инженер
53	КРЫМОВА В.А.	старшая копировщица
54	КУЗЬМИН А.С.	слесарь
55	ЛЕОНОВА Л.А.	инспектор
56	ЛОЛЕНКО Н.А.	инспектор
57	ЛУГОВОЙ М.М.	шофер
58	ЛУНИНА Л.И.	инженер
59	ЛЮБИМОВ В.А.	шофер
60	МАКСЮКОВ С.А.	старший инженер
61	МАЛИЦКИЙ Н.Н.	руководитель группы

62	МАРКОВА Р.М.	старший секретарь-машинистка
63	МАТЮХИНА А.И.	инспектор 1-го отдела и зам. начальника отдела
64	МАТЮШИН С.Н.	слесарь-механик
65	МЕЛЬНИКОВА А.П.	кассир-инкассатор
66	МИТЯЕВ Ю.И.	инженер
67	МИХАЙЛОВСКИЙ А.Ф.	начальник ремонтной мастерской
68	МОИСЕЕВА М.С.	инженер
69	МОССАЛЬСКИЙ В.Н.	электромеханик
70	НЕХОРОШЕВ П.М.	инженер
71	ОСИПОВА К.А.	инженер-конструктор
72	ПАВЛОВ М.Г.	электромеханик
73	ПАПКОВСКИЙ Б.Н.	старший инженер
74	ПЕРЕМЫШЦЕВ В.Д.	начальник планово-производственного отдела
75	ПЕТРОВ В.А.	старший техник
76	ПЛАСТОВСКИЙ С.А.	инженер
77	ПОЛЕТАЕВ М.Г.	электромеханик
78	ПОЛЕТАЕВА Н.Г.	начальник 1-го отдела
79	ПОПОВ Д.Н.	заведующий лабораторией
80	ПРОВОЛОВИЧ А.А.	старший инженер
81	РОМАНОВА В.И.	копировщица
82	РЫЛИН В.В.	руководитель группы
83	САДОВСКИЙ И.И.	и.о. инженера-конструктора
84	САМСОНОВ В.В.	начальник отдела снабжения
85	САФРОНОВ П.И.	слесарь-механик
86	СЕРЕДНЯКОВА А.Г.	инспектор
87	СМИРНОВ К.Д.	заведующий экспедицией
88	СМОЛИН В.Н.	инженер
89	СОТНИКОВА Г.А.	курьер
90	СОТСКАЯ Н.В.	копировщица
91	СУХОДАЕВА В.Ф.	и.о. техника
92	ТРОИЦКАЯ З.А.	экономист
93	ТРЯКИН В.М.	старший инженер
94	ТУРКИНА Л.Н.	инженер
95	УСАКОВА Л.А.	и.о. техника
96	ФЕДОРОВА К.В.	и.о. техника
97	ФЕДОСОВ А.В.	и.о. инженера-конструктора
98	ФИРСИКОВА Н.Г.	и.о. техника
99	ФЛОРИНСКИЙ Б.В.	заведующий лабораторией

100	ФРОЛОВ П.И.	токарь
101	ЦИБИРЕВА Н.Н.	корректор
102	ЦЫВА А.К.	лаборантка
103	ЧЕРНЫШЕВ В.В.	и.о. старшего научного сотрудника
104	ЧУПАХИНА А.В.	препаратор
105	ЧУРЗИНА А.А.	и.о. инженера-конструктора
106	ШАБАНОВ Ю.Н.	и.о. старшего техника
107	ШАПАРОВСКАЯ З.А.	старший инженер
108	ШАЦИЛЮ В.Г.	инженер-конструктор
109	ЮХИМЕНКО И.О.	старший мастер

2.3. Руководители института



НИКОЛАЙ АНТОНОВИЧ ДОЛЛЕЖАЛЬ
(1899–2000)

Основатель и директор НИИ-8 (НИКИЭТ), возглавлял Институт с 1952 по 1986 гг. Один из основоположников новой отрасли науки и техники, связанной с практическим использованием атомной энергии. Академик АН СССР и РАН. Дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и пяти Государственных премий СССР. Награжден шестью орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды и «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени, многими медалями СССР и «Золотой медалью имени И.В. Курчатова» РАН. Возглавлял созданную им кафедру «Энергетические машины и установки» («Ядерные реакторы и установки») в МВТУ им. Н.Э. Баумана.



ЕВГЕНИЙ ОЛЕГОВИЧ АДАМОВ
(1939)

Возглавлял ГУП «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежала (НИКИЭТ)» с 1986 по 1998 гг. В 1988 г. назначен Генеральным конструктором. Министр по атомной энергии Российской Федерации с 1998 по 2001 гг. С 1998 г. по настоящее время научный руководитель НИКИЭТ. Доктор технических наук, профессор. Действительный член Российской академии инженерных наук. Заслуженный деятель науки и техники РФ. Награжден орденом «Знак Почета», многими медалями, почетными знаками «Академик И.В. Курчатов», «Академик Н.А. Доллежал».

БОРИС АРСЕНТЬЕВИЧ ГАБАРАЕВ (1947)



Генеральный директор ФГУП «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежаль (НИКИЭТ)» в 1998–2009 гг. Заслуженный энергетик РФ. Доктор технических наук, профессор. Награжден медалью “В честь 850-летия Москвы”, почетными знаками «Академик И.В. Курчатов», «Академик Н.А. Доллежаль».

ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ ДРАГУНОВ (1942)



Директор – Генеральный конструктор ОАО «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежаль» (ОАО «НИКИЭТ») с 2009 г. по настоящее время. Лауреат премии Совета Министров СССР. Член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор. Заслуженный конструктор РФ. Награжден орденом Почета, многими медалями, почетными знаками «Академик И.В. Курчатов», «Академик Н.А. Доллежаль». Почетный гражданин Московской области и г. Подольска. Заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана «Ядерные реакторы и установки».

2.4. Руководители направлений

Ядерные паропроизводящие установки для ВМФ

ДЕЛЕНС ПАВЕЛ АНТОНОВИЧ



Возглавлял направление работ с 1957 по 1983 гг. в должности заместителя директора института. В этот же период курировал НИОКР. Один из создателей ядерной паропроизводящей установки для первой советской атомной подводной лодки от момента поисковых работ до сдачи ее в эксплуатацию. Лауреат Ленинской и двух Государственных премий СССР. Доктор технических наук. Награжден двумя орденами Ленина и многими медалями.



УЛАСЕВИЧ ВЛАДИЛЕН КОНДРАТЬЕВИЧ

Возглавлял направление работ с 1984 по 1996 гг. в должности заместителя директора - главного конструктора транспортных ядерных энергетических установок. В период 1965-1966 гг. возглавлял также разработку космических ядерных энергетических установок. Один из создателей ядерной паропроизводящей установки для первой отечественной атомной подводной лодки. Лауреат Государственной премии СССР. Кандидат технических наук. Награжден орденом «Знак Почета», пятью медалями и почетным знаком «Академик Н.А. Доллежалъ».



ШИШКИН ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ

Возглавлял направление работ с 1996 по 2012 гг. в должности главного конструктора по транспортным установкам (1996–2006 гг.), первого заместителя Директора – Генерального конструктора, главного конструктора по транспортным энергетическим установкам. Один из основных участников создания ядерной паропроизводящей установки для самой скоростной в мире советской атомной подводной лодки. Лауреат Государственной премии РФ. Заслуженный конструктор РФ. Доктор технических наук. Награжден орденом «Знак Почета», многочисленными медалями, почетными знаками «Академик Н.А. Доллежалъ», «Е.П. Славский».



УРЫВСКИЙ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ

Возглавляет направление с апреля 2012 г. в должности заместителя директора – Генерального конструктора. Известный специалист в области ядерных энергетических установок и подводных лодок. Лауреат премии Правительства Российской Федерации. Награжден орденами «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР» III степени, Красной Звезды, Мужества, Почёта, многими медалями, почетными знаками «Академик И.В. Курчатов», «Академик Н.А. Доллежалъ».

■ Канальные энергетические реакторные установки

ЧЕРКАШОВ ЮРИЙ МИХАЙЛОВИЧ



Возглавлял направление работ с 1976 по 2006 гг. в должности заместителя директора института по научной работе - главного конструктора энергетических канальных реакторных установок, также возглавлял направление промышленных и исследовательских реакторов. Один из руководителей и организаторов развития канального направления реакторостроения в атомной энергетике СССР и России. Лауреат Государственной премии СССР и премии Правительства РФ. Заслуженный конструктор РФ. Участник ликвидации последствий Чернобыльской аварии. Награжден орденами «Знак Почета», Трудового Красного Знамени, многими медалями, почетным знаком «Академик Н.А. Доллежал».

ПЕТРОВ АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ



Возглавляет направление работ с 2006 г. по настоящее время в должности главного конструктора энергетических канальных реакторных установок. Заслуженный конструктор РФ. Участник ликвидации последствий Чернобыльской аварии. Награжден орденом «Знак Почета» и медалью «За спасение погибавших», почетным знаком «Академик Н.А. Доллежал».

■ Исследовательские и изотопные реакторы

БУЛКИН ЮРИЙ МИХАЙЛОВИЧ



Возглавлял направление в 1966–1986 гг. в должности начальника сектора – заместителя директора НИКИЭТ (1966–1976 гг.) и начальника отдела (1976–1986 гг.). В период 1966–1976 также курировал направление канальных энергетических реакторов.

Один из создателей ядерной паропроизводящей установки для первой отечественной атомной подводной лодки. С 1957 г. приступил к созданию ядерных реакторов некорабельного назначения. Лауреат Ленинской и Государственной премий СССР. Награжден Орденами Ленина, Трудового Красного Знамени и многими медалями.

ХМЕЛЬЩИКОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ

Возглавлял направление в 1986–2010 гг. в должности начальника отдела (1986–2006 гг.) и главного конструктора исследовательских и изотопных реакторов (2006–2010 гг.). Главный конструктор промышленного ядерного реактора, одного из основных производителей изотопов различного назначения. Лауреат Государственной премии СССР. Кандидат технических наук. Награжден медалью «За доблестный труд», почётными знаками «Академик И.В. Курчатов» и «Академик Н.А. Доллежалъ» и знаком «Ветеран труда атомной энергетики и промышленности».

ТРЕТЬЯКОВ ИГОРЬ ТОВИЕВИЧ

Возглавляет направление с 2010 г. по настоящее время в должности главного конструктора исследовательских и изотопных реакторов. Главный конструктор исследовательских и изотопных реакторов руководит конструкторскими работами в обеспечение пуска высокопоточного реактора ПИК, возглавляет разработку многоцелевого быстрого исследовательского реактора (МБИР). Награжден почётными знаками «Академик И.В. Курчатов» 4 степени и «Академик Н.А. Доллежалъ».

■ Космические ядерные энергетические установки

СМЕТАННИКОВ ВЛАДИМИР ПЕТРОВИЧ

Возглавлял направление в 1997–2012 гг. в должности главного конструктора космических ядерных установок. Лауреат премии Российской Федерации за создание новой техники (2002 г.) и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2010 г. Заслуженный конструктор РФ, доктор технических наук. Награжден медалями «В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина», «В память 850-летия Москвы», «65 лет атомной промышленности России», почётными знаками «Академик И.В. Курчатов» I-й степени и «Академик Н.А. Доллежалъ», знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности» и Почетной грамотой CERN за вклад в создание Детектора CMS Большого Адронного коллайдера (БАК).

Перспективные разработки для крупномасштабной энергетики**АДАМОВ ЕВГЕНИЙ ОЛЕГОВИЧ**

Возглавляет направление с 1988 г. по настоящее время в должности научного руководителя института.

**ОРЛОВ ВИКТОР ВЛАДИМИРОВИЧ**

С 1988 по 2012 г. работал в должности научного руководителя перспективных разработок. Лауреат Ленинской и Государственной премий. Заслуженный деятель науки РФ. Доктор физико-математических наук, профессор. Академик Российской академии естественных наук. Президент Ядерного общества СССР в 1990-1991 гг. Награжден орденами «Знак Почёта», «Трудового Красного Знамени», медалями «За трудовое отличие», «За доблестный труд» и др., а также почётными знаками «Академик И.В.Курчатов» и «Академик Н.А. Доллежалъ».

**ФИЛИН АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ**

Возглавлял направление в 1990–2008 гг. в должности главного конструктора реакторной установки БРЕСТ. Выпускник МВТУ имени Н.Э. Баумана. Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», почётным знаком «Академик Н.А. Доллежалъ» и знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности».

**ЛЕОНОВ ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ**

Возглавлял направление в 2009–2010 гг. в должности главного конструктора реакторной установки БРЕСТ. Выпускник МВТУ имени Н.Э. Баумана. Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», почётным знаком «Академик Н.А. Доллежалъ» и знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности».



ЛЕМЕХОВ ВАДИМ ВЛАДИМИРОВИЧ

Возглавляет направление с 2010 г. по настоящее время в должности главного конструктора реакторной установки БРЕСТ. Выпускник МГТУ имени Н.Э. Баумана. Руководит работами в НИКИЭТ по реакторной установке БРЕСТ, координирует работы кооперации предприятий, участвующих в разработке этой установки. Ранее принимал активное участие в работах НИКИЭТ по тематике исследовательских и изотопных реакторов.

Международный проект ИТЭР



СТРЕБКОВ ЮРИЙ СЕРГЕЕВИЧ

Возглавляет направление с 1987 г. по настоящее время в должности главного конструктора по ядерно-физическим системам ИТЭР (в 1987-2010 гг. начальник отдела, с 2010 г. заместитель директора - Генерального конструктора по гражданским объектам). Руководит в НИКИЭТ разработками бланкетов термоядерных реакторов как для национальных, так и международных проектов (ОТР, ИТЭР, ДЕМО). Является ветераном труда НИКИЭТ. Награжден медалями «В память 850-летия Москвы», «65 лет атомной отрасли России» и «Ветеран атомной энергетики и промышленности» и почётными знаками «Академик И.В. Курчатов» 4 степени и «Академик Н.А. Доллежалъ».

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы



ЕМЕЛЬЯНОВ ИВАН ЯКОВЛЕВИЧ

Возглавлял направление в 1954–1957 гг. в должности заместителя директора института и в 1965–1986 гг. в должности первого заместителя директора - главного конструктора. В период 1957–1965 гг. также курировал производство в должности главного инженера института. Внёс большой вклад в создание проекта, строительство и эксплуатацию первой в мире АЭС. Руководил проектированием систем регулирования и управления

реакторными установками, которые создавались в институте.

В МВТУ им. Н.Э. Баумана основал кафедру по автоматическому управлению стационарных и транспортных энергетических установок. Лауреат Ленинской премии и трижды лауреат Государственной (Сталинской) премии СССР. Доктор технических наук. Член-корреспондент АН СССР. Награжден за боевые заслуги и трудовые достижения многими орденами и медалями СССР.



БАТУРОВ БОРИС БОРИСОВИЧ

Возглавлял направление в 1970–1978 гг. в должности заместителя директора института. Выпускник МИФИ. Кандидат технических наук. Руководил работами по расчётно-экспериментальному обеспечению проектов НИКИЭТ.

Награжден орденом Трудового Красного Знамени и орденом «Знак Почета».



АДЕН ВЛАДИМИР ГЕННАДЬЕВИЧ

Возглавлял направление в 1978–2007 гг. в должности заместителя директора института (1978–1997 гг.), директора отделения (1997–1999 гг.) и директора института по НИОКР (1999–2007 гг.). Кандидат технических наук. Лауреат Государственной премии СССР. Руководил работами по совершенствованию конструкций тепловыделяющих элементов технологических (топливных) каналов активных зон, тепловыделяющих сборок и рабочих органов управления реактивностью, по обеспечению теплотехнической надежности и повышению ресурса активных зон ядерных реакторов. Участник ликвидации последствий Чернобыльской аварии. Автор многих изобретений. Является ветераном труда НИКИЭТ. Награжден орденом Почета, медалями «Ветеран труда» и «300 лет Российскому флоту», почётными знаками «Академик И.В. Курчатов» 2-й степени, «Е.П. Славский-100 лет» и «Академик Н.А. Доллежалъ», знаком «50 лет атомной отрасли» и серебряной медалью ВДНХ СССР.

ЧЕРЕПНИН ЮРИЙ СЕМЕНОВИЧ

Возглавлял направление в 2007–2010 гг. в должности директора института по НИОКР. Заслуженный работник атомной отрасли Казахстана, член-корреспондент ИАН Казахстана. Доктор технических наук. Награжден казахстанским орденом Почета «Курмет», почётными знаками «Академик Курчатов», «Академик Н.А. Доллежалъ», «Ветеран труда» и «За участие в развитии Томского Политехнического Университета».

ЛОПАТКИН АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ

Возглавляет направление с 2010 г. по настоящее время в должности заместителя директора – Генерального конструктора по НИОКР. Кандидат технических наук. Руководитель комплекса расчетных обоснований следующих проектов института. Главный конструктор Проекта «Новая технологическая платформа», разрабатываемого в рамках ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 годов и на перспективу до 2020 года». Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», почётными знаками «Академик И.В. Курчатов» и «Академик Н.А. Доллежалъ» и знаком «65 лет атомной отрасли России».

Прочность, материаловедение и коррозия**ШАТСКАЯ ОЛЬГА АНАТОЛЬЕВНА**

Возглавляла направление в 1956–1987 гг. в должности начальника отдела. Лауреат Ленинской премии, лауреат премии Совета Министров СССР. Доктор технических наук. Принимала непосредственное участие в создании ЯППУ для первой советской ПЛА, блочной ЯППУ для самой скоростной в мире ПЛА, моноблочной ЯППУ для других ПЛА ВМФ. Участник внедрения корпусной теплоустойчивой стали на ПЛА. Награждена орденом Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и медалями СССР.



БУГАЕНКО СЕРГЕЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

Возглавлял направление в 1987–1994 гг. в должности директора отделения. Выпускник МВТУ имени Н.Э. Баумана. Второе высшее образование МГУ. Доктор технических наук. Награжден медалями «В память 850-летия Москвы» и «Ветеран труда» и знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности».



ЕВРОПИН СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

Возглавляет направление с 1994 г. по настоящее время в должности директора отделения. Выпускник МИФИ. Кандидат технических наук. Награжден почётным знаком «Академик Н.А. Доллежалъ» и знаками «За заслуги перед атомной отраслью» 3-й степени и «Столетие подводных сил».

Автоматизация реакторных установок



МИХАЙЛОВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ

Возглавляет направление с 1987 г. по настоящее время в должности директора отделения (1987-2010 гг.) и заместителя директора – Генерального конструктора по автоматизации (с 2010 г.). Выпускник МИФИ. Заслуженный энергетик РФ. Награжден орденом Дружбы народов, медалью «В память 850-летия Москвы», серебряной медалью ВДНХ СССР, почётными знаками «Академик Н.А. Доллежалъ», «Е.П.Славский» и «Академик И.В.Курчатов» 3-й степени.

Производство



СЕРГЕЕВ МИХАИЛ ПЕТРОВИЧ

Возглавлял производство в 1953–1965 гг. в должности заместителя директора института по производственной части. Лауреат Сталинской премии. Награждён тремя орденами Трудового Красного Знамени и орденом «Знак Почёта».



ГУСЕВ ВАСИЛИЙ ФЕДОРОВИЧ

Возглавлял производство в 1957–1976 гг. в должности начальника отдела, затем заместителя директора института. Кандидат технических наук. Участник Гражданской войны 1918–1920 гг. Награжден тремя орденами Ленина (1949, 1956, 1959 гг.), двумя орденами Трудового Красного Знамени (1937, 1954 гг.), орденом «Знак Почёта» (1945 г.) и четырьмя медалями СССР.



МАСЛОВ ГЕОРГИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

Возглавлял производство в 1965–1984 гг. в должности заместителя директора – главного инженера института. В период 1962–1965 гг. курировал также общие вопросы. Заместитель председателя Государственного комитета СССР по надзору за безопасным ведением работ в атомной энергетике в 1984–1991 гг. Участвовал в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Награжден орденом Октябрьской Революции, орденом Трудового Красного Знамени, медалями СССР и почётным знаком «Академик Н.А. Доллежал».



УТКИН ОЛЕГ ИВАНОВИЧ

Возглавлял производство в 1984–1988 гг. в должности главного инженера института. Награжден юбилейной медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И.Ленина» и медалью «Ветеран труда».

АЛЯВДИН ГЕННАДИЙ РУФОВИЧ

Возглавлял производство в 1976–1989 гг. в должности заместителя директора института по производству. Награжден орденами «Знак Почета» (1963 г. и 1971 г.), медалями «За доблестный опыт труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И.Ленина», «300 лет Российскому Флоту», «В память 850-летия Москвы» и «Ветеран труда».

ГРИГОРЬЕВ АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Возглавлял производство в 1988–1998 гг. в должности главного инженера института.

ФАКЕЕВ ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ

Возглавляет производство с 1998 г. по настоящее время в должности главного инженера. Внёс большой вклад в развитие производства, активно участвовал в конверсионных разработках.

Награжден медалями «50 лет атомному подводному флоту России», «В память 850-летия Москвы», «Столетие подводных сил» и «Ветеран труда», почётными знаками «Академик Н.А. Доллежалъ» и «Академик И.В. Курчатов» 3 степени.

Вычислительная техника и информационные технологии**СТАРОСТИН ЕВГЕНИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ**

Возглавлял направление в 1968–1992 гг. в должности начальника отдела (1968–1988 гг.) и директора отделения (1988–1992 гг.). Выпускник МИФИ. Кандидат технических наук. Награжден двумя орденами Трудового Красного знамени (1977 г. и 1986 г.) и медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И.Ленина», «В память 850-летия Москвы» и «Ветеран труда».

**ЯКОВЛЕВ НИКОЛАЙ ЕГОРОВИЧ**

Возглавлял направление в 1992–1999 гг. в должности директора отделения. Руководил в рамках международной программы TACIS реализацией совместно с английскими фирмами Nuclear Electric и Marhex двух проектов для Ленинградской атомной электростанции: «Общестанционная компьютерная сеть Ленинградской АЭС» и «Центр технической поддержки для Ленинградской АЭС в НИКИЭТ».

**СЫЗРАНОВ ВЯЧЕСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ**

Возглавлял направление в 1999–2000 гг. в должности директора отделения.

**САЗОНОВ НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

Возглавлял направление в 2000–2010 гг. в должности директора отделения. Выпускник МИФИ. Награжден почётными знаками «Академик И.В. Курчатов» 4-й степени и «Академик Н.А. Доллежалъ», медалью «В память 850-летия Москвы» и знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности».

**ЕМЕЛЬЯНОВ ВЛАДИМИР СТЕПАНОВИЧ**

Возглавлял направление в 2004–2011 гг. в должности директора по информации и информационным технологиям (2004–2010 гг.) и исполняющего обязанности заместителя директора по стратегическому развитию (2010–2011 гг.). Выпускник МИФИ. Кандидат технических наук. Награжден почётным знаком «Академик И.В. Курчатов» 4-й степени и знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности».

**РУХЛОВ ОЛЕГ МИХАЙЛОВИЧ**

Возглавляет направление с 2011 г. по настоящее время. Выпускник Московского института экономики, менеджмента и права.

 Управление персоналом**ШЕЛЕНКОВ АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ**

Возглавлял направление в 1953–1967 гг. в должности помощника директора по кадрам.

**СИБИРЯКОВА ЛИДИЯ ПЕТРОВНА**

Возглавляла направление в 1967–1981 гг. в должности помощника директора по кадрам (1967–1975 гг.) и заместителя директора (1975–1981 гг.). Награждена орденом «Знак Почёта», медалями «За трудовую доблесть» и «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина».

**ЕРШОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ**

Возглавлял направление в 1981–2009 гг. в должности заместителя директора (1981-1997 гг.) и первого заместителя директора (1997-2009 гг.). В период 1990-1996 гг. также курировал экономику и финансы. Награжден орденом Трудового Красного Знамени, орденом Почета, золотой медалью ВДНХ, медалью «300 лет Российскому флоту» и почётным знаком «Академик Н.А. Доллежалъ».

**СОЛОВЦОВА ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА**

Возглавляет направление с 2010 г. по настоящее время. Окончила Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного знамени Педагогический институт имени В.И. Ленина. Кандидат психологических наук. Награждена медалью «В память 850-летия Москвы» и Почетной грамотой Госкорпорации «Росатом».

Экономика и финансы**ВЛАСОВ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ**

Возглавлял направление в 1953–1954 гг. в должности заместителя директора по общим вопросам.

**ПЕРЕМЫЩЕВ ВАСИЛИЙ ДМИТРИЕВИЧ**

Возглавлял направление в 1954–1986 гг. в должности начальника планово-производственного отдела. В течение трёх десятков лет обеспечивал бесперебойное функционирование финансово-экономического блока института. Награжден двумя орденами «Знак Почета» (1959 г., 1971 г.).

РУСАКОВ ВЯЧЕСЛАВ ПЕТРОВИЧ

Возглавлял направление в 1986–1990 гг. в должности начальника планово-производственного отдела. Выпускник Государственного университета управления. Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», почётными знаками «Академик И.В. Курчатов» 4-й степени и «Академик Н.А. Доллежалъ» и знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности».

ПРОСТЯКОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ

Возглавлял направление в 1997–2009 гг. в должности директора по экономике (1997-2006 гг.) и заместителя Генерального директора по экономике (2006-2009 гг.). В период 1997-2009 гг. курировал также общие вопросы. Выпускник МВТУ имени Н.Э. Баумана. Кандидат технических наук. Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», почётным знаком «Академик Н.А. Доллежалъ» и знаками «Ветеран атомной энергетики и промышленности» и «Столетие подводных сил России».

ЗУБАКОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ

Возглавляет направление с 2010 г. по настоящее время. Проводит большую работу по обеспечению финансово-экономического сопровождения всех работ НИКИЭТ. Награжден медалью «В память 850-летия Москвы», Почетной грамота в связи с 65-летием Октября, знаком «За заслуги перед атомной отраслью» 3-й степени.

■ Режим и безопасность**ЖУКОВ МИХАИЛ АНДРЕЕВИЧ**

Возглавлял направление в 1953–1960 гг. в должности помощника директора по режиму.

ШАПОШНИКОВ ВАСИЛИЙ ПАВЛОВИЧ

Возглавлял направление в 1960–1961 гг. в должности помощника директора по режиму.

ЛУНЕВ КОНСТАНТИН ФЕДОРОВИЧ

Возглавлял направление в 1961–1969 гг. в должности помощника директора по режиму (1961–1965 гг.) и заместителя директора по режиму (1965–1969 гг.).

ПРОЗОРОВ НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Возглавлял направление в 1969–1971 гг. в должности заместителя директора по режиму.

**КЛЫПИН ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ**

Возглавлял направление в 1971–1978 гг. в должности заместителя директора по режиму.

**ГАВРИЛИН ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ**

Возглавлял направление в 1978–1988 гг. в должности заместителя директора по режиму.

**НИКИТИН ЭДУАРД МИХАЙЛОВИЧ**

Возглавлял направление в 1988–1994 гг. в должности заместителя директора по режиму.

РОМАШИН ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ

Возглавлял направление в 1995–1998 гг. и 2001–2008 гг. в должности заместителя директора по режиму и безопасности. В период 1998–2001 гг. сначала начальник 2 ГУ, затем заместитель Министра по атомной энергии Российской Федерации. Выпускник ВПКУ г. Алма-Ата (1965 г.) и ВКШ КГБ СССР (1975 г.). Руководил международными проектами по модернизации системы физической защиты института, системе учёта, контроля и сохранности ядерных и радиоактивных материалов. Награжден орденом Красной Звезды, почётным знаком «Академик Н.А.Доллежалъ» и медалью «Столетие подводных сил России».

ДОМЧЕВ МИХАИЛ ИВАНОВИЧ

Возглавлял направление в 1998–2001 гг. в должности начальника отдела. Выпускник Московского станкоинструментального института. Награжден медалями «В память 850-летия Москвы», «Ветеран труда» и «Столетие подводных сил России», почётным знаком «Академик Н.А. Доллежалъ» и знаком «Ветеран атомной энергетики и промышленности».

ДРОНОВ ДМИТРИЙ ЛЬВОВИЧ

Возглавляет направление с 2008 г. по настоящее время в должности заместителя Директора – Генерального конструктора по режиму и безопасности. Выпускник Саратовского Высшего Командного Краснознаменного училища им. Ф.Э. Дзержинского МВД СССР. Второе высшее образование Московский Государственный открытый университет им. М.А. Шолохова. Награжден медалями МВД России «За отличие в службе» всех трёх степеней, «За боевое содружество» и «За содействие», памятными и юбилейными медалями.

Общие вопросы**ВЛАСОВ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ**

Возглавлял направление в 1952–1954 гг. в должности заместителя директора по общим вопросам.

КОНЮХОВ НИКОЛАЙ ГАВРИЛОВИЧ

Возглавлял направление в 1954–1960 гг. в должности заместителя директора по общим вопросам. Участник Великой Отечественной Войны, награжден орденом Красной Звезды. За свои трудовые успехи награжден орденом «Знак Почета».

КРАСНОВ СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ

Возглавлял направление в 1960–1962 гг. в должности заместителя директора по общим вопросам. Награжден орденом Трудового Красного Знамени и орденом «Знак Почета», медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной Войне».

**ЕМЕЛЬЯНОВ СТЕПАН ИЛЬИЧ**

Возглавлял направление в 1965–1987 гг. в должности заместителя директора по общим вопросам. Награжден орденом Красной Звезды и орденом Трудового Красного Знамени.



БЫКОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ

Возглавлял направление в 1987–1992 гг. в должности заместителя директора по общим вопросам.



ГУКОВ АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Возглавлял направление в 1990–1997 гг. в должности заместителя директора по общим вопросам.



УРАЗОВ САБИТ ХАМИТОВИЧ

Возглавляет направление с 2009 г. по настоящее время. Награждён орденами Почёта и «За службу Родине в Вооружённых Силах СССР» III степени. Заслуженный врач Российской Федерации. Руководит службами главного энергетика и главного механика, проводит большую работу по текущему и капитальному ремонту зданий, обустройству внутренней и внешней территории, оптимизации транспортного цеха, совершенствованию работы столовой и поликлиники.

3

НИКИЭТ – ПУТЬ ОТ ИСТОКОВ КО ДНЮ СЕГОДНЯШНЕМУ И ЗАВТРАШНЕМУ (РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ)

3.1. Первый промышленный реактор для первой советской атомной бомбы – стартовая позиция НИКИЭТ в проектировании промышленных и энергетических реакторов

3.1.1. Разработка промышленных реакторов

Разработка промышленных ядерных реакторов в нашей стране стала первым этапом выполнения программы по созданию ядерного оружия, поскольку необходимо было в кратчайшие сроки организовать производство требуемого количества изотопов.

3.1.1.1. Первый промышленный реактор

В процессе создания первого промышленного реактора предстояло решить целый комплекс задач:

- выбор и обоснование компоновочных решений реактора, а также систем, важных для безопасности;
- расчетно-экспериментальное обоснование возможности применения материалов в узлах и элементах реактора;
- расчетное определение и опытно-экспериментальное подтверждение нейтронно-физических характеристик активной зоны;
- создание надежной системы теплосъема от активной зоны на всех режимах работы реактора;
- разработка и изготовление тепловыделяющих элементов;
- создание системы управления и защиты реактора;
- создание особо чистого реакторного графита для кладки реактора;
- изучение воздействия радиации на механические свойства конструкционных материалов, применяемых в реакторостроении;
- определение норм по водно-химическому режиму I контура, уменьшающих коррозионные процессы.

Как показал в дальнейшем опыт эксплуатации, предложенное Н.А. Доллежалею вертикальное расположение каналов было правильным инженерным

решением. Явные преимущества «вертикального» варианта реактора заключались:

- в сохранении стабильности и работоспособности графитовой кладки и технологических каналов при температурных и радиационных воздействиях в процессе эксплуатации;
- в упрощении перегрузки топливных блоков (блоки загружаются сверху и выгружаются снизу под собственным весом);
- в возможности оптимального размещения необходимого количества каналов СУЗ с вертикальным перемещением стержней СУЗ для управления полем энерговыделения.

После принятия окончательного решения по компоновке реактора начался новый этап интенсивной работы. В целях экономии времени одновременно разрабатывались рабочие чертежи и проводились первоочередные исследовательские и экспериментальные работы на стендах. Основным стендом лаборатории № 47 (зав. лабораторией Б.В. Флоринский) был размещенный в шахте лифта 16-канальный натурный стенд, представляющий отсек реактора, состоящий из 16 графитовых колонн, сложенных из штатных графитовых блоков. На стенде отрабатывались основные узлы конструкции реактора, связанные с разработкой механизмов разгрузки, тракта технологических каналов, собственно технологического канала, средств контроля состояния канала и параметров теплоносителя, а также конструкция самой графитовой кладки. Результаты проводимых НИОКР немедленно учитывались конструкторами, что позволило уже в 1946 г. выдавать чертежи и технические условия (ТУ) заводам-изготовителям.

Когда встал вопрос о размещении изготовления оборудования для первого промышленного реактора «А», Первое главное управление (ПГУ) поручило Горьковскому заводу № 92 Министерства оборонной промышленности (позднее ГМЗ – Горьковский машиностроительный завод) изготовление ряда основных сборок реактора: технологические каналы, механизмы выгрузки, переходные детали тракта для каналов, графитовые блоки (обработка) и др., поскольку к этому времени завод имел огромный авторитет среди машиностроительных предприятий страны как коллектив, умеющий мобильно осваивать в короткие сроки и ставить на производство новые изделия.

Для монтажа оборудования реактора «А» были сформированы бригады из наиболее опытных работников, принимавших участие в проектных и конструкторских разработках, и направлены на монтажную площадку на все время монтажных и пусконаладочных работ для оказания технической помощи и решения всех возникающих вопросов на месте.

Все монтажные и отладочные работы были закончены к установленному сроку и приняты комиссией. К этому надо добавить, что монтаж реактора проходил в сложной и напряженной психологической атмосфере, связанной как с особым вниманием к пуску реактора со стороны руководства страны, так и с той ответственностью, которую несли исполнители работ.

Пуск первого промышленного реактора «А» состоялся 19 июня 1948 г. Начальный этап эксплуатации реактора «А» проходил чрезвычайно сложно. Тогда никто не знал, как повлияет воздействие радиации на поведение металла

и графита, у коллектива эксплуатационников не было опыта работы, учиться приходилось на ходу методом проб и ошибок. В первое время остановки реактора исчислялись десятками и были связаны как с недоработками в его конструкции, так и с нарушением технологии и ложными срабатываниями аварийной защиты. Это отмечает А.К. Круглов в своей книге «Как создавалась атомная промышленность СССР»: «Коррозия алюминиевых труб и оболочек урановых блоков, а также их эрозионный размыв приводили к другим неисправностям, связанным с появлением в воде радиоактивности, а попадание воды в графитовую кладку через разрушенные трубы вызывало необходимость замены каналов, выгрузки блоков. Влага в графите изменяла его физические свойства. Графит необходимо было сушить, а это требовало много времени... Реактор в это время не работал».

Некоторые системы реактора, например система влагосигнализации, система замера расхода, работали с перебоями и требовали изменения их конструкции.

Все выявленные на реакторе «А» недостатки и введение ряда упрощений и усовершенствований в конструкцию по результатам первого опыта эксплуатации предстояло учесть Главным конструкторам при разработке проектов следующего поколения уран-графитовых реакторов.

3.1.1.2. Одноцелевые проточные уран-графитовые реакторы

Реализация программы создания ядерного оружия требовала увеличения количества атомных промышленных реакторов – наработчиков оружейного плутония, поэтому в 1948–1951 гг. были созданы новые промышленные реакторы. Необходимо отметить, что общая конструктивная схема первого отечественного уран-графитового реактора «А», разработанная «Гидросектором», была принята в дальнейшем с некоторыми усовершенствованиями для разработки всех последующих проточных и энергетических уран-графитовых реакторов. Уже имелся определенный опыт проектирования с необходимым заданием расчетно-экспериментальных работ, было освоено производство ряда основных элементов реактора (графита, труб технологических каналов, твэлов и др.), а также появились результаты начального этапа эксплуатации реактора «А».

С 1948 г. проектирование промышленных реакторов велось параллельно двумя конструкторскими коллективами: «Гидросектором» (г. Москва) – Главный конструктор Н.А. Доллежалъ и ОКБМ (г. Горький) – Главный конструктор А.И. Савин, затем И.И. Африкантов.

При создании одноцелевых промышленных реакторов в конструкцию был внесен ряд усовершенствований с учетом опыта создания и эксплуатации реактора «А»:

- в графитовые блоки введены графитовые втулки для повышения работоспособности кладки;
- упрощена кинематика разгрузочных механизмов и всей кассетной системы разгрузки;
- усовершенствована система теплосъема реактора водой и системы контроля влажности, температуры и расхода;
- в ответственных узлах применены материалы, проверенные на устойчивость к коррозии.

Одновременно создание серии новых реакторов потребовало решения новых задач, обусловленных увеличением спектра нарабатываемых изотопов, отработкой режимов эксплуатации реакторов, необходимостью проведения металлургических исследований и исследования новых типов топлива.

Для решения этих задач в НИКИЭТ под руководством Н.А. Доллежал начался проектирование нового реактора «АИ».

Основными его отличиями от реактора «А» были:

- загрузка и выгрузка топлива и изотопов производились сверху на остановленном реакторе краном центрального зала, управляемым дистанционно;
- продувка графитовой кладки азотом;
- выполнение съемной части верхней защитной металлоконструкции и др.

Первоначально реактор «АИ» использовался для наработки стратегического сырья, а затем, после капитального ремонта в 1956 г. и замены части графитовой кладки, стал использоваться как экспериментальный комплекс, на котором отрабатывались конструкция каналов, оригинальные сборки твэлов, конструкционные материалы и велась наработка изотопов кобальта-60, полония-210 и других. В 1960 и 1961 гг. на реакторе были смонтированы две исследовательские петли, в которых отрабатывались конструктивные решения и для реактора РБМК. Реактор был выведен из эксплуатации в 1987 г.

Дальнейшим развитием конструкции одноцелевых проточных реакторов в НИКИЭТ стала разработка промышленного реактора «И-1». Этот реактор был разработан с учетом опыта проектирования и эксплуатации реакторов «А», «АИ» и «АВ». Реактор «И-1» был смонтирован и введен в эксплуатацию на СХК (г. Северск) в 1955 г. и проработал до 1990 г.

На этом в НИКИЭТ закончился этап проектирования и создания одноцелевых проточных уран-графитовых реакторов.

Приказом ПГУ от 17 июня 1948 г. ОКБ Горьковского завода № 92 было поручено приступить к проектированию реактора «АВ», аналогичного реактору «А», с внесением в этот проект по техническим условиям Лаборатории № 2 АН СССР (академик И.В. Курчатов) конструкторских решений, позволяющих упростить и удешевить сооружение реактора и одновременно поднять его мощность.

3.1.1.3. Двухцелевые промышленные уран-графитовые реакторы

По инициативе И.В. Курчатова с 1950 г. начались поисковые работы по переводу промышленных реакторов на замкнутый контур охлаждения в целях утилизации отводимого тепла и сокращения радиоактивных сбросов в окружающую среду. Первое заседание секции № 1 Научно-технического совета Министерства среднего машиностроения было проведено 11.01.1954 г. с повесткой «О предложениях по разработке энергетических кристаллизаторов» (реакторов). Сообщение сделал А.П. Александров, а в марте того же года НИКИЭТ и ОКБМ было поручено выполнить эскизный проект реактора большой мощности двойного назначения.

На заседании секции 07.08.1954 г. Н.А. Доллежал сделал доклад «О проектных соображениях об использовании теплообменников (реакторов) типа «АВ» и «И» для производства электроэнергии». В нем было выдвинуто предложение

на базе конструкции проточного реактора типа «И» вместо проточного контура организовать замкнутый контур циркуляции с повышением температуры и давления воды и заменить разгрузочные кассеты герметичными затворами. Возможность создания таких затворов не вызывала сомнений. Максимальная температура воды на выходе из реактора определялась стойкостью материала, труб технологических каналов и оболочки твэлов, а также стойкостью графита при высоких температурах. В основу проекта нового реактора ЭИ-2 положено решение о сведении к минимуму изменений в конструкциях, технологиях изготовления и эксплуатации реакторов типа «И».

В проекте была принята температура оболочки твэлов 180 °С и давление воды в технологических трубах 25 атм. Эксперименты, проведенные в НИИ-8, показали, что длительное пребывание графита в среде азота при температуре 400–450 °С не сопряжено с изменением его свойств.

Важным для судьбы реактора ЭИ-2 было обсуждение, по предложению В.А. Малышева и И.В. Курчатова, эскизного проекта этого реактора, выполненного НИКИЭТ, на выездном заседании НТС № 1 Минсредмаша в Челябинске-40 10.12.1954 г. Целью этого обсуждения было привлечение ведущих специалистов предприятия для рассмотрения проекта. В проекте, представленном Н.А. Доллежалем, была принята двухконтурная схема работы реактора совместно с турбинами. Предусматривался замкнутый первый контур циркуляции охлаждающей воды, которая нагревалась в активной зоне реактора. Выходящая из реактора вода первого контура последовательно проходила пароперегреватель, испаритель, подогреватели, дополнительные холодильники и возвращалась обратно в каналы реактора с помощью циркуляционных насосов. Нагретая в реакторе вода отдавала свое тепло в парогенераторах, где образовывался пар, приводящий в действие турбины. Питание парогенераторов осуществлялось конденсатом турбин и частично химически очищенной водой. Технологические каналы (ТК) были выполнены в виде 5 ребристых труб из алюминиевого сплава, нижняя часть которых была уплотнена алюминиевыми манжетами.

Необходимо отметить, что практика обсуждения проектов промышленных реакторов, проводимая Министерством на промышленных объектах с привлечением ведущих специалистов предприятий и эксплуатации, способствовала успешному проектированию и работам по модернизации оборудования. Мнение ведущих специалистов объектов, имеющих уже большой опыт работы на ранее пущенных реакторах, было особенно ценно для конструкторов.

13.01.1955 г. заместитель министра среднего машиностроения Е.П. Славский утвердил новое «Плановое задание на проектирование установки «ЭИ-2». Собственно говоря, с этой даты можно начать отсчет времени создания реактора ЭИ-2. Однако установленные сжатые сроки выполнения работ не позволяли в достаточной степени провести ресурсные испытания на стендах.

На реакторе АВ-3 была смонтирована петля ПАВ. Она включала 4 ТК и имела самостоятельный замкнутый контур, на ней отработывались материалы труб ТК и блоков, предназначенных для работы в новых условиях.

В НИКИЭТ был сооружен стенд, который представлял собой ТК в истинную величину с кладкой, трактом и другими узлами контура циркуляции, работающий

на рабочих параметрах. На нем отработывались новые узлы и система разгрузки. Был создан и ряд других стендов.

Монтаж реактора проходил в тяжелых условиях. Заводы Министерства оборонной промышленности, на которых имелись контрольно-приемочные инспекции, поставили оборудование в соответствии с ТУ на поставку. Однако другие общемашиностроительные заводы, привлеченные к выполнению заказа, не могли поставить оборудование необходимого качества. При ревизии поступившего оборудования на монтажную площадку были обнаружены низкие качество и культура изготовления. Было принято решение о ревизии и переварке всех сварных швов трубопроводов первого контура, выполненных заводом-изготовителем, и решение об организации контрольно-приемочных инспекций на заводах, поставляющих оборудование для реакторов.

Реактор был пущен в проточном режиме в январе 1958 г., а 19 сентября 1958 г. был осуществлен его перевод в энергетический режим. Проектирование, изготовление оборудования и пуск двухцелевого промышленного реактора ЭИ-2 ускорили внедрение технологии автоматической сварки и контроля сварных соединений из нержавеющей стали (было сварено несколько тысяч швов), способствовали внедрению контроля на отсутствие склонности к межкристаллитной коррозии, разработке требований к воде первого контура и исследованию коррозионных процессов. Большой объем работ был выполнен при разработке алюминиевых сплавов для труб технологических каналов (ВИАМ) и оболочек рабочих блоков (ВНИИНМ). Повышению качества поставляемого оборудования и монтажных работ, выполняемых силами общемашиностроительных заводов, способствовала организация контрольно-приемочных инспекций на этих предприятиях.

Разработка двухцелевого промышленного реактора была осуществлена впервые в СССР и мире, без использования каких-либо зарубежных источников информации. Поэтому неудивительно, что ряд особенностей энергетического режима эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов не мог быть учтен разработчиками проекта. Однако накопленный к этому времени опыт и высокая квалификация советских ученых и инженеров позволили устранить все возникшие неполадки и неисправности и обеспечить стабильную эксплуатацию реактора «ЭИ-2» в течение 32 лет.

Дальнейшее развитие направление двухцелевых промышленных уран-графитовых реакторов получило после выхода в 1954 г. указания о переработке ОКБМ чертежей реактора типа «АД» с целью перевода его в двухцелевой режим работы.

Первый двухцелевой реактор АДЭ-3, построенный по разработанным ОКБМ чертежам, был пущен в эксплуатацию в 1961 г. в Северске и успешно работал до вывода из эксплуатации в 1992 г.

3.1.1.4. Опыт эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов

Промышленные уран-графитовые реакторы (ПУГР), разработанные НИКИЭТ и ОКБМ совместно с РНЦ КИ, ГИ ВНИПИЭТ, ЦНИИПСК, НИКИМТ и другими коллективами, успешно эксплуатировались, значительно превысив свой проектный срок. Продолжительность эксплуатации ПУГР приведена в таблице.

Продолжительность эксплуатации ПУГР

	Реакторы						
	А	АИ	И-1	ЭИ-2	АВ-1	АВ-2	АВ-3
Год пуска	1948	1951	1955	1958	1950	1951	1952
Проектный срок эксплуатации, лет	3	10	10	20	10	10	10
Проработал, лет	38	36	35	32	39	39	38

	Реакторы					
	АД	АДЭ-1	АДЭ-2	АДЭ-3	АДЭ-4	АДЭ-5
Год пуска	1958	1961	1964	1961	1964	1965
Проектный срок эксплуатации, лет	10	20	20	20	20	20
Проработал, лет	34	31	46	31	44	43

Достигнутый в реакторах уровень мощности превысил проектный в несколько раз: на момент вывода из эксплуатации у реактора «А» – в 5,3 раза, «И-1» – в 2,5 раза, ЭИ-2 – в 2,3 раза. Такие же показатели были достигнуты и по другим реакторам. При этом эксплуатация реакторов проходила без нарушения требований безопасности. Практически с начала их эксплуатации было организовано наблюдение за функционированием и нагружением систем и конструкций, разработаны обоснованные технические требования, обеспечивающие щадящие условия эксплуатации, и внедрены мероприятия по обеспечению безопасности на весь срок эксплуатации. Достигнутым показателям в значительной степени способствовала хорошо продуманная, проводимая высококвалифицированными кадрами эксплуатация реакторов на всех комбинатах. Большой объем работ был проведен по научно-техническим исследованиям, поиску новых эффективных решений, внедрению новых материалов для технологических каналов, оболочек твэлов. Существенные изменения были внесены в системы СУЗ, водоподготовки, газовой системы продувки кладки и измерения параметров ее эксплуатации. Дальнейшее развитие получила система выгрузки твэлов.

Зарекомендовавшая себя надежная и безотказная система выгрузки проточных реакторов потребовала полной замены для двухцелевых ПУГР. Были проработаны несколько вариантов механизмов и схем разгрузки. К этим работам было привлечено ОКБ завода «Большевик». Были созданы специализированные стенды, в том числе полномасштабный стенд с полной конструктивной и гидравлической схемой двух ячеек двухцелевого реактора в ОКБМ. На стенде были проведены испытания различных элементов конструкции ТК, технологических каналов-натяжителей, механизмов разгрузки, различных вариантов уплотнения канала и других узлов канала, гидравлические исследования в рабочих условиях. Было реализовано два варианта механизма разгрузки блоков: вариант разгрузки с выносным групповым приводом («гайковерт») разработки ОКБМ и вариант с

индивидуальным приводом, установленным на каждом технологическом канале, разработки НИКИЭТ. Разработанные НИКИЭТ разгрузочные механизмы эксплуатировались 8 лет, после чего были заменены более совершенными, предложенными ОКБ завода «Большевик». Оба варианта разгрузки двухцелевых реакторов безотказно эксплуатируются до настоящего времени.

На заключительном этапе эксплуатации проявилось отрицательное влияние радиационно-термических факторов (вторичного распухания графита) на состояние графитовых кладок реакторов. Стабилизация графитовых колонн кладок стала определять возможность продолжения безопасной эксплуатации реакторов. Совместными усилиями НИКИЭТ, ОКБМ, РНЦ КИ, ПО «Маяк», СХК, ГХК были найдены решения, позволившие надежно стабилизировать графитовые колонны. Было разработано несколько вариантов технологических каналов-натяжителей и определена схема их размещения в рабочих сетках каждого реактора. Эффективность этого мероприятия наиболее ярко проявилась на реакторе ЭИ-2. После капитального ремонта реактора, проведенного для стабилизации его графитовой кладки путем установки в нее циркониевых технологических каналов-натяжителей, и ряда других мероприятий, связанных с модернизацией СУЗ и установкой новых уплотнений каналов, реактор проработал до остановки еще 10 лет. Каналы-натяжители были установлены на всех двухцелевых реакторах, что позволило успешно их эксплуатировать столь длительное время.

3.1.1.5. Значение опыта разработки ПУГР для дальнейшего развития отечественного реакторостроения

Промышленные реакторы занимают особое место в атомной промышленности. Их создание стало первым масштабным практическим освоением атомной энергии. Весь комплекс вопросов, связанных с разработкой, изготовлением и пуском этих реакторов решался впервые. Исключительно жесткие сроки выполнения работ потребовали колоссальных усилий всех участников работ. Создание оборудования для получения стратегического сырья для атомного оружия в столь короткие сроки можно по праву сравнить с трудовым подвигом советского народа в годы Великой Отечественной войны – развертыванием производства вооружения на востоке страны и бесперебойным снабжением им фронта.

Успешное выполнение поставленной задачи было обеспечено эффективным взаимодействием научных и конструкторских коллективов с производством, блестящей организацией работ и, безусловно, привлечением колоссальных творческих, материальных и людских ресурсов для ее реализации. В истории нашей страны нет другого примера такого единения науки, конструкторских коллективов с промышленностью. Все это сочеталось с энтузиазмом, творческим подходом и полной отдачей сил всех участников работ.

Со всей уверенностью можно сейчас говорить о решающем вкладе института в создание ПУГР, в разработку и реализацию проектов отвода тепла от них для получения электроэнергии. Предложенная и реализованная на первом промышленном реакторе академиком Н.А. Доллежалем конструктивная схема компоновки реактора оказалась перспективной и была в дальнейшем принята на

всех наших уран-графитовых реакторах. Длительная эксплуатация этих реакторов подтвердила преимущество такого компоновочного решения по сравнению с компоновкой американских уран-графитовых промышленных реакторов и позволила продлить их безопасную эксплуатацию на более длительный срок по сравнению с ними.

Создание, развитие и эксплуатация ПУГР явилось мощным стимулом для разработки целых направлений в науке. Теория ядерных реакторов на тепловых нейтронах, которую начинали развивать такие выдающиеся ученые, как Э. Ферми, И.В. Курчатов, И.Я. Померанчук и многие другие, была разработана еще в первые годы работы над атомным проектом. Значительных успехов достигло реакторное материаловедение, в частности, изучение поведения реакторного графита при длительном облучении быстрыми нейтронами. Эти работы нашли применение для обоснования ресурса отечественных и зарубежных (Колдер-Холл) реакторов.

Накопленный опыт проектирования и эксплуатации промышленных реакторов и их систем, полученная уникальная информация о поведении материалов в реальных условиях эксплуатации являются бесценным достоянием атомной науки и техники, научным и техническим фундаментом для разработки реакторов следующих поколений.

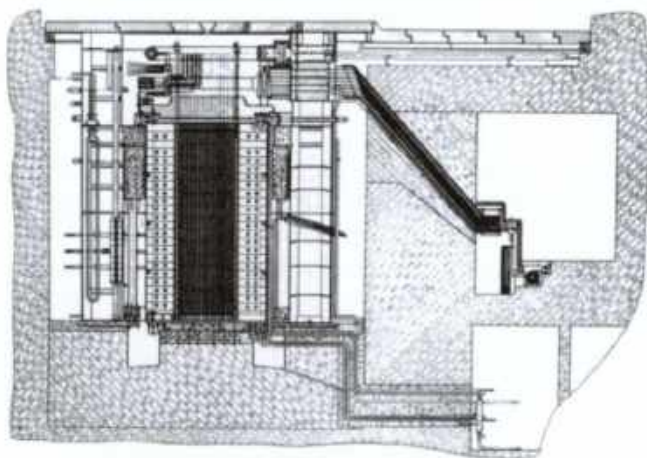
3.1.2. Разработка канальных энергетических реакторных установок

Ученые ведущих стран, в которых успешно развивались исследования по ядерной физике, не могли пройти мимо идеи мирного использования энергии деления атомного ядра. Реализацией этой идеи стали активно заниматься в Великобритании и США, где и был создан в 1951 г. EBR-1 – первый ядерный реактор на быстрых нейтронах с энергопроизводством 200 кВт. По инициативе И.В. Курчатова и его соратников аналогичные работы начались и в СССР.

3.1.2.1. Первая в мире АЭС

В 1949 г. сразу после испытания советской атомной бомбы началась работа по созданию в Обнинске атомной электростанции, которой суждено было стать первой в мире промышленной АЭС. Главным конструктором реактора был назначен Н.А. Доллежалъ, научным руководителем – сначала И.В. Курчатов, а затем – Д.И. Блохинцев. Наиболее подготовленным вариантом оказался уран-графитовый реактор канального типа с водяным теплоносителем. В феврале 1950 г. определились с тепловой (30 МВт) и электрической (5 МВт) мощностями энергоблока, а в августе приняли двухконтурную схему с перегревом пара во втором контуре с помощью поверхностных теплообменников. Давление и температура в первом контуре составляли 10 МПа и 290 °С, а перед турбиной – 1,2 МПа и 280 °С. Параметры как раз соответствовали имевшейся законсервированной турбине. Эскизный проект реакторной и теплосиловой установок выпустили в декабре 1950 г.

В графитовой кладке диаметром 3,6 м и высотой 4,6 м были установлены 128 топливных каналов и 26 каналов под стержни СУЗ, шаг правильной треугольной решетки 120 мм. В топливном канале реактора АМ («атом мирный») – твэлы трубчатого типа с топливной композицией из порошка сплава или двуокиси урана в металлической матрице.



Продольный разрез реактора АМ Первой АЭС

Пуск Первой в мире АЭС завершился 27 июня 1954 г., а через две недели и англичане пустили свою первую атомную станцию. Наша Первая АЭС проработала до середины 2002 г. и благополучно перешла в разряд музейных экспонатов.

После пуска реакторной установки АМ ее главный конструктор Н.А. Доллежалъ предложил значительно повысить параметры пара для повышения коэффициента полезного действия до уровня, достигнутого тогда в тепловой энергетике. Была предложена схема перегрева пара в активной зоне. Обоснование режимов работы с кипением воды в испарительных каналах и перегревом пара в пароперегревательных каналах проводили в петлевых установках Первой АЭС, где впервые в мире в 1957 г. был осуществлен ядерный перегрев пара.

3.1.2.2. Двухцелевой ЭИ-2 на СХК, первые блоки Белоярской АЭС, Билибинская АЭС

И.В. Курчатова и Н.А. Доллежалъ не оставляли идею использовать тепловую энергию промышленных аппаратов для производства тепла и электричества. Строящийся на Сибирском химкомбинате реактор И-2 («Иван») было решено переделать в двухцелевой. Проект этого реактора рождался параллельно со строительством, и в 1958 г. реактор ЭИ-2 («энергетический Иван») дал тепло и электроэнергию и был представлен миру как первый энергоблок Сибирской АЭС электрической мощностью 100 МВт.

Параллельно продолжались работы и по перегреву пара. Началось строительство на Белоярской АЭС двух энергоблоков электрической мощностью 100 и 200 МВт с двухконтурной и одноконтурной тепловыми схемами соответственно.

Энергоблоки были введены в эксплуатацию в 1964 и 1967 гг. В реакторах Белоярской АЭС применялись твэлы трубчатого типа, как и на реакторе АМ, но большего диаметра.

Научная мысль при реализации ядерного перегрева пара, к сожалению, опередила уровень развития техники и технологий в атомном машиностроении.

Требуемой надежности оборудования трудно было достигнуть, поэтому последовательно в 1981 и 1989 гг. энергоблоки были остановлены. Опыт же разработки и эксплуатации этих реакторов на Белоярской АЭС подтвердил возможность применения ядерного перегрева пара на АЭС.

В ряду достижений советской атомной энергетики стоит отметить и создание Билибинской АЭС с четырьмя канальными реакторами, 1-й энергоблок которой был пущен в 1974 г. Билибинская АТЭЦ с реакторами ЭГП-6 создана на основе тех же принципиальных решений, что и Первая с Белоярской АЭС. С целью упрощения схемы и режимов работы было решено отказаться от перегрева пара и работать на насыщенном отсепарированном паре. При этом отвод тепла от реактора осуществлялся в режиме естественной циркуляции теплоносителя. Специалисты НИКИЭТ участвовали в выпуске технического проекта реактора, но основной вклад в создание Билибинской АЭС внесли ученые ГНЦ ФЭИ (г. Обнинск).

3.1.2.3. Реактор РБМК-1000

Параллельно с канальным реакторостроением в стране развивалось и водо-водяное направление. Единичные мощности реакторов ВВЭР, которые строились в стране и за рубежом, находились тогда в районе 400 МВт (эл.). Планы развития промышленности, намечаемые в СССР, особенно в европейской части, требовали опережающего ввода электрогенерирующих мощностей. Руководство страны сделало ставку на атомную энергетику. Однако имеющаяся энергомашиностроительная база явно не могла обеспечить выпуск оборудования для такого рывка. Тогда и была поставлена перед учеными, конструкторами и проектировщиками Министерства среднего машиностроения задача – срочно создать мощный энергетический реактор, 2-3 комплекта основного оборудования для которого можно будет изготавливать на действующих машиностроительных заводах оборонных ведомств, построив на них специализированные цеха.

Идея создания чисто энергетического канального реактора большой мощности была оформлена 12.01.1965 г. на техническом совещании под руководством А.И. Чурина (первого заместителя министра среднего машиностроения) и А.П. Александрова, которое проходило сначала в ГСПИ-11 (ВНИПИЭТ), а затем на заводе «Большевик».

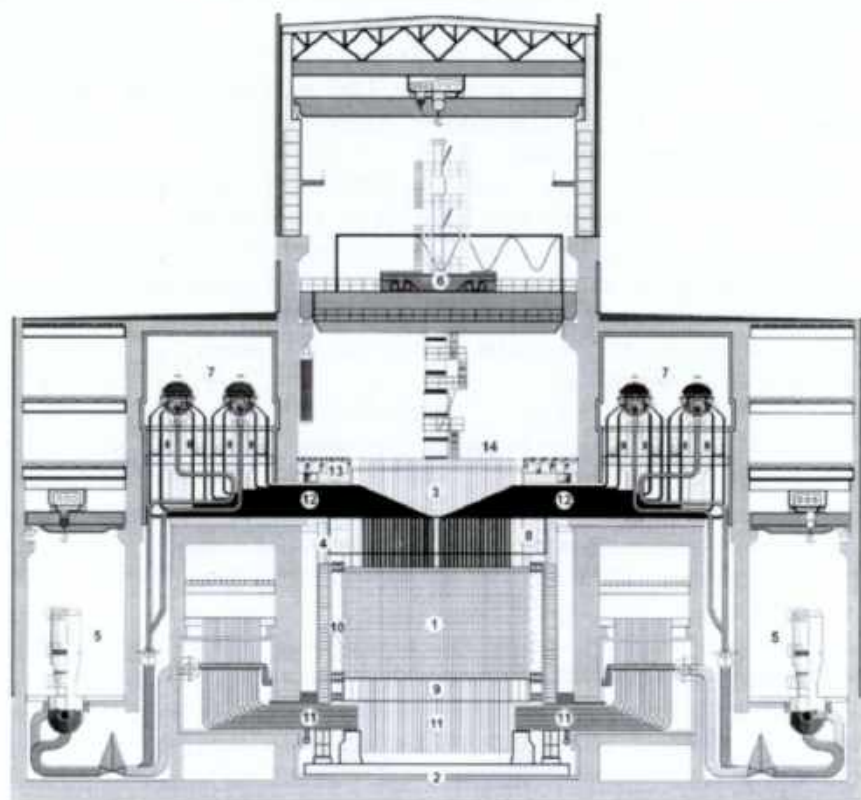
Разработка технического проекта реактора была поручена конструкторскому бюро этого завода, а реактор получил название Б-190. Разработка технологического канала с необходимым расчетным и экспериментальным обоснованием была поручена НИИ-8. В 1966 г. технический проект, разработанный ОКБ завода «Большевик», был рассмотрен на НТС Минсредмаша, но не утвержден.

По рекомендации НТС Минсредмаша дальнейшую работу над техническим проектом реактора большой мощности РБМК-1000 поручили НИИ-8. Соответственно 29.09.1966 г. было принято Постановление ЦК КПСС и СМ СССР № 800-252 «О разработке проекта и сооружении первой очереди Ленинградской и Курской АЭС».

В начале июня 1967 г. технический проект РБМК-1000 был представлен на НТС Минсредмаша, и 12 июня он был одобрен на заседании под председательством А.П. Александрова, решение НТС утвердил Е.П. Славский. Дорога к рабочему проекту и сооружению энергоблоков с РБМК была открыта.

В реакторе РБМК-1000 тепловой мощностью 3200 МВт в качестве замедлителя используется графит, в качестве теплоносителя – вода, а в качестве топлива – двуокись урана. Графитовая кладка состоит из вертикальных колонн высотой 8 м, набранных из графитовых блоков квадратного сечения 250×250 мм с осевым отверстием. Кладка опирается на нижнюю плиту металлоконструкции схемы «ОР». Реактор состоит из набора вертикальных технологических и специальных каналов, установленных в цилиндрические отверстия графитовых колонн и тракты нижней и верхней металлоконструкций.

Тепловыделяющие сборки (ТВС), содержащие топливо, поступают с завода в контейнерах. На энергоблоке ТВС в сборе с подвеской и запорной пробкой образует тепловыделяющую кассету, загружаемую в топливный канал. Перегрузка топлива осуществляется на работающем реакторе без снижения мощности с помощью разгрузочно-загрузочной машины.



Реактор РБМК-1000 1-го энергоблока Курской АЭС:

1 – активная зона реактора (графитовая кладка); 2 – опорная металлоконструкция (схема «С»); 3 – тракты технологических каналов; 4 – водяная защита (схема «Д»); 5 – главный циркуляционный насос; 6 – разгрузочно-загрузочная машина; 7 – барабан-сепаратор; 8 – верхняя биологическая защита (схема «Е»); 9 – нижняя биологическая защита (схема «ОР»); 10 – боковая биологическая защита (схема «Л»); 11 – водяные коммуникации; 12 – пароводяные коммуникации; 13 – верхнее перекрытие (схема «Г»); 14 – плитный настил

Приблизительно 95 % тепловыделения в реакторе приходится на топливо (тепловыделяющие элементы) и около 5 % – на замедлитель (графитовая кладка). Для предотвращения окисления графита и улучшения теплопередачи от графита к топливным каналам в реакторное пространство подается азотно-гелиевая смесь. Утечка гелия ограничивается заполнением металлоконструкций и пространства, окружающего цилиндрический кожух, азотом под давлением, превышающим давление гелиево-азотной смеси на 20–120 мм вод. ст. (~0,2–1,2 кПа).

Под нижней плитой металлоконструкции схемы «ОР» имеется пространство для разводки труб водяных коммуникаций от раздаточных групповых коллекторов к каждому каналу, а над верхней плитой металлоконструкции схемы «Е» имеется пространство для разводки труб пароводяных коммуникаций от каждого технологического канала к барабанам-сепараторам.

Система управления и защиты реактора основана на перемещении твердых стержней-поглотителей в специально выделенных каналах, охлаждаемых водой автономного контура.

В реакторах РБМК используется такое преимущество канальных реакторов, как возможность извлечения и установки ТВС на работающем реакторе, т.е. «перегрузка на ходу». Эти мероприятия осуществляются с помощью специальной разгрузочно-загрузочной машины.

Следует отметить большую степень унификации реакторного оборудования, примененного на энергоблоках трех поколений. Металлоконструкции реактора, графитовая кладка, технологические и специальные каналы, внутриреакторные устройства, тепловыделяющие сборки, датчики температурного контроля, контроля энерговыделения, контроля расхода теплоносителя, исполнительные механизмы системы СУЗ, водяные и пароводяные коммуникации реакторов полностью взаимозаменяемы.

Для реакторных установок РБМК-1000 система последовательных физических барьеров, обеспечивающих надежное удержание радиоактивных веществ, включает твэлы (топливо и оболочка), границу контура циркуляции (включая канальные трубы), реакторное пространство (охватывающее активную зону) и прочноплотные помещения (охватывающие большую часть контура циркуляции), которые соединены с бассейном-барботером (для РУ второго и третьего поколений).

Из внутренних свойств самозащищенности реакторов РБМК по предотвращению отклонений от условий нормальной эксплуатации следует отметить реализацию такой структуры активной зоны, при которой обеспечиваются следующие отрицательные коэффициенты реактивности:

- температурный топливный (Доплер) коэффициент;
- быстрый мощностной коэффициент;
- температурный коэффициент теплоносителя.

Следует отметить и минимальный запас реактивности на выгорание за счет использования перегрузки топливных каналов на ходу.

Свойства самозащищенности реактора, помимо эффектов реактивности, связаны также с достаточно высоким уровнем естественной циркуляции теплоносителя (~30 % $N_{ном}$) и инерционностью процессов в РУ, которые прояв-

ляются при нарушениях нормальной эксплуатации, в аварийных и переходных процессах. Это обеспечивается благодаря:

- большой теплоемкости графитового замедлителя и его сравнительно высокой теплопроводности;
- большому запасу воды в контуре многократной принудительной циркуляции (КМПЦ);
- значительному паровому объему в барабанах-сепараторах и паропроводах, что препятствует быстрому изменению давления в КМПЦ;
- большому выбегу (запас кинетической энергии) главного циркуляционного насоса.

При незначительных нарушениях нормальной эксплуатации свойства самозащищенности реактора, связанные с большими запасами до кризиса теплосъема и низкими линейными нагрузками топлива, позволяют даже при отказе предупредительных защит обеспечить нормальный теплоотвод от оболочек твэлов и иметь достаточно времени для приведения параметров реакторной установки к номинальным значениям. При неблагоприятном развитии аварийной ситуации инерционность процессов в РУ обеспечивает необходимое время для автоматического снижения мощности или ручного заглушения реактора.

Биологическая защита реактора РБМК представляет собой совокупность конструкций и защитных материалов, размещенных вокруг активной зоны реактора. Наряду со специально разработанными для защиты конструкциями, в качестве защиты и для размещения защитных материалов использованы различные конструкции реактора, выполняющие и другие функции (отражатели, внутренние полости коробчатых опорных металлоконструкций, монтажные пространства).

К реактору примыкают помещения зоны строгого режима, к которым относятся центральный зал над реактором, помещение нижних водяных коммуникаций под реактором и помещение управления запорно-регулирующими клапанами за боковой защитой реактора. Центральный зал и помещение нижних водяных коммуникаций относятся к периодически обслуживаемым помещениям, в которых при работе реактора на мощности допускается ограниченное по времени пребывание персонала. В помещении нижних водяных коммуникаций размещаются коммуникации первого контура, условия эксплуатации которых (высокая радиоактивность и температура воздуха до 270 °С) исключают пребывание персонала при работе реактора на мощности. Ограниченное пребывание персонала в этом помещении допускается только после остановки и расхолаживания реактора.

Для отвода тепла от активной зоны в аварийных ситуациях, вызванных как разрывом трубопроводов циркуляционного контура, так и отказами оборудования, предназначена система аварийного охлаждения реактора (САОР). Схема САОР основана на подводе охлаждающей воды во все раздаточные групповые коллекторы, к каждому из которых подключено около 4 ТК.

САОР состоит из двух подсистем: быстродействующей подсистемы, т.е. подсистемы кратковременного действия, и подсистемы длительного расхолаживания. Обе подсистемы включают три независимых канала, каждый из

которых обеспечивает подачу в активную зону реактора не менее 50 % требуемого расхода охлаждающей воды.

Два канала быстродействующей подсистемы имеют гидроаккумулирующие узлы, а третий использует штатные питательные электронасосы. К моменту истощения аккумулярующей способности гидробаллонов быстродействующей подсистемы, но не позднее чем через 2 минуты после возникновения аварийной ситуации, включается в работу подсистема длительного расхолаживания, которая обеспечивает аварийное охлаждение реактора весь последующий период до перехода на ремонтную систему охлаждения. Подсистема длительного расхолаживания включает насосы охлаждения аварийной половины реактора, подключенные к бакам конденсационного устройства системы локализации аварии, и насосы охлаждения неаварийной половины реактора, подключенные к бакам чистого конденсата.

Насосы подсистемы длительного расхолаживания подключены к системе надежного электропитания. Если аварийная ситуация сопровождается обесточиванием собственных нужд энергоблока, происходит запуск дизель-генераторов и включается схема ступенчатого набора нагрузки. В течение первой минуты включаются насосы охлаждения неаварийной и аварийной половин реактора, открываются задвижки на их напоре, и подсистема выполняет свои функции в полном объеме.

Для обеспечения безопасности реакторной установки при наиболее тяжелых аварийных ситуациях предусмотрены пять независимых алгоритмов автоматического включения САОР, каждый из которых формируется при конкретном исходном событии.

Пуск 1-го энергоблока Ленинградской АЭС состоялся 21 декабря 1973 г. Всего за период с 1973 по 1990 гг. на Ленинградской, Курской, Чернобыльской и Смоленской АЭС было сооружено и введено в эксплуатацию 15 энергоблоков РБМК-1000.

3.1.2.4. Реактор РБМК-1500

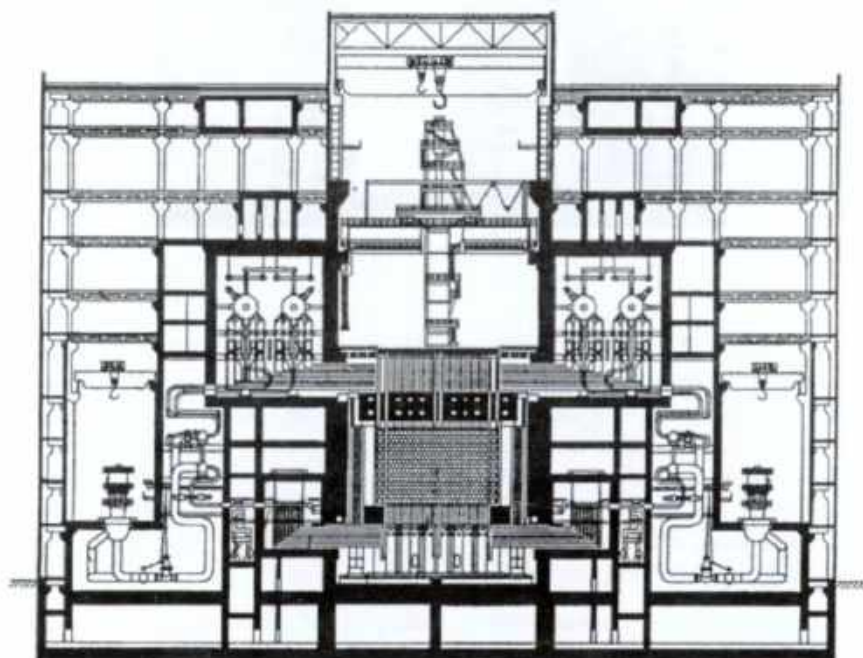
Успешная эксплуатация энергоблоков с реактором РБМК-1000 подтвердила наличие значительных запасов по параметрам, которые ограничивают мощность кипящего канального уран-графитового реактора. К таким параметрам прежде всего следует отнести температуру топлива, температуру графита кладки и металлоконструкций реактора. Штатные главные циркуляционные насосы имеют значительный запас по напору и производительности, но они не позволяют увеличить мощность топливного канала, при которой на поверхности оболочек возникает кризис теплообмена. Иными словами, снижение запаса до кризиса теплообмена в ТК при увеличении мощности реактора может быть компенсировано увеличением расхода теплоносителя за счет запасов по производительности главного циркуляционного насоса, но в пределах 118–120 % от номинальной мощности реактора. Для увеличения мощности реактора РБМК-1000 по крайней мере в 1,5 раза без увеличения числа каналов требовалось введение интенсификации теплообмена в топливных каналах.

Новые конструкторские разработки и экспериментальные исследования показали возможность создания реактора РБМК-1500, электрическая мощность

которого увеличена до 1500 МВт. Поэтому следующим этапом в развитии уран-графитового направления стал реактор электрической мощностью 1500 МВт – самый мощный на то время в мире. Такими реакторами были оснащены 1-й и 2-й энергоблоки Игналинской АЭС (Литва). Первый энергоблок эксплуатировался с декабря 1983 г., второй – с августа 1987 г.

Повышение мощности реактора достигнуто за счет интенсификации теплообмена в топливных каналах и соответственно увеличения среднего массового паросодержания на выходе из активной зоны реактора с 14,5 до 23–29 %. Паропроизводительность реакторной установки увеличена при этом с 5 600 до 8 800 т/ч. Энергоблок оснащен двумя турбоустановками К-750-65/3000 электрической мощностью по 750 МВт каждая.

При проектировании тепловыделяющей сборки реактора РБМК-1500 конструкция нижнего пучка твэлов осталась неизменной, так как теплотехнические условия работы тепловыделяющих элементов в нем позволяли работать с достаточными запасами до кризиса теплообмена. В конструкцию верхнего пучка твэлов были внесены изменения, так как кроме увеличения в 1,5 раза величины теплового потока с поверхности твэлов максимальное паросодержание на выходе из канала увеличилось с 0,2 до 0,4, что привело бы к возникновению кризиса теплообмена. Для решения данной проблемы в верхний пучок вместо 10 штатных решеток дистанционирующих установили 10 решеток интенсифицирующих дистанционирующих с шагом 360 мм и 18 решеток интенсифицирующих (по две решетки интенсифицирующих с шагом 120 мм между решетками интенсифицирующими дистанционирующими). Конструкция



Реактор РБМК-1500

решеток не потребовала серьезных изменений в технологии, принятой для ТВС реактора РБМК-1000.

В компоновку и конструкцию циркуляционного контура по сравнению с РБМК-1000 были внесены изменения, позволившие увеличить безопасность реактора за счет улучшения условий развития естественной циркуляции теплоносителя в аварийных режимах.

Энергоблоки с реакторами РБМК-1500 максимально унифицированы с энергоблоками с реакторами РБМК-1000 второго поколения. Поскольку они также относятся к энергоблокам второго поколения, энергоблоки с РБМК-1500 оснащены более совершенными по сравнению с РБМК-100 системами безопасности. Есть и особенности, присущие исключительно реакторам РБМК-1500. К ним относятся изменения в термомеханической обработке ТМО-1 или ТМО-2 для материала труб (для снижения скорости ползучести) и некоторые не принципиальные изменения в сепараторе пара (увеличена длина), напорном и всасывающем коллекторах и трубопроводах.



Игналинская АЭС

Два энергоблока с РБМК-1500 успешно эксплуатировались на Игналинской АЭС в Литве, причем ни одного значимого инцидента за все время эксплуатации на этих установках не произошло. Игналинская АЭС производила более 80 % электрической энергии Литвы и после распада СССР служила основным источником экспорта для экономики этой прибалтийской республики. Однако в декабре 2004 г. 1-й, а в декабре 2009 г. – и 2-й энергоблоки Игналинской АЭС были остановлены, некогда энергоизбыточная Литва была вынуждена перейти к импорту энергоносителей.

3.1.2.5. Чернобыльская авария – ликвидация последствий

В ночь с 25 на 26 апреля 1986 г. на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС произошла тяжёлая авария.

Авария началась тогда, когда оперативный персонал попытался поднять мощность непреднамеренно заглушенного реактора, снижая оперативный запас реактивности при извлечении регулирующих стержней до недопустимо низкого значения. Проведение этих испытаний было обусловлено стремлением определить на практике время возможного использования выбега отключенного турбогенератора с нагрузкой собственных нужд для продления принудительной циркуляции в контуре охлаждения реактора в режиме аварийного обесточивания АЭС, когда электроснабжение – до включения в работу дизель-генератора – могло бы быть продлено до 35 с за счет энергии выбега турбогенератора.

Для того чтобы аварийные защиты не препятствовали проведению испытаний, оперативным персоналом в нарушение регламента по эксплуатации были отключены аварийная защита по мощности в диапазоне малых значений, аварийная защита по скорости роста мощности в пусковом диапазоне, введена блокировка аварийной защиты по отключению обоих турбогенераторов, отключена аварийная защита по снижению уровня воды в барабанах-сепараторах и заблокирована система аварийного охлаждения реактора.

Более того, до начала испытаний было допущено важное по ядерно-физическим последствиям отклонение от условий программы: вместо испытаний при снижении мощности реактора с номинальной до 700-1000 МВт с последующим заглушением реактора в начале испытаний, испытания были начаты при подъеме мощности с нуля до примерно 200 МВт сразу после самоглушения реактора из-за разбалансировки системы регулирования мощности. Следует отметить, что заглушение реактора в начале испытаний не предполагалось.

В результате перечисленных грубых нарушений реактор оказался приведенным в нерегламентное и не соответствующее программе испытаний состояние, при котором стал возможен неконтролируемый разгон на мгновенных нейтронах. Проявились слабые стороны конструкции (положительный паровой коэффициент реактивности, недостаточная эффективность аварийной защиты в нерегламентных ситуациях). После аварии эти недостатки конструкции были устранены на всех РБМК.

Специалисты НИКИЭТ с первых дней самоотверженно участвовали в анализе причин аварии, обследовании аварийного блока и ликвидации последствий аварии. По стечению обстоятельств на момент аварии трое сотрудников института – А.В. Галкин, С.М. Григорович и И.Г. Куликов – оказались в служебной командировке на Чернобыльской АЭС для проведения измерений параметров расхолаживания 4-го энергоблока.

Уже около 16 часов 26 апреля состоялся прямой репортаж с борта вертолета начальника отдела НИКИЭТ Константина Константиновича Полушкина, который этим утром вместо того, чтобы отметить свой очередной день рождения, спецрейсом прибыл на ЧАЭС с первым эшелоном – аварийной группой специалистов из Москвы. Хриплым до неузнаваемости голосом он обрисовал картину, из которой стало ясно, что реактор полностью разрушен, разрушен центральный зал, в шахте реактора начался пожар.

Утром 27 апреля на ЧАЭС спецрейсом вылетела сформированная в Москве команда второго эшелона. В нее входили: специалисты НИКИЭТ – Юрий Михайлович Черкашов, Анатолий Петрович Сироткин, Вячеслав Петрович



*Апрель 1986 г. Ю.М. Черкашов, А.А. Шалин, В.Д. Письменный
перед полетом на 4-й энергоблок ЧАЭС*

Василевский, Юрий Эдуардович Хандамиров и Юрий Александрович Егоров, ИАЭ – Александр Константинович Калугин и Валентин Михайлович Федулenco, МО АЭП – Валентин Захарович Куклин (прибыл 26.04.1986) и Лев Исаакович Гуревич. Минсредмаш представлял Борис Васильевич Будылин, ВПОСАЭ – Юрий Николаевич Филимонцев и Евгений Сергеевич Иванов. Все эти специалисты и некоторые прибывшие раньше были включены в техническую комиссию по расследованию причин аварии, которую возглавил первый заместитель министра среднего машиностроения Александр Григорьевич Мешков.

Работала комиссия в административном здании пионерского лагеря «Сказочный», в кабинете директора. Работали практически круглосуточно. Сон был тревожным и коротким. Были собраны многочисленные факты, которыми сопровождался предаварийный процесс, сама авария и характеризовалось послеаварийное состояние всего доступного для осмотра оборудования 4-го энергоблока. Прорабатывались десятки версий: разрыв трубопровода циркуляционного контура, взрыв водорода в системе локализации аварий, ложное срабатывание системы аварийного охлаждения, взрыв водорода в верхнем или нижнем баке контура охлаждения СУЗ и так далее. Серьезно рассматривался даже вариант диверсии.

Но одни данные складывались в логическую цепочку, а другие, пусть даже меньшая часть, совершенно однозначно эту логику, а следовательно, и версию разрушали. Например, версия с взрывом водорода в верхнем баке СУЗ опровергалась одним простым фактом – бак СУЗ остался целым и стоял в проектном положении как памятник. Вариант с диверсией также не подтверж-

дался – ни один из членов комиссии, даже вооружившись всем запасом фантазии, не мог найти узел или конструктивный элемент, взрыв которого мог привести к столь тяжелым последствиям.

Становилось ясным только одно – реактор сам себя разрушил за счет резкого роста мощности. Но почему, за счет чего произошел этот рост? Из теории известно, что в реакторе на тепловых нейтронах не может произойти ядерный взрыв, подобный атомной бомбе. И так тысячи «почему» каждый день и каждую ночь.

Особо хочется сказать об Александре Григорьевиче Мешкове и его роли в поисках причин аварии. Он работал в штабе Правительственной комиссии, возглавляемой Борисом Евдокимовичем Щербиной, но приезжал к членам технической комиссии ежедневно, иногда и по нескольку раз. Каждый день он говорил по телефону с М.С. Горбачевым – и не мог дать ответ на единственный вопрос: «Что сообщить миру о причинах чернобыльской катастрофы?». Александр Григорьевич был защитным барьером между реакторщиками и руководителями всех рангов. Поэтому членов комиссии никто не отрывал от напряженных поисков причинных связей аварийных процессов. «Думайте, ребятки, думайте. Я из всех сил ограждаю вас от давления сверху, но и меня скоро не хватит. Реактор имеет две циркулярные петли, и было два взрыва. Где-то здесь причина!» – так говорил он, заходя к членам комиссии в комнату поздно вечером.

На основе анализа различных факторов и обсуждений был подготовлен, обсужден и подписан всеми членами комиссии акт расследования причин аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС, произошедшей 26 апреля 1986 г. 6 мая вечером члены комиссии покинули ЧАЭС для того, чтобы приступить к более тщательному анализу аварийного процесса. 15 мая с обращением к народу выступил по телевидению М.С. Горбачев, а 19 мая Минсредмаш разослал утвержденный акт расследования во все заинтересованные организации.

В августе 1986 г. советская делегация представила в Вене на совещании МАГАТЭ информацию об аварии на ЧАЭС и ее последствиях. С тех пор специалистами различных институтов в стране и за рубежом выполнено огромное количество расчетов аварийных процессов. В результате получена детальная информация по различным аспектам, которые имела авария на 4-м энергоблоке ЧАЭС, но первоначальная версия, разработанная в начале мая 1986 г. в пионерлагере «Сказочный», не претерпела каких-либо принципиальных изменений.

Очень жаль, что за эти годы из жизни ушли члены комиссии, настоящие профессионалы атомной энергетики А.Г. Мешков, Ю.М. Черкашов, А.П. Сироткин, Ю.А. Егоров, А.К. Калугин, Л.И. Гуревич.

Многие работники НИКИЭТ принимали участие в обследовании аварийного блока и прилегающей территории в первые дни после аварии. Видеооператорами НИКИЭТ В.В. Вошевым и А.А. Шалиным 28 апреля с вертолета были сделаны первые съемки разрушенного энергоблока Чернобыльской АЭС. Впоследствии эти кадры стали известны всему миру. Трудно оценить, в каких радиационных полях специалисты находились в момент осмотра разрушенного 4-го энергоблока и какую дозу облучения они получили за тот период. Вероятно, немалую. Один лишь факт служит тому подтверждением. 1 мая тех сотрудников НИКИЭТ,

которые вернулись в Москву, вызвали в ИАЭ им. И.В. Курчатова для обследования и определения уровней поверхностного загрязнения. Датчики радиационного контроля, установленные в проходной ИАЭ, работали, когда И.Г. Куликову до проходной оставалось еще более десяти метров.

С начала мая 1986 г. специалисты НИКИЭТ несли непрерывную вахту на Чернобыльской АЭС для оказания квалифицированной помощи в работах по ликвидации последствий аварии. Спектр выполняемых работ был весьма разнообразен. В мае-июне приходилось участвовать в ведении радиационной разведки, в очистке территории вокруг второй очереди АЭС, разведывать подходы к завалам около 4-го энергоблока, искать менее опасные пути к самому реактору 4-го энергоблока, выполнять расчеты по оценке состояния разрушенного реактора и др.

Работать приходилось в высоких радиационных полях и больших уровнях аэрозольной активности. По-другому просто было невозможно. Тогда в штабе Средмаша считалось, что если человек в конце рабочего дня «приносит» на дозиметре меньше 0,3 рентгена (а это 3 недельных нормы при нормальных эксплуатационных условиях), то он не занимался серьезной работой.

Конструкторы, теплофизики, радиометристы, специалисты по системам управления и автоматики, электронщики, прибористы, прочисты группами из 6–8 инженеров различных специальностей работали в помещениях 1-го, 2-го, 3-го энергоблоков, выполняли необходимые измерения и ревизию на разрушенном 4-м энергоблоке, на прилегающей к зданиям ЧАЭС территории и в 30-километровой зоне вокруг станции. Группы менялись через 3–4 недели. А.А. Петров, А.А. Потапов, Ю.М. Никитин, С.П. Кузнецов, А.Г. Артемов, К.В. Петрочук, Н.В. Жуков, М.А. Шикун, А.Б. Золотов, В.М. Казаков, О.В. Горский, В.С. Лаврухин, В.И. Алексеев, Б.В. Лысов, Б.А. Кузнецов, А.Ф. Шакшанов, И.В. Жуков, А.С. Левчук, С.В. Казаков, Н.В. Стаурин, А.А. Носков, А.Ф. Шамашов, В.А. Николаев – эти специалисты НИКИЭТ, не считаясь с риском для здоровья, самоотверженно трудились на площадке ЧАЭС по 10–12 часов в сутки. Руководили группами заместители директора института Ю.М. Черкашов и В.Г. Аден. Группу специалистов по радиационной безопасности бесменно возглавлял доктор наук Ю.А. Егоров.

С июля основное внимание стало уделяться подготовке к пуску 1-го и 2-го энергоблоков Чернобыльской АЭС. Чтобы исключить любые случайности и аварийные ситуации при выходе на мощность, было принято решение самым тщательным образом провести комплексное обследование и ревизию систем и оборудования реакторов данных энергоблоков. Мини-бригады конструкторов 4-го отдела: А.А. Потапов и А.Б. Золотов (июль), Н.В. Жуков и С.Л. Симонов (июль-август), В.М. Казаков и А.Г. Артемов (август), О.В. Горский и М.А. Шикун (сентябрь), Н.В. Жуков и М.В. Рудаков (сентябрь-октябрь) – буквально проползли по сборкам и коммуникациям реакторов. Как оказалось, не напрасно: были обнаружены скрытые дефекты монтажа, такие как смещение подвесок пароводяных коммуникаций от вертикального положения на центральных рядах и, как следствие, большое количество разрушенных «сухарей» пароводяных коммуникаций, срезанные направляющие опоры водяных коммуникаций (примерно 30–40 %) в месте крепления к «ложным» трактам, касания и

потертости трубопроводов и др. При опрессовке контура многократной принудительной циркуляции 2-го энергоблока было обнаружено несколько «свищей» трубопроводов пароводяных коммуникаций на «пятаке» реактора. Переданная в реакторный цех станции информация позволила оперативно устранить выявленные дефекты.

За короткий промежуток времени с мая по сентябрь 1986 г. сотрудниками НИКИЭТ был выполнен огромный объем работ. Только основные из них:

- разрушенный блок визуально обследован с воздуха и земли, проведена его видеосъемка;
- дана оценка радиационной обстановки в помещениях и на площадке ЧАЭС;
- разработаны планы по реализации первоочередных мероприятий по повышению безопасности действующих энергоблоков по реакторному оборудованию;
- проведены необходимые теплофизические и нейтронно-физические расчеты;
- выполнен анализ и корректировка эксплуатационной документации 1-го и 2-го блоков.

В сентябре начались пусконаладочные работы систем и оборудования 1-го энергоблока. К этому времени на ЧАЭС подтянулись сотрудники НИКИЭТ, за плечами которых был опыт пуска и освоения мощности 15 энергоблоков с реакторами РБМК-1000 и РБМК-1500. В их числе Ю.М. Черкашов, В.П. Василевский, Л.В. Решетин, А.П. Сироткин, С.Г. Ухаров, А.В. Галкин, Н.В. Жуков, Л.М. Степанов, И.Г. Куликов, И.В. Жуков, М.В. Рудаков, Ю.Е. Филиппов, В.С. Лаврухин, В.В. Гусев, Л.Л. Бронницкий, В.В. Бадяев, В.О. Стеклов, А.А. Большов, В.Н. Беляков, Ю.М. Потатуев, А.Ф. Шакшанов, В.К. Орлов. Некоторые из этих специалистов работали на ЧАЭС безвыездно в течение нескольких месяцев вплоть до вывода на номинальную мощность 1-го и 2-го энергоблоков. В начале октября 1986 г. 1-й энергоблок был введен в эксплуатацию и 4 ноября выведен на номинальную мощность. Без перерыва, с участием тех же специалистов, были выполнены в том же объеме пусконаладочные работы на 2-м энергоблоке, энергоблок был включен в сеть 5 ноября, и 24 ноября его мощность была поднята до номинального значения 1000 МВт. Чернобыльская АЭС вновь вернулась к жизни и встала в строй действующих.

Следует отметить, что параллельно с работами по пускам 1-го и 2-го энергоблоков сотрудники НИКИЭТ участвовали в обследовании крыш помещений второй очереди, прилегающих к 4-му энергоблоку, на предмет идентификации реакторного оборудования, выброшенного из активной зоны реактора. Совместно с операторами сотрудники НИКИЭТ выполняли видеосъемку этапов сооружения «саркофага». В конце ноября монтаж саркофага над разрушенным 4-м энергоблоком ЧАЭС был завершен. От НИКИЭТ в составе межведомственной комиссии акт приемки объекта «Укрытие» подписали Ю.М. Черкашов, В.П. Василевский, Ю.М. Никитин.

Практически весь 1987 г. был посвящен ремонтным и пусковым работам на 3-м энергоблоке. В помощь конструкторам и пусковой бригаде, которую возглавлял С.П. Кузнецов, пришлось привлечь практически всех остальных

специалистов-мужчин 4-го отдела, которым врачи разрешили работать в особо вредных условиях. В конце декабря 1987 г. 3-й энергоблок Чернобыльской АЭС был выведен на проектную мощность 1000 МВт.

Следует отметить, что нынешний научный руководитель института Евгений Олегович Адамов также принимал активное участие в ликвидации последствий аварии. Находясь тогда в должности заместителя директора – главного инженера ИАЭ им. И.В. Курчатова, он возглавлял в июне, июле и августе 1986 г. работавшую в Чернобыле группу специалистов этого института.

В ликвидации последствий чернобыльской аварии участвовали в общей сложности 157 работников НИКИЭТ. К сожалению, на сегодняшний день многие из них уже ушли из жизни, и это печальное обстоятельство невольно связывается с испытаниями, выпавшими на долю этих людей во время их самоотверженного труда при обследовании аварийного блока и проведении пусковых работ на 1-м, 2-м и 3-м энергоблоках ЧАЭС в 1986–1987 гг.

3.2. Первая атомная реакторная установка для советской подводной лодки – стартовая позиция НИКИЭТ в проектировании реакторных установок для ВМФ

Как известно, официальным «днем рождения» НИИ-8 (ныне НИКИЭТ) является 9 сентября 1952 г., когда Председатель Совета Министров СССР И.В. Сталин подписал постановление о проектировании и строительстве объекта № 627 – первой в СССР атомной подводной лодки (АПЛ). Чтобы окунуться в поток событий, последовавших за историческим решением Совмина СССР, обратимся к воспоминаниям одного из очевидцев и участников этих событий – лауреата Государственной премии СССР и кавалера ордена «Знак Почета», кандидата технических наук Владилена Кондратьевича Уласевича, прошедшего в институте за 57 лет путь от рядового инженера до заместителя Директора – Главного конструктора.

НИКИЭТ – подводному флоту: «прорывные» проекты

9 сентября 1952 г. Председатель Совета Министров СССР И.В. Сталин подписал Постановление № 4098-1616 о проектировании и строительстве объекта № 627 – первой в стране подводной лодки с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ). С тех пор эта дата считается днем начала создания отечественного атомного флота.

Поисковые работы по использованию невиданных по концентрации энергии устройств – ядерных реакторов – в силовых установках кораблей, в первую очередь подводных, проводились в стране еще с конца 1940-х гг. под эгидой Первого главного управления при Совете Министров СССР – предшественника Минсредмаша (нынешнего Росатома). Их инициировали наши выдающиеся ученые-атомщики во главе с И.В. Курчатовым. Замыслы применить на подводной лодке ядерный источник энергии имели особое значение, поскольку именно он давал возможность решить задачу создания мощного и компактного «единого» двигателя, одинаково эффективно работающего над и под водой и способного дать кораблю недостижимые прежде качества. Это была мечта многих поколений исследователей и конструкторов морской техники.

Результаты широких по охвату возможных вариантов ЯЭУ поисков, проведенных научно-инженерными группами в тогдашних ЛИП АН СССР, ИФП АН СССР, НИИхиммаше, Лаборатории «В», ОКБ «Гидропресс», позволяли ставить вопрос о проектировании атомной подводной лодки. К тому же в западной печати возрастал поток сообщений об успехах США в области внедрения атомной энергетики на подводные лодки и авианосцы. Все это побудило И.В. Курчатова, А.П. Александрова и Н.А. Доллежалю обратиться в правительство с предложениями о развертывании в нашей стране работ в этом направлении. Обращение было энергично поддержано заместителем Председателя СМ СССР и министром среднего машиностроения В.А. Малышевым, по достоинству оценившим важность и актуальность предложений ученых. Плодом совместных усилий и стало упомянутое постановление правительства.

Его выход существенно активизировал научные исследования и конструкторские разработки, придал им упорядоченный характер, создал организационную базу как по формированию необходимой кооперации участников проекта и определению сфер их ответственности, так и по последовательности и срокам выполнения его этапов. Постановлением назначались: научным руководителем работ по созданию АПЛ – А.П. Александров, его заместителем по физическим расчетам и исследованиям – Д.И. Блохинцев, главным конструктором энергоустановки – Н.А. Доллежалю, главным конструктором АПЛ – В.Н. Перегудов. Руководство проектными и научно-исследовательскими работами в целом по АПЛ возлагалось на ПГУ, при Научно-техническом совете которого была создана специальная секция № 8 во главе с В.А. Малышевым. Была признана необходимой организация специального НИИ-8 (ныне НИКИЭТ) для выполнения проектных, опытных и научно-исследовательских работ по созданию «...комплексной энергосиловой установки...» для АПЛ. Директором НИИ-8 назначался Н.А. Доллежалю. Было принято принципиальное решение о сооружении и проведении испытаний «...опытного энергетического агрегата...» (т.е. наземного стенда ЯЭУ) в Лаборатории «В». Разработка проекта самой АПЛ поручалась СКБ-143.

Хотя идея создания АПЛ и была предложена специалистами-реакторщиками, сами они по роду занятий были достаточно далеки от проблем кораблестроения и методов их решения. С другой стороны, проектировщики подводных лодок из-за особой закрытости в те годы разработок реакторной техники начали знакомиться с ее особенностями только после выхода правительственного постановления. Эти обстоятельства сделали необходимой совместную выработку базовых принципов проектирования как будущей АПЛ, так и ее ЯЭУ. А.П. Александровым, В.Н. Перегудовым, Н.А. Доллежалем и Г.А. Гасановым – руководителем СКБ котлостроения на Балтийском заводе – при активном участии И.В. Курчатова были намечены основные исходные данные для разработки принципиально новой энергетики. А.П. Александров вспоминал, выступая на конференции, посвященной 25-летию первой АПЛ: «...Мы договорились с Перегудовым о примерных размерах энергетической установки, об ее мощности и относительно метацентрической высоты, хотя ни один из нас не имел понятия, какое оборудование там будет стоять...». Соображения руководителей проекта сразу же передавались работавшей на территории НИИхиммаша (там в то время

размещался НИИ-8) группе конструкторов СКБ-143, НИКИЭТ и сотрудников ЛИП АН для проработки вариантов схемы, состава, компоновки ЯЭУ. И уже к концу 1952 г. было определено: проектируемая энергоустановка должна быть двухреакторной и двухвальной с водяным теплоносителем в первом контуре и паровым циклом во втором; размещение реакторов в отсеке подводной лодки – эшелонное; энергоснабжение установки и корабля должно обеспечиваться «навешенными» на главные турбозубчатые агрегаты электрогенераторами; в резерве – дизель-генераторы (при надводном положении АПЛ) и аккумуляторная батарея. Тесное творческое взаимодействие разработчиков ЯЭУ (ее паротурбинная часть проектировалась в ОКБ Ленинградского Кировского завода под руководством М.А. Казака) продолжилось и в ходе всех последующих работ.

Первоочередной задачей по проектированию паропроизводящей (реакторной) установки (ППУ) для физиков ЛИП АН СССР и конструкторов НИКИЭТ стал выбор типа реактора. Сначала сосредоточились на идее канального водографитового аппарата, сходного с создававшимся в то же время реактором АМ Первой атомной электростанции. Но, как отмечал в своих «Записках конструктора» Н.А. Доллежалъ, «...вовремя обнаружили, что чуть было не ступили не на ту дорогу...». «Той дорогой» стала выдвинутая и обоснованная расчетами сотрудников ЛИП АН идея разработки корпусного водо-водяного реактора (он получил индекс ВМ) – более компактного, с меньшей нагрузкой обогащенного урана (тогда этот фактор был критичным, особенно в перспективе строительства большой серии АПЛ).

Уже начальные этапы проектирования реакторной установки характеризуются рядом оригинальных технических решений. Получив развитие в ходе дальнейших работ по установке, многие из них стали базовыми при разработках корабельных, а позднее и стационарных ППУ. Это, в частности:

- формирование активной зоны реактора из индивидуально охлаждаемых тепловыделяющих сборок с размещением их в экранной сборке (выемном блоке), что позволяло осуществлять как поканальную замену ядерного топлива, так и аварийную (в случае сильного повреждения зоны) выгрузку ее неизвлекаемых фрагментов вместе с блоком;

- функциональное и конструктивное выделение главного органа компенсации избыточной реактивности – компенсирующей решетки;

- антикоррозийная защита корпуса реактора из высокопрочной углеродистой стали с помощью тонкостенной футеровки или наплавки из аустенитной стали;

- прямоточная схема парогенераторов, разделение их на секции из однотипных цилиндрических камер с возможностью выведения секций из работы;

- бессальниковые герметичные конструкции электронасосов первого контура;

- организация железобетонной защиты вокруг нижней части реактора (в районе активной зоны) и размещение под ними цистерны с водой.

Эти технические решения, естественно, практически полностью перешли и в проект наземной стендовой установки 27/ВМ.

Компоновка ППУ по современной терминологии – с рассредоточенным расположением оборудования. Такие компоновки на кораблях давно ушли

в прошлое, но не будем забывать, что эта установка была первой. Кроме того, осмысливая сегодня особенности родившегося тогда ее облика, и в частности компоновки, нельзя не согласиться с тем, что она существенно облегчила решение главнейших задач наземного стенда и первой опытной АПЛ – проверки работоспособности ППУ, отработки ее систем и оборудования, создававшихся при явной нехватке научных и инженерных знаний в этой области, отсутствии опыта изготовления и монтажа совершенно новых для промышленности конструкций, при постоянной гонке по времени. Возможность не слишком сложной замены оборудования на более совершенные его образцы для исправления выявившихся при эксплуатации ППУ на стенде и АПЛ недостатков широко использовалась после пуска стенда. Это сделало его, по существу, основной экспериментальной базой, на которой практически в натуральных условиях испытывалось модернизированное оборудование установки, проверялись новые технические решения.

Разработка проекта первой в стране корабельной ППУ, да еще и с новым для нашей совсем юной атомной техники типом ядерного реактора, не могла не породить множество сложных научно-инженерных проблем. Вот только некоторые из них.

1. *Обеспечение нужной «физики» реактора, т.е. необходимых для длительной устойчивой и безопасной его работы нейтронно-физических характеристик активной зоны.* В отличие от водографитовых и тяжеловодных аппаратов, к началу 1953 г. в СССР не было водо-водяных критических сборок, отсутствовали и достоверные методики их расчета при том, что существенные отличия по свойствам обычной воды и других замедлителей нейтронов не вызывали сомнений.

2. *Формирование оптимальной по массе эффективной радиационной защиты.* Уже первые проработки в НИКИЭТ показали, что доля защиты в общей массе ППУ может достигать 60–70 %, и от ее рационального построения, выбора материалов и компоновки зависит сама возможность использования ядерного реактора в качестве источника энергии на подводной лодке. Добавим сюда вопросы обеспечения безопасности экипажа лодки, контроля на ней радиационной обстановки, условий ее базирования, возможности обнаружения АПЛ по радиационному следу. С другой стороны, к началу разработки проекта ППУ практически отсутствовали данные о взаимодействии с веществами нейтронного и γ -излучений при прохождении их через защиту и ее компоненты.

3. *Обеспечение теплотехнической надежности реактора, парогенератора и др. оборудования установки во всем диапазоне режимов их работы.* В том числе при высоком (до 200 кг/см^2) давлении теплоносителя первого контура, больших тепловых нагрузках на поверхность твэлов, значительной неравномерности тепловыделения по радиусу и высоте активной зоны, возможной нестабильности течения теплоносителей по множеству параллельных ТВС в реакторе и труб в парогенераторе. Трудности решения этой проблемы иллюстрируются, например, тем, что условия возникновения кризисов теплообмена в гидравлических трактах, характерных для проектируемой активной зоны, отечественными исследователями были изучены только при давлениях воды до 20 кг/см^2 .

4. *Создание надежных тепловыделяющих элементов – главных компонентов активной зоны.* Условия их работы в будущем корабельном реакторе практически по всем параметрам резко отличались (причем в сторону ужесточения) от условий работы ТВЭЛов в действовавших к тому времени промышленных реакторах. Требовались новые подходы для решения комплекса взаимосвязанных и зачастую трудновосприимчивых нейтронно-физических, теплогидравлических, материаловедческих, технологических задач.

К перечисленному можно добавить проблемы обеспечения необходимых маневренных характеристик установки и управления ею с учетом корабельной специфики, вопросы выбора конструкционных и сварочных материалов для оборудования и трубопроводов, их прочности, в том числе под воздействием облучения, сохранения качества теплоносителей и т.д.

Новизна большинства из вставших перед создателями установки проблем потребовала широкого круга НИОКР. Научный руководитель и главный конструктор энергоустановки привлекали к их выполнению не только свои коллективы, но и – с помощью Первого главного управления – специалистов многих научно-исследовательских и конструкторских организаций страны, предприятий промышленности. В их числе Лаборатория «В», ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского, НИИ-9, ВИАМ, завод № 12, ЦНИИ-48, ОКБ ЛКЗ, НИИхиммаш, ЦНИИ-5, ФХИ им. Л.Я. Карпова, Институты металлургии, машиноведения, механики АН СССР, ОКБ-12, ПКБ-12, ЦКБА, завод «Красная Заря» и др.

В короткие сроки сооружаются исследовательские реакторы ФВР, ВВР-2 и петля ПВ на реакторе МР в ЛИП АН СССР, новые тепловые и гидравлические стенды в ВТИ, Лаборатории «В», НИКИЭТ, СКБК, ОКБ ЛКЗ, приспособляются для проведения требуемых исследований действующие экспериментальные установки. Во всех «корабельных» вопросах большую помощь разработчикам ЯЭУ оказывали сотрудники СКБ-143. Работая над проектом нового подводного корабля (в США приспособили под первую АПЛ «Наутилус» обычную подводную лодку), они в то же время уделяли большое внимание его энергетике и обеспечили вместе со своими соисполнителями постановку и решение ряда связанных с ней научно-технических задач.

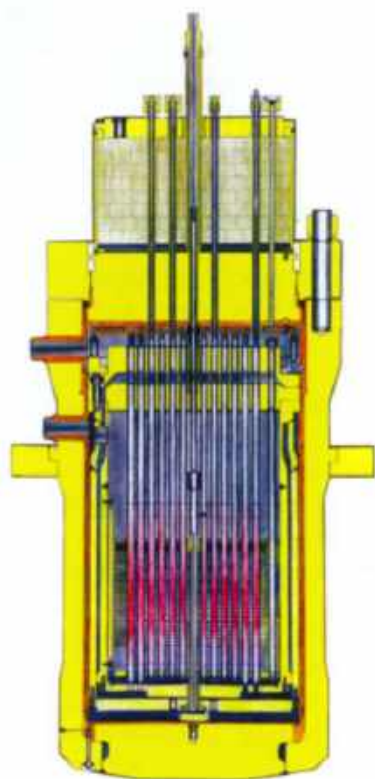
Начавшись на этапе проектирования установки, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в ходе испытаний ее наземного стенда, эксплуатации первой, а затем и серийных АПЛ существенно расширялись по глубине и охвату проблем, встававших перед создателями новой, не имевшей аналогов техники. Вот лишь наиболее крупные составляющие этого процесса:

- создание надежных, обоснованных результатами экспериментальных исследований методов физических расчетов водо-водяных реакторов (сформировались к началу 1970-х гг.);
- разработка первых критериев обеспечения ядерной безопасности (1965 г.);
- создание методики и программных средств для расчета теплотехнической надежности активных зон (середина 1960-х гг.);
- разработка принципов формирования, испытания кандидатных материалов и макетных образцов компактной радиационной защиты, создание методик ее расчета (начало 1960-х гг.);

- создание математических моделей реакторной установки и ее систем, исследования динамических и аварийных процессов, определение условий и пределов безопасной эксплуатации установки (начало 1970-х гг.);
- исследования кандидатных конструкционных и сварочных материалов для оборудования и трубопроводов реакторной установки, разработка и внедрение новых материалов (середина 1960-х гг.);
- разработка методов расчетных и экспериментальных исследований напряженного состояния оборудования установки, критериев обеспечения его прочности с учетом корабельных условий (середина 1960-х гг.);
- разработка технологии сварки и методов контроля сварных соединений трубопроводов из нержавеющей стали (начало 1960-х гг.);
- разработка и внедрение самоподдерживающегося водно-химического режима в первом контуре ППУ (1965 г.);
- формирование научно обоснованной эксплуатационной и нормативной документации по установке (конец 1960-х гг.);
- комплекс работ для повышения надежности и сроков службы составных частей реакторной установки – активной зоны, трубных систем парогенераторов, теплообменников, насосов, арматуры и др. (середина 1960-х гг.).

Даже из этого далеко не полного перечня видно, что развернутые расчетные и экспериментальные исследования, опытно-конструкторские работы существенно

выходили за рамки обоснования конкретных решений по реакторной установке первой АПЛ. Фактически закладывалась научно-техническая база будущего интенсивного развития ядерной энергетики с данным типом реактора для использования ее не только на подводных и надводных кораблях, но и на атомных электростанциях. Характерны в этом плане, например, работы по решению одной из острейших в начале 1960-х гг. проблемы повышения надежности парогенератора. Дело в том, что уже через 500–700 ч эксплуатации трубные системы начинали терять герметичность, что приводило к необходимости отключения части секций парогенератора и снижения мощности ППУ, к частым заменам цилиндрических камер на новые. Было установлено, что причиной этих неприятностей является неизвестная ранее разработчикам установки и ее оборудования органическая «болезнь» высоконапряженных трубных систем, изготовленных из аустенитной стали – процесс их интенсивного коррозионного повреждения в присутствии кислорода и хлоридов, попадающих во второй контур ППУ из забортной воды через



Реактор ВМ-А

микронеплотности конденсатора турбины. Примечательно, что на аустенитных трубах восьми камер, эксплуатировавшихся на стенде 27/ВМ, такого явления отмечено не было, поскольку в стендовой ЯЭУ конденсатор охлаждался не морской, а пресной водой.

Исследования и разработки были нацелены на поиски как методов и средств обеспечения качества теплоносителей, так и устойчивых против указанной «болезни» материалов труб, улучшенных технологий их гибки и сварки, более жестких способов контроля качества конденсаторов. Все это приносило свои плоды: продолжительность работы трубных систем увеличивалась. Однако кардинально ситуация изменилась после создания и внедрения на АПЛ первого поколения парогенераторов с трубами из титановых сплавов. Именно эти сплавы стали использоваться затем в конструкциях парогенераторов ППУ с водяными реакторами всех последующих отечественных атомных подводных лодок.

Небезынтересно отметить в этой связи, что с аналогичной проблемой столкнулись и зарубежные разработчики корабельных реакторных установок. Там, как стало известно позднее, выход был найден в применении устойчивых к данному виду коррозии, но весьма дорогих труб из высоконикелевых сплавов.

В 1954 г. к работам по созданию АПЛ и ее энергоустановки впервые привлекаются военные моряки. Проведенное экспертами ВМФ рассмотрение технического проекта лодки привело к пересмотру назначения корабля и состава его вооружения. Было решено отказаться от первоначального замысла использовать АПЛ в качестве транспортного средства для доставки большой торпеды с термоядерным зарядом для удара по береговым базам противника. Эти изменения практически не отразились на ЯЭУ и ее составных частях, проекты которых уже передавались предприятиям промышленности для разработки рабочих чертежей и изготовления.

Оборудование стендовой и корабельной установок изготавливали ведущие заводы страны: Ленинградский Кировский (паротурбинные агрегаты и насосы первого контура), Балтийский (парогенераторы), Ижорский и «Баррикады» (крупногабаритные поковки), Щелковский (насосы третьего контура), Сумский машиностроительный (насосы четвертого контура, теплообменники), «Знамя труда» и им. Лепсе (сильфонная арматура), «Манометр» (контрольно-измерительные приборы), «Электросила» (токопреобразователи). Свою лепту вносили и опытные производства институтов и конструкторских бюро – НИИ «Теплоприбор», ОКБ-12, ПКБ-12, ЦКБА, НИИ-8, ВНИИЭМ.

Большая часть оборудования ППУ – реакторы, исполнительные механизмы системы управления и защиты, железобетонные защиты, баллоны компенсаторов давления, фильтры и крупные трубопроводы теплоносителя первого контура, герметичные выгородки реакторного отсека и др. – изготавливалась заводом № 92. Рабочие чертежи этого оборудования разрабатывались сотрудниками ОКБ завода вместе с большой группой конструкторов НИКИЭТ. Руководили этим процессом Ю.Н. Кошкин и П.А. Деленс. После отработки технологическими службами завода чертежи сразу же передавались в цеха. Изготовление шло при постоянном сопровождении авторов проекта, что давало возможность оперативно преодолевать различного рода трудности, возникавшие при освоении

производства необычной для завода техники. Наиболее сложные проблемы решались во время посещений завода А.П. Александровым и Н.А. Доллежалем.

К лету 1955 г. первый из реакторов, предназначавшийся для стендовой установки, был изготовлен и загружен тепловыделяющими сборками, и в одном из цехов завода под руководством А.П. Александрова бригада физиков ЛИП АН и НИКИЭТ на этой своеобразной критической сборке провела контрольные эксперименты по уточнению ряда нейтронно-физических характеристик активной зоны. Их результаты позволили еще до отгрузки реактора с завода внести необходимые коррективы в конструкцию ряда элементов.

Работы инженеров НИКИЭТ продолжались и после изготовления оборудования реакторных установок. Они активно участвовали в его монтаже на стенде 27/ВМ и опытной АПЛ проекта 627, в подготовке пусков РУ. Примечательно, что первый физический пуск стендового реактора, т.е. вывод его на контролируемый уровень мощности 1956 г. А.П. Александров доверил осуществить сотруднику института, недавнему выпускнику МИФИ, заслуженному летчику-фронтовику А.Д. Жирнову, ставшему впоследствии руководителем физического отдела НИКИЭТ.

...В марте 2006 г. в Обнинске в ГНЦ РФ – ФЭИ им. А.И. Лейпунского прошла научно-практическая конференция по корабельным реакторным установкам. Конференция была приурочена, как значилось в ее программе, «...к 50-летию со дня пуска стенда 27/ВМ – наземного прототипа первой корабельной ядерной реакторной установки, положившей также начало развитию гражданской атомной энергетики с реакторами типа ВВЭР». Обсуждая сделанное за 50 лет и перспективы дальнейших работ, участники конференции отмечали высокую значимость события, произошедшего полвека тому назад. Действительно, в истории отечественного атомного флота день 8 марта 1956 г., когда был осуществлен физический пуск реактора ВМ на стенде, занимает особое место, поскольку и сам пуск, и последовавший за ним успешный ввод в работу всей энергоустановки свидетельствовали о том, что задача создания первой в СССР корабельной ЯЭУ решена. А.П. Александров, поздравляя в те дни участников работ – конструкторов, физиков, монтажников, эксплуатационников, военных моряков из первых экипажей АПЛ, – пожелал всем «легкого пара».



Первая советская атомная подводная лодка (пр. 627)

Но совсем легким пар не стал. Новая техника, неизведанность многих процессов, протекающих в ней, неосвоенность ряда технологий, отсутствие аналогов, связанные со всем этим конструкторские и заводские недоработки порождали множество трудностей. И преодоление их шло путем более глубокого познания установки, накопления опыта работы на ней, использования результатов проводившихся НИОКР для совершенствования ее оборудования, систем, режимов эксплуатации. Эти процессы сопровождали и работу ЯЭУ на стенде в Обнинске, и строительство подводной лодки на заводе в Северодвинске, и начавшиеся в июле 1958 г. ходовые испытания первого советского атомохода К-3, и период его опытной эксплуатации после передачи лодки в состав ВМФ. А все лучшее из технических решений по усовершенствованию ППУ вошло в проект модернизированной установки ВМ-А, использовавшейся в дальнейшем, начиная с головного корабля серии из 12 АПЛ проекта 627А.

В 1958–1965 гг. было построено и введено в строй 55 АПЛ первого поколения, среди них многоцелевые подводные лодки по проектам 627 и 627А разработки СКБ-143, подводные лодки с баллистическими и крылатыми ракетами по проектам 658, 675, 659 разработки ЦКБ-18. Столь мощное пополнение отечественного подводного флота кораблями с ядерными энергоустановками, сделавшими его действительно подводным, не только количественно, но и качественно изменило оборонный потенциал наших военно-морских сил. Создание легендарной К-3, верно прослужившей 30 лет, положило начало таким изменениям, равно как и становлению и развитию новой для страны отрасли промышленности – атомного судостроения, новой области отечественной науки и техники – корабельной ядерной энергетики.

Важнейшим результатом этих процессов стала возможность создавать подводные лодки с выдающимися корабельными качествами. К ним относится и опытная АПЛ проекта 661 (тактический № К-162) – «Золотая рыбка», как любовно именовалась она на флоте и среди участников ее создания, открывшего собой новый этап развития техники наших подводных сил.

В различных информационных материалах об этой АПЛ главное внимание, как правило, уделяется тому, что она была первой в мире подводной лодкой с корпусом из титанового сплава. А ведь на ней работала и самая мощная в мире для атомных субмарин той эпохи двухреакторная установка В-5. Она обеспечивала паром две турбины мощностью по 40 000 л.с. Именно сочетание передовых кораблестроительных решений по самой лодке и мощи размещенной на ней компактной ядерной энергоустановки сделало «Золотую рыбку» мировым рекордсменом по скорости хода под водой.

Предыстория ППУ В-5 началась в середине 1955 г., когда еще полным ходом шли сооружение стенда 27/ВМ, разработка рабочих чертежей и изготовление оборудования ППУ для первой АПЛ. Уже на завершающих стадиях проектирования этой установки у ведущих разработчиков – физиков ЛИП АН СССР, конструкторов и физиков НИКИЭТ – появились идеи пересмотреть многие из технических решений по реактору, схеме и компоновке ППУ с целью повышения надежности, безопасности, компактности установки. Рождению этих идей, превращению их в конкретные предложения весьма способствовали творческое взаимодействие с проектировщиками подводных лодок из СКБ-143 и

работавшими в НИКИЭТ флотскими инженерами из 1-го ЦНИИ ВМФ, растущее понимание реакторщиками корабельной специфики и требований ВМФ. Свою роль сыграли и уроки изготовления первой ППУ и ее монтажа на наземном стенде.

Серьезные конструкторские поиски удалось развернуть во второй половине 1955 г. под непосредственным руководством П.А. Деленса в рамках выполнения по техническому заданию СКБ-143 проработок различных вариантов реакторной установки для новой АПЛ проекта 639. Среди этих вариантов, представленных совместно с ЛИП АН в предэскизном проекте в 1956 г. – установка ВК с водяным реактором. Главными особенностями этой установки являлись:

- размещение в активной зоне реактора вместо одного физически «тяжелого» органа компенсации запаса избыточной реактивности нескольких более легких с индивидуальными герметичными воспринимающими давление воды в реакторе приводами, а также герметичность приводов стержней аварийной защиты;
- одноходовые схемы движения воды в активной зоне и внутри ТВС;
- конструкция корпуса реактора – с приварным эллиптическим днищем и нержавеющей наплавкой всей внутренней поверхности, герметизация разъема между корпусом и крышкой с помощью сварного соединения, допускающего его многократный монтаж-демонтаж;
- «обратная» схема прямоточного парогенератора с циркуляцией теплоносителя второго контура не снаружи, а внутри труб для уменьшения гидравлического сопротивления тракта первого контура и улучшения условий для естественной циркуляции его теплоносителя;
- объединение в блок основного оборудования установки: корпус реактора связан короткими патрубками типа «труба в трубе» с двумя цилиндрическими камерами парогенератора с расположенными на них двухскоростными электронасосами теплоносителя первого контура;
- поворотное размещение в отсеке блоков двухреакторной установки.

Таким образом, это был первый проект блочной ППУ со всеми достоинствами, столь важными для использования ее в первую очередь на подводных лодках.

К сожалению, проект 639 не был осуществлен из-за прекращения в 1958 г. работ по ракетам Р-15, которыми намечалось вооружить АПЛ. Вместе с тем НИКИЭТ, выполнивший к тому времени совместно с ЛИП АН технический проект реакторной установки, обоснованный результатами расчетно-экспериментальных работ и испытаний опытных образцов новых элементов оборудования, оказался наиболее восприимчивым к решению весьма смелых задач. Они были поставлены принятой правительством в том же году программой развития новых направлений в развитии подводного кораблестроения. Целью программы было совершить «скачок» в важнейших характеристиках АПЛ: мощности энергоустановки, скорости подводного хода, глубине погружения. Программа, наряду с развертыванием широкомасштабных фундаментальных и прикладных исследований, поиском новых инженерных решений практически по всем компонентам подводных лодок, предусматривала создание на этой основе ряда опытных кораблей. Одним из них стала АПЛ проекта 661. Она разрабатывалась в ЦКБ-16 под руководством Н.Н. Исанина.

Эскизный проект ППУ В-5 для этой лодки, вобравший в себя многие технические новации проекта установки ВК, был выпущен НИИ-8 совместно со специалистами ИАЭ (ЛИП АН) в конце 1959 г. Главным по его разработке стал специально созданный в институте отдел во главе с Н.П. Дорофеевым – талантливым учеником Н.А. Доллежале и П.А. Деленса.

Ставшая родоначальницей ППУ второго и третьего поколений двухреакторная установка В-5 характеризовалась рядом новых, по сравнению с ППУ ВК, технических решений. Среди них:

- формирование парогенератора (с «обратной» схемой циркуляции теплоносителей) из двух групп цилиндрических камер, соединенных патрубками «труба в трубе» соответственно с двумя сборными коллекторами (гидрокамерами), на которых размещались электронасосы первого контура. Гидрокамеры подсоединялись к реактору также патрубками «труба в трубе». В какой-то степени это оригинальное решение было и вынужденным: уровень технологии тех лет не позволял изготовить парогенератор нужной производительности всего в двух цилиндрических корпусах;

- размещение наиболее крупного оборудования и значительной по массе части радиационной защиты на «отключенных» от прочного корпуса лодки фундаментных балках для уменьшения динамических воздействий на ответственные весьма напряженные элементы установки;

- использование в составе радиационной защиты серпентинитового бетона – эффективного, более технологичного, чем применявшиеся на первой АПЛ карборит и засыпка из карбида бора, материала;

- организация единой системы контроля, дистанционного и автоматического управления, защиты ППУ.

Нетрадиционно решился вопрос сооружения наземного стенда для проверки новых технических решений по установке В-5: по предложению Н.А. Доллежале практически штатная ППУ (без активной зоны) была воспроизведена на теплогидравлическом стенде, созданном и работавшем на Ижорском заводе, который после изготовления реакторов, компенсаторов давления, других составных частей ППУ В-5 стал вторым после завода № 92 крупнейшим поставщиком реакторного оборудования. Как и на заводе № 92, создание рабочих чертежей в СКБ Ижорского завода шло с активным участием сотрудников НИИ-8. Вместе с заводскими инженерами и специалистами ЦНИИ-48, для которых завод был почти «родным», разработчики проекта установки осуществляли затем авторское сопровождение процесса изготовления ее оборудования.

В орбиту работ по проекту установки В-5 было вовлечено множество и других организаций, творческие связи с которыми наладились еще при создании ППУ для первой АПЛ. И у головных разработчиков, и у соисполнителей были развернуты разноплановые НИОКР в обоснование проектных решений, создавались необходимые экспериментальные стенды.

Так, впервые в практике отечественного корабельного реакторостроения совместными усилиями НИКИЭТ, завода № 12 и ИАЭ на территории последнего был сооружен и пущен в эксплуатацию полноразмерный физический стенд. Широкие экспериментальные возможности стенда позволили исследовать на нем нейтронно-физические характеристики активной зоны реактора, отработать

методы его управления при реализации той структуры органов воздействия на реактивность, что была предложена еще в проекте установки ВК.

Для выполнения сложных тепловых и гидравлических расчетов в обоснование теплотехнической надежности активной зоны в НИКИЭТ разрабатываются первые в стране математические программы для мощных ЭВМ. Их использование дало возможность провести многовариантные расчеты зоны при различных сочетаниях параметров, более полно изучить процессы отвода тепла от нее во всех режимах работы установки.

Строительство опытной АПЛ проекта 661 на заводе в Северодвинске после ее закладки в декабре 1963 г. растянулось на долгие 5 лет. Связано это было главным образом с тем, что в стране создавалась, по существу, новая отрасль металлургии – промышленное производство титановых сплавов и изделий сортового проката из них. С большим напряжением сил, с задержками по срокам трудности получения этого «капризного» материала, освоения технологий его обработки, выполнения высочайших требований по качеству были преодолены. В декабре 1968 г. АПЛ спускается на воду. А через год подводная лодка после успешного проведения всех необходимых испытаний передается ВМФ. Уже во время ходовых испытаний будущая «Золотая рыбка» продемонстрировала свои возможности: при 80 %-ной мощности энергоустановки лодка смогла развить под водой скорость 42 узла вместо спецификационных 38, а в период опытной эксплуатации при полной мощности ЯЭУ на мерной миле была достигнута скорость 44,7 узла, что по сей день остается мировым рекордом.

Почти двадцатилетняя служба этой АПЛ в составе ВМФ свидетельствует о том, что по своим ходовым и маневренным качествам она не имела аналогов ни в нашем, ни в зарубежном подводном кораблестроении. Ее уникальность – в удачном сочетании новых конструкторских решений как по самой лодке, так и по паропроизводящей установке. Первая блочная ППУ В-5 по удельной массе в 2 раза, а по энергонасыщенности отсека, в котором она размещалась, в 2,5–3 раза превосходила лучшие достигнутые в то время показатели. Создание и эксплуатация АПЛ проекта 661 дали возможность всесторонне проверить новые реакторные и схемно-компоновочные концепции корабельной ядерной энергетики, изучить свойства и поведение новых судостроительных материалов, отработать технологии их производства и применения. Тем самым была проложена дорога для массового строительства АПЛ второго и третьего поколений.

Качественно новым шагом в развитии идей кардинального улучшения схемно-конструкторских решений, в повышении компактности и безопасности корабельных ППУ стал эскизный проект интегральной (моноблочной) установки



Атомная подводная лодка пр. 661

МБУ-40. Он был разработан НИКИЭТ совместно с СКБК Балтийского завода при научном руководстве ИАЭ им. И.В. Курчатова и выпущен в начале 1966 г. Анализ процесса развития разработанных в стране в начале 1960-х гг. проектов серийных установок второго, а потом и третьего поколений показывал, что направлен он был главным образом на совершенствование тех или иных элементов блочных установок, родившихся, как было отмечено выше, по меньшей мере десятилетиями назад. Решение такого рода задач, особенно при массовом строительстве АПЛ, несомненно, было важным делом, однако за ними не было видно перспективы. Логика научно-технического прогресса в корабельном реакторостроении требовала идейного, конструкторского, технологического прорыва, тем более, что сообщения о новых подходах в проектировании судовых ППУ начали появляться и в зарубежных изданиях.

Ответом на эти требования и стал проект МБУ. В нем впервые была предложена конструкция парогенерирующего агрегата, содержащая в одном корпусе, кроме активной зоны и рабочих органов управления ею, также и секционированный парогенератор, и циркуляционный двухскоростной электронасос теплоносителя первого контура, и компенсатор давления этого теплоносителя, и теплообменники расхолаживания реактора – то есть, по существу, все основное оборудование реакторной установки. Какими преимуществами обладала такая конструкция вкупе с рядом других оригинальных технических решений? Не говоря уже об упрощении схемы ППУ, резком сокращении количества и протяженности трубопроводов, о компактности агрегата, позволявшей рациональнее и эффективнее построить радиационную защиту, существенно уменьшалось гидравлическое сопротивление тракта первого контура и, следовательно, потребление энергии на собственные нужды, значительно повышался допустимый уровень мощности установки при использовании естественной циркуляции теплоносителя в агрегате, возрастала ударо- и вибростойкость оборудования, улучшались виброакустические характеристики и динамика ППУ, условия для автоматизации процессов управления ею.

Не менее важным достоинством становилась возможность практически полных сборки и проверки агрегата на машиностроительном заводе, что, безусловно, повышало качество изделия и сокращало трудоемкость монтажных работ на заводе-строителе корабля и дорогое «стапельное» время. Все перечисленное свидетельствовало о появлении проекта принципиально нового типа реакторных установок, способных обеспечить качественное, а с учетом имевшихся в них резервов для модернизации также и долговременное соответствие постоянно возрастающим требованиям флота. А по закону обратной связи такие ППУ открывали перспективы создания кораблей с новыми тактико-техническими возможностями.

Прогрессивность предложенного проекта отмечалась практически всеми специалистами, рассматривавшими его. Такая же оценка была сделана и проходившим в 1968 г. совещанием руководителей Минсредмаша, Минсудпрома, ВМФ и ряда подведомственных им организаций. Отмечалось, что МБУ-40 представляет собой новое конструкторское решение, открывающее путь создания установок ряда мощностей.

Рекомендовалось форсировать работы по созданию опытного образца установки. Во исполнение решения министров и Главкома ВМФ был разработан совместно с СКБ Ижорского завода, СКБК, ЦКБМ и другими соисполнителями технический проект МБУ для наземного стенда, а с начала 1970 г. составные части стендовой установки начали изготавливаться на Ижорском, Балтийском, Кировском и других заводах. Но неожиданно работы были заморожены, а затем и вовсе прекращены. Изготовленное оборудование пошло на металлолом, отчеты по проведенным НИОКР легли на полку. Не помогли многочисленные обращения разработчиков и изготовителей в различные инстанции, вплоть до самых высоких. Просьбы и доводы потонули в бюрократических недрах. Вряд ли можно установить причины произошедшего, очевидно только одно – было потеряно драгоценное время, поскольку через полтора десятка лет идеи и конструкторские решения этих реакторных установок, обладавших явными техническими и экономическими преимуществами, пробили себе дорогу.

С 1980-х гг. они начали воплощаться в моноблочных установках других, чем у МБУ-40, мощностей и размеров, для серии кораблей по проектам СПМБМ «Малахит» (главные конструкторы – Е.С. Корсуков, С.М. Бавилин, Ю.М. Коновалов). Все они – весьма компактные, не обслуживаемые во время работы, полностью автоматизированные ППУ. НИКИЭТ не только разработал их, но и с помощью других предприятий изготавливал в своем опытном производстве. Установки успешно служат флоту.

Опыт их создания и эксплуатации убедительно продемонстрировал ценность предложенных институтом технических решений и реальность их осуществления, а идеи использования достоинств реакторных установок нового типа получают все большее распространение в отечественных разработках объектов не только военного, но и гражданского назначения.

Создание этих кораблей и моноблочных РУ для них было отмечено в 1994 г. Государственной премией РФ. В НИКИЭТ ее лауреатами стали Н.П. Дорофеев и В.А. Шишкин. Несколько сотрудникам института были присвоены почетные звания России.

...В начале 1970-х гг. в Канаде, а через несколько лет во Франции и других странах, были начаты проработки и исследования с целью изучения возможностей создания и использования ЯЭУ малой мощности в качестве вспомогательных на подводных лодках различного типа. В нашей стране установка такого назначения уже в 1971 г. была изготовлена и поставлена на стенд, а к середине 1980-х гг. наглядно продемонстрировала свои возможности и на подводной лодке.

Это пионерная установка ВАУ6, проектные предложения по которой были подготовлены в 1964 г. в НИКИЭТ совместно со специалистами ИАЭ им. И.В. Курчатова, Калужского турбинного завода и НИИ электромеханики. Необходимость ее создания активно поддержал Главнокомандующий ВМФ С.Г. Горшков, поскольку главным назначением установки было обеспечение зарядки аккумуляторных батарей дизель-электрических подводных лодок (ДЭПЛ) без их всплытия. Тем самым открывалась перспектива сделать эти многочисленные в нашем флоте корабли действительно подводными. Поэтому заинтересованность в такой установке, поддержка и участие специалистов 1-го ЦНИИ ВМФ в работах сопровождали весь дальнейший процесс создания ВАУ6.

Проектирование было развернуто сразу по всем основным составляющим энергоустановки – реактору, турбине, электрогенератору – с одновременной привязкой ее к кораблю – ДЭПЛ проекта 651, которая осуществлялась под руководством Н.И. Кваши в ЦКБ «Лазурит». ВАУ6 необычна по многим компонентам: по новизне компоновки энергоблока в целом и схемы его размещения в контейнере в кормовой части корабля, по оригинальности конструкции полностью герметичного высокооборотного турбогенератора, по устройству конденсатора и применяемых для него материалов, по уровню автоматизации – впервые на корабельных ЯЭУ появилась разработанная также в НИКИЭТ единая система контроля, регулирования управления и защиты. Также впервые в корабельных установках была использована одноконтурная схема, отвод тепла от активной зоны реактора осуществлялся только за счет естественной циркуляции воды, впервые проектировщики энергоустановки полностью исключали необходимость доступа к ней во время работы. Нетрадиционным был и непосредственный руководитель проектирования установки – Вера Николаевна Аксенова – единственная в отрасли женщина, возглавлявшая конструкторский отдел, который разрабатывал реакторные установки для подводных лодок.

Новизна технических решений, особенно по реакторному блоку установки, потребовала выполнения большого объема разноплановых исследований. Вот лишь несколько примеров.

С помощью критической сборки, созданной в ИАЭ им. И.В. Курчатова, уточнялись методики физического расчета активной зоны, охлаждаемой двухфазным теплоносителем. Гидродинамика реактора и сепарация пара изучались на сооруженной в НИИ-8 натурной модели аппарата. Проблемы активации и очистки теплоносителя исследовались в НИФХИ им. Л.Я. Карпова. Рациональная компоновка оборудования и защиты отработывалась конструкторами НИИ-8 на изготовленном в институте макете.

Изготовление всех составных частей установки осуществлялось самими организациями-разработчиками в двух экземплярах: один – для сооружавшегося в филиале ИАЭ в г. Сосновый Бор стенда, другой – для корабля. Испытания ВАУ6 на стенде стартовали в 1972 г. После начальной неудачи («пережог» большого числа твэлов), вызванной недостатком знаний о поведении реактора в переходных режимах, но не имевшей, тем не менее, никаких радиационных последствий, программа многочисленных исследований установки была выполнена целиком. Энерговыработка активной зоны за время испытаний превысила расчетное значение.

Полученный на стенде опыт позволил не только успешно провести регламентированный комплекс испытаний второго образца установки непосредственно на корабле, но и выполнить программу работ при его опытной эксплуатации, завершившейся в 1986 г. и подтвердившей проектные характеристики ВАУ6, безопасность и перспективность ее использования.

Корабельный вариант ВАУ6 прошел успешные заводские и ходовые испытания (1986–1991 гг.) на опытной ДЭПЛ проекта 651Э (разработчик – ЦКБ «Лазурит»). ВАУ6 – первая в мире реализованная вспомогательная энергоустановка для подводных кораблей. Попытки создания подобного рода комплексов в ряде зарубежных стран оказались неудачными. Заслуги создателей

ВАУБ отмечены в 1999 г. премией Правительства РФ. В НИКИЭТ ее лауреатом стал А.М. Ильин.

К сожалению, произошло это уже накануне крутых изменений в стране, ее экономике, военно-промышленном комплексе...

Эта статья, конечно, не охватывает всего, что было сделано НИКИЭТ во взаимодействии с другими организациями для Военно-Морского Флота во время создания первой отечественной АПЛ и в последующие годы интенсивного строительства подводных лодок с ядерной энергетикой. Многое осталось в поисковых проработках, выполненных для определения направлений развития корабельной реакторной техники, осуществлению некоторых перспективных проектов воспрепятствовал недостаточный на то время уровень технологий; другие, вполне осуществимые, стали «жертвами» сложившейся системы заказов и производства техники для флота.

Каждый из реализованных проектов, о которых здесь рассказано, недаром сопровождается словом «первый». Это были действительно «прорывные» достижения по новизне идей и их воплощения в конкретных технических решениях, по влиянию на последующие разработки, по творческому стремлению заглянуть в будущее...

В НИКИЭТ продолжается уже несколько десятилетий творческий марафон, вернее, «бег с препятствиями» (в основном внешними) конструкторов и исследователей НИКИЭТ в интересах развития отечественного Военно-Морского Флота. На этом длинном пути у «бегунов» были удачи и неудачи, но главное – была и остается нацеленность на поиск и воплощение в реальные конструкции новых идей и технических решений, многие из которых уже задали и продолжают задавать векторы научно-технического прогресса в этой области.

Следует отметить, что создание ядерной энергетической установки для первой советской АПЛ заложило основы развития в стране корабельной ядерной энергетики, связанных с нею новых направлений исследований и разработок, новых производств, подготовки кадров науки, промышленности, флота по новым специальностям. Эта ЯЭУ, сконструированная в отсутствие сколько-нибудь значимых данных об установке первой американской АПЛ «Наутилус», введенной в эксплуатацию на 4 года раньше нашей АПЛ, не только не уступала ЯЭУ «Наутилуса», но и во многом превосходила ее.

Применение ядерной энергетической установки позволило создать мощный и компактный единый двигатель, одинаково эффективно и практически без ограничения времени работающий и над и под водой, осуществить мечту многих поколений конструкторов подводных лодок. Если раньше дизель-электрические подводные лодки фактически были кораблями «ныряющими», а не подводными в строгом смысле этого слова, так как после недолгого погружения вынуждены были всплывать для подзарядки аккумуляторных батарей, то подводные лодки, оснащенные ЯЭУ, действительно стали подводными. ЯЭУ обеспечивала недостижимые прежде качества по возможности скрытно, без всплытий и с высокими скоростями перемещаться на большие расстояния в морских глубинах. Дальность и длительность похода уже не ограничивались ресурсами дизельного топлива. Как известно, наши АПЛ имеют опыт морских кругосветок, прохождения под ледяным куполом северной приполярной зоны и т.д.

Особенно важно отметить, что ЯЭУ позволила кардинально расширить возможности совершенствования вооружения подводных лодок, в том числе с нанесением ударов по противнику из подводного положения. Тяжелые подводные атомные ракетные крейсера и другие подводные корабли российского ВМФ являются важнейшими элементами военного могущества нашей Родины.

3.3. Исследовательские и изотопные ядерные реакторы

Развитие атомной энергетики неразрывно связано с формированием научных и практических знаний в ряде отраслей, включающих ядерную физику, материаловедение, теплогидравлику и т.п., для создания необходимой техники и технологий. Одним из наиболее важных инструментов для этой цели всегда были исследовательские реакторы (ИР), основанные на разнообразии физических принципов и соответствующих технических решений применительно к их целевому назначению. Большую роль в становлении и поддержании оборонного и научно-технического потенциала нашей страны сыграли изотопные реакторы для производства радионуклидов различного назначения. По традиции времен Первого атомного проекта Советского Союза изотопные реакторы часто по-прежнему называют промышленными реакторами.

3.3.1. Исследовательские реакторы

Наиболее бурное развитие исследовательского реакторостроения в России происходило в 1960–1970-е гг. Предвидя это, Н.А. Доллежалъ еще в 1957 г. подписывает приказ о создании специализированного конструкторского отдела исследовательских и промышленных реакторов во главе с Ю.М. Булкиным. Это решение оказалось судьбоносным как для НИКИЭТ, так и для отрасли в целом – именно в этом отделе института конструирование исследовательских ядерных установок выкристаллизовалось как особое направление реакторостроения. Это решение оказалось и крайне своевременным, поскольку налицо были потребности атомной науки и техники во все большем числе установок с все большими экспериментальными возможностями. В решении этих задач институт принял непосредственное и активное участие.

О вкладе НИКИЭТ в распространение ИР по территории страны и за ее пределы красноречиво говорит тот факт, что по проектам института построено более 25 исследовательских ядерных установок различного типа, уровня мощности и назначения, многие из которых эксплуатируются и сегодня.

Значительную часть ИР, сконструированных институтом в сотрудничестве с Институтом атомной энергии, составляют серийные реакторы (водо-водяные) бассейнового типа ИРТ. Основными достоинствами этого типа реакторов являются их невысокий уровень капитальных затрат, простота конструкции, универсальность, а также удобство и безопасность эксплуатации. Реакторы такого типа были построены в Грузии, Латвии, Белоруссии, Болгарии, КНДР, Ираке, а также в Москве, в МИФИ. На базе построенных реакторов были созданы научные центры.

В процессе эксплуатации многие из перечисленных реакторов были модернизированы, в результате чего их мощность увеличена в 3–8 раз;

потребительские характеристики значительно улучшены, а все важные для безопасности системы приведены в соответствие с требованиями современных норм и правил безопасности.

Проект реактора ИРТ разрабатывали в группе, которой руководил Е.Н. Волков. В состав группы входили такие в будущем известные в институте и отрасли специалисты, как В.И. Зеленов, В.Е. Пирогов, В.С. Лобанов, Е.Н. Воскресенская, А.Н. Малышев, Т.А. Белова, А.В. Завьялова. В разработке систем управления и защиты (СУЗ) этого реактора принимали участие сотрудники отдела № 8 В.В. Виноградов и М.В. Ярош.

Реализуя свою концепцию НИКИЭТ как института, в котором должны быть созданы условия и технические средства для объединения усилий конструкторов, производителей и экспериментаторов, основатель и первый директор Н.А. Доллежалъ добился создания в 1961 г. на территории НИКИЭТ исследовательского реактора ИР-50.

Исследовательский водо-водяной реактор ИР-50 – реактор бассейнового типа, построен в 1959–1960 гг. Физический пуск реактора и вывод на мощность 50 кВт был осуществлен 20 февраля 1961 г. По своему назначению многопрофильный, реактор ИР-50 более 30 лет эффективно использовался для решения гражданских и оборонных задач в области ядерных технологий. Основные работы на ИР-50 были связаны с физикой и техникой радиационной защиты, разработкой новых материалов защиты, детекторов ионизирующих излучений, систем контроля и управления ядерными установками.

В 1960-е гг. в России и за ее пределами по проектам НИКИЭТ один за другим сооружаются исследовательские реакторы типа ИРТ.

Исследовательские реакторы типа ИРТ, введенные в эксплуатацию в 1960-е гг. в различных странах

Реактор	Местонахождение	Год ввода в эксплуатацию	Тепловая мощность, МВт
ИРТ-М	Грузия, Тбилиси	1959	8,0
ИР-50	Москва, НИКИЭТ	1961	0,05
ИРТ-София	Болгария	1961	2,0
ИРТ-5	Латвия, Рига	1961	5,0
ИРТ-4	Беларусь, Минск	1962	4,0
ИРТ-8	КНДР, Йонбен	1965	8,0
ИРТ-5000	Ирак, Аль-Эт-Тувайс	1967	5,0
ИРТ-МИФИ	Москва, МИФИ	1967	2,5
ИРТ-Т	Томск, ТПУ	1967	6,0

Логическим завершением направления бассейновых реакторов типа ИРТ является создание в 1966 г. исследовательского реактора ИВВ-2 в Свердловском филиале НИКИЭТ (ныне ОАО «Институт реакторных материалов»).

Определяющими специалистами при разработке конструкции реактора были В.И. Зеленов (отдел № 6), впоследствии ставший директором СФ НИКИЭТ,



*Экспериментальная ниша с откатным коробом
и защитной откатной дверью на реакторе ИР-50*

и А.Т. Терехов (отдел № 5). Именно они в значительной степени определили конструктивную схему ИВВ-2. В ходе разработки реактора был широко использован опыт проектирования серийной установки ИРТ, при этом реализовано много оригинальных идей.

Впервые в практике исследовательского реакторостроения была внедрена модульная схема компоновки оборудования, где активная зона, теплообменник I контура, циркуляционный насос и трубопроводы размещаются в бассейне реактора.

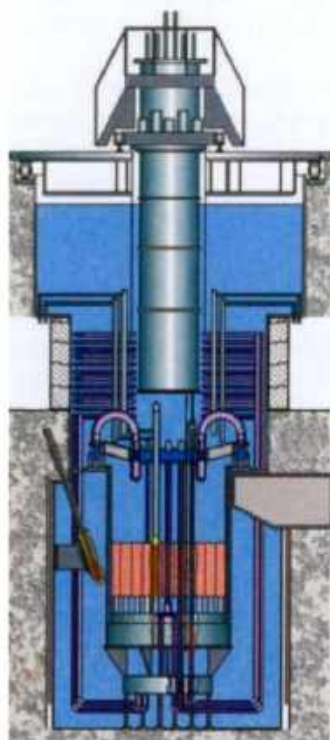
Кроме того, была реализована идея, позволившая расширить экспериментальные возможности реактора и повысить характеристики экспериментальных объемов посредством секционированной компоновки активной зоны, каждая из секций которой образует нейтронную ловушку. Блочная структура активной зоны и отражателя обеспечивает высокую приспособляемость реактора ИВВ-2 для ведения различных экспериментов.

После глубокой модернизации в 1982 г. реактор именуется ИВВ-2М и имеет технические характеристики, позволяющие ему оставаться наиболее эффективным ИР России.

В процессе нескольких модернизаций мощность реактора была увеличена с 5 до 15 МВт и достигла наибольшей плотности потока нейтронов в бассейновой конструкции реактора.

В создание, освоение и совершенствование реактора свой опыт и знания вложили многие сотрудники НИКИЭТ и его филиала, в том числе В.Г. Аден, Ю.М. Булкин, В.С. Лобанов, В.М. Петров, И.А. Стенбок, Е.Ф. Карташев, В.И. Власов, В.И. Васенков, С.Г. Карпенко, В.И. Уваров (СФ НИКИЭТ).

Огромный опыт, накопленный специалистами НИКИЭТ при проектировании и реализации проектов ИР серии ИРТ, позволил спроектировать и создать целый ряд специализированных реакторов бассейнового типа, таких как учебные реакторы для Военно-морского флота УР-5 (г. Ленинград) и ИР-100 (г. Севастополь), реактор для активационного анализа руд в производственном цикле Норильского горно-химического комбината РГ-1, для медико-



*Вертикальное сечение
реактора МИР-М1*



*Реактор МИР-М1,
погруженный в бассейн*

биологических исследований СВВ-1 (г. Москва) и, наконец, реактор ИР-50 (НИКИЭТ) для исследования материалов биологической защиты и приборного парка отрасли.

Над созданием этих реакторов трудился большой коллектив института. В отделе № 6 основной объем работ был выполнен специалистами группы В.С. Лобанова, а в качестве ключевых специалистов необходимо отметить В.М. Петрова, В.Е. Пирогова, Е.Н. Воскресенскую.

В странах дальнего зарубежья по нашим проектам были построены и успешно эксплуатируются по сегодняшний день многофункциональный ИР бассейнового типа ИВВ-10 (1982 г., Ливия) мощностью 10 МВт и реактор для накопления изотопов ИВВ-9 (1984 г., Вьетнам).

В проектировании этих реакторов принимал участие практически весь коллектив отдела, но наибольший вклад внесли А.П. Бовин, Г.И. Грубич, В.И. Трушкин, В.Е. Пирогов, А.В. Хорошилов, а также специалист отдела № 5 А.С. Терехова.

Одновременно с решением задачи по расширению реакторной экспериментальной базы, НИКИЭТ активнейшим образом в содружестве с коллегами из других институтов отрасли работал над увеличением плотности нейтронного потока, стремился к достижению рекордных уровней этой важнейшей характеристики ИР.

Конечно, первенство здесь держит не превзойденный до сих пор по уровню плотности потока нейтронов для водо-водяных реакторов реактор СМ-3 (СМ-2 до реконструкции). Высокопоточный реактор СМ-2 был введен в эксплуатацию в 1961 г. в НИИАР (г. Димитровград) с тепловой мощностью 50 МВт. Идеологом этого реактора являлся С.М. Фейнберг, выдвинувший идею разместить в центре компактной активной зоны водяную ловушку с высокой плотностью тепловых нейтронов. Проект реактора выполнил НИКИЭТ под руководством Н.А. Доллежала и Ю.М. Булкина.

Реактор СМ-2 разработан для облучения образцов реакторных конструкционных материалов, изучения их свойств после облучения, накопления трансурановых элементов и экспериментов по ядерной физике. В несколько этапов

параметры реактора, включая тепловую мощность, были повышены, пока он не достиг плотности потока тепловых нейтронов до $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при тепловой мощности 100 МВт.

В 1991–1992 гг. реактор СМ-2 был подвергнут глубокой реконструкции с установкой нового корпуса реактора и сохранением уровня тепловой мощности и нейтронного потока. После реконструкции реактор стал называться СМ-3.

Важным этапом на пути расширения экспериментальных возможностей явился многопетлевой исследовательский реактор МИР.М1, который был предназначен в основном для испытаний новых топливных и конструкционных материалов. Это высокопоточный петлевой канальный реактор, погруженный в бассейн, он был сооружен в НИИАР в 1966 г.

Конструкция реактора МИР обеспечивает уникальные экспериментальные возможности для исследователей. При максимальной плотности потока нейтронов $5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ реактор позволяет вести эксперименты в 11 петлевых экспериментальных каналах.

Наконец, предметом особой гордости института является уникальный исследовательский импульсный реактор периодического действия ИБР-2. Реактор ИБР-2 был разработан по проекту НИКИЭТ и сооружен в Объединенном центре ядерных исследований (ОИЯИ, г. Дубна) в течение 1969–1980 гг. Реактор был введен в эксплуатацию 24 февраля 1984 г. после испытаний и исследований его во время физического (1977–1978 гг.) и энергетического пусков (1980–1983 гг.). С 1984 по 2007 гг. реактор работал в общей сложности около 50 тыс. ч, предоставляя физикам при относительно небольшой мощности реактора (всего 2 МВт) один из самых интенсивных потоков тепловых нейтронов в мире ($10^{16} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ в пике на поверхность замедлителя). Наибольший вклад в разработку и создание реактора ИБР-2 внесли Н.А. Хрястов, В.С. Смирнов, В.Д. Сизарев, которые за создание ИБР-2, наряду со специалистами ОИЯИ и других институтов отрасли, были удостоены премии Правительства России.

В 1994 г. состоялся пуск источника нейтронов ИН-6 в Институте ядерных исследований Российской академии наук в г. Троицке. Проект был начат в конце 1970-х гг., а период изготовления, монтажа и пусконаладки выпал на конец 1980-х – начало 1990-х гг. Работа над проектом и его сопровождением велась в группе Н.А. Хрястова с активным участием В.И. Трушкина, И.Т. Третьякова, А.Е. Мацнева и других сотрудников института.

В начале 1990-х гг. ученые Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ под руководством Е.П. Шабалина задумали создать на реакторе ИБР-2 источник холодных нейтронов с использованием метана в твердой фазе в качестве замедлителя (криогенный замедлитель). НИКИЭТ не только разработал проект криогенного замедлителя, но и изготовил это уникальное устройство, проведя полный комплекс заводских испытаний. Проект выполнялся под руководством И.Т. Третьякова, а ведущим конструктором проекта был В.Е. Пирогов. В 1997 г. криогенный замедлитель был установлен на реактор и отработал установленный проектом ресурс, дав возможность российским и зарубежным ученым выполнить целый ряд интересных исследований с использованием холодных нейтронов.

Примерно в это же время (1997–2003 гг.) началась разработка конструкции подвижного отражателя нового поколения (ПО-3) для реактора ИБР-2.

В ответственной напряженной работе по конструированию ПО-3 принимали активнейшее участие В.Е. Пирогов, Л.Ф. Невская, Н.В. Романова, Р.П. Куатбеков. Физические обосновывающие расчеты выполнил А.В. Лопаткин, а прочностные – Е.В. Чуракова, вибропрочностное обоснование и мониторинг разработал и обеспечил В.Д. Сизарев. Руководитель проекта в институте И.Т. Третьяков был вместе с коллегами из ОИЯИ удостоен первой премии Объединенного центра ядерных исследований за 2003 г.



*Подвижный отражатель ПО-3 на стенде
в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ*

Разумеется, аварии на «Три-Майл-Айленд» и в Чернобыле не могли не сказаться на темпах и векторе развития исследовательских реакторов. Снижение темпов развития атомной энергетики в целом (а стало быть, сужение круга задач для ИР), общественный скепсис по отношению к атомной энергии и повышенное внимание к проблемам безопасности породили период переосмысления, который продлился примерно до 2005 г.

Начало этого периода было ознаменовано сужением круга задач, что привело к уменьшению количества заказов и новых проектов, а соответственно и к снижению потребности в самих реакторах, в кадрах, препятствовало их профессиональному росту: опытные специалисты простаивали, молодые специалисты «вымывались» из тематики. В этот тяжелый период тематика конструирования установок исследовательского назначения была сохранена, сохранен и кадровый костяк носителей знаний, сегодня передающий свой опыт новой генерации молодых конструкторов. В этом большая заслуга В.В. Хмельщикова, В.И. Трушкина, В.Е. Пирогова и И.Т. Третьякова.

Постепенно стала вырисовываться тенденция к количественной и качественной оптимизации парка ИР, соответствующей текущим и перспективным задачам ядерного топливного цикла, другим потребностям общества – это период оптимизации, который мы наблюдаем по сегодняшний день.

Сохранению тематики способствовало и тесное содружество с нашими давними заказчиками и партнерами: ПИЯФ РАН, ОИЯИ, НИИП, ИЯИ

РАН, НИИАР, которые, испытывая дефицит финансовых средств, верили в перспективу ИР и находили возможности и средства для завершения начатых и проведения новых разработок.

За первые 25–30 лет, отсчитывая их с 1957 г. – даты основания специализирующегося на конструировании ИР отдела, – специалисты НИКИЭТ совместно со своими коллегами из проектных и научно-исследовательских институтов, прежде всего ИАЭ, выступавшего в роли научного руководителя во многих проектах, своими разработками обеспечили интенсивное развитие и разнообразие отечественного парка исследовательских ядерных установок при росте основного для них показателя – плотности стационарного потока нейтронов более чем на два порядка – с 10^{13} до $5,0 \cdot 10^{15}$ см⁻²·с⁻¹; а для потока нейтронов в импульсе в реакторе ИБР-2 эта величина достигла 10^{17} см⁻²·с⁻¹. В этот же период за пределами СССР было сооружено более 10 водо-водяных реакторов, базирующихся на проектах типа ИРТ и ВВР.

3.3.2. Изотопные реакторы

Изотопные реакторы используются для обеспечения радионуклидами потребностей страны и отрасли. Реакторы, предназначенные в первую очередь для производства специальных радионуклидов, было принято именовать промышленными.

Разработка водо-водяного реактора бассейнового типа «Руслан» на топливе 90 %-ного обогащения началась в 1967 г. в НИКИЭТ, ИАЭ им. И.В. Курчатова и ВНИПИЭТ (г. Ленинград). За прототип активной зоны была взята активная зона исследовательского водо-водяного реактора с топливом из высокообогащенного урана, а I и II контуры установки разрабатывались исходя из заданных требований по наработке продукта.

При проектировании этой реакторной установки была также обоснована активная зона из естественного урана, предназначенная для наработки другого продукта. Значительный вклад в разработку РУ внесли разработчик изделий активной зоны ВНИИНМ им. А.А. Бочвара и их изготовитель Новосибирский завод химконцентратов.

Разработка проекта РУ и сооружение выполнено на основании соответствующих постановлений ЦК КПСС в 1969 и 1971 гг. В 1981 г. РУ «Руслан» была принята в промышленную эксплуатацию.

НИКИЭТ как главный конструктор РУ отвечал за разработку корпуса реактора, внутрикорпусного оборудования, активной зоны, систем контроля, управления и защиты и совместно с ИАЭ – за обоснование безопасности эксплуатации РУ, разработку режимов ее эксплуатации.

Одним из требований проектирования РУ было достижение коэффициента конверсии не хуже, чем у тяжеловодного реактора. В качестве решения было выбрано создание ТВС зоны нейтронной «ловушки» для размещения поглотителя с разделением спектра в зоне топлива и в зоне поглотителя.

В 1988 г. после успешного завершения физпуска, энергопуска и опытной эксплуатации РУ «Руслан» была выведена на проектную мощность.

4

НИКИЭТ – СЕГОДНЯ

4.1. Общая характеристика

НИКИЭТ – один из крупнейших в России центров ядерной энергетики и технологии, многопрофильный научно-исследовательский институт, занимающийся целым рядом важнейших направлений.

На базе НИКИЭТ созданы и успешно функционируют отраслевые центры Госкорпорации «Росатом» по прочности, надежности и ресурсу оборудования атомной техники и по неразрушающему контролю и диагностике металла оборудования и трубопроводов АЭС.

В настоящее время одной из приоритетных задач института является работа по реализации проекта «Создание транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса», утвержденного Комиссией при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию России. Распоряжением Президента РФ НИКИЭТ назначен единственным исполнителем работ по созданию реакторной установки для ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса.

Это поистине инновационный проект, не имеющий мировых аналогов, ориентированный на осуществление масштабных программ по изучению и освоению космического пространства, на создание качественно новых средств высокой энерговооруженности.

Институту предстоит обеспечить проведение широкомасштабных исследований и проектно-конструкторских работ по созданию ядерной энергетической технологии на основе замкнутого топливного цикла с быстрыми реакторами с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем. Работы по этой принципиально новой технологии являются составной частью Федеральной целевой программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года».

Успехи коллектива НИКИЭТ в разработке широкого спектра исследовательских реакторов по праву обеспечили институту ведущую роль и в этой области ядерной техники. Институт является главным конструктором многоцелевого быстрого исследовательского реактора МБИР, проект которого реализуется в рамках той же Федеральной целевой программы.

Наряду с инновационными проектами НИКИЭТ продолжает работы по традиционным направлениям, среди которых оборонные нужды, обоснование безопасной эксплуатации и продления срока службы энергоблоков с реакторами РБМК, разработка и поставка на АЭС оборудования комплексной системы и защиты.

Еще одно важное направление – разработка и реализация мероприятий по выводу из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов (реакторных установок атомных подводных лодок, исследовательских, промышленных и энергетических реакторов).

Будучи уже в течение ряда лет одним из ключевых российских участников крупнейшего международного проекта ИТЭР, институт продолжает разработку и изготовление конструкций для термоядерного реактора, расширяет рамки своего участия в проекте.

НИКИЭТ также успешно участвует еще в одном масштабном международном проекте – создании Большого адронного коллайдера (БАК) на площадке Европейского центра ядерных исследований. За достигнутые успехи НИКИЭТ получил в 2003 г. ежегодную золотую награду этого проекта, причем решение об этом награждении было поддержано даже представителями США, хотя в это время в отношении института еще действовали санкции президента США.

НИКИЭТ располагает современной производственной и экспериментальной базой, благодаря чему имеется возможность экспериментального обоснования выбранных технических решений и изготовления наиболее сложных конструкций и систем. Это особенно важно, так как в рыночных условиях размещение на машиностроительных заводах заказа на изготовление таких высокотехнологичных, но штучных или малосерийных изделий является чрезвычайно трудной задачей.

Еще со времен «царствования» отечественных ЭВМ типа М-220 и БЭСМ-6 институт относится к предприятиям с сильной вычислительной базой. Недавно в НИКИЭТ введен в эксплуатацию один из новейших российских компьютеров производительностью 1 Тфлопс, создаваемых в РФЯЦ ВНИИЭФ, и созданный в РФЯЦ ВНИИТФ центр обработки данных производительностью 10 Тфлопс. Разработчики инновационных проектов, создаваемых в НИКИЭТ, получили возможность еще более глубокого расчетного обоснования этих проектов. В ближайшей перспективе (2013 г.) планируется увеличение производительности до 100 Тфлопс.

Однако главной надеждой и ударной силой НИКИЭТ являются сами никиевцы, о большинстве которых можно без преувеличения сказать, что они, независимо от возраста и специальности, являются и «птенцами гнезда Доллежалева». Действительно, из поколения в поколение старшие никиевцы уже одним своим отношением к работе прививают младшим товарищам дух команды Николая Антоновича Доллежала, сформировавшийся еще в легендарном «Гидросекторе» более 60 лет тому назад. В НИКИЭТ успешно трудятся ветераны, стаж работы которых в институте составляет 50 и более лет. Им посчастливилось работать непосредственно с самим Николаем Антоновичем и его первыми соратниками.

В настоящее время коллектив НИКИЭТ насчитывает более 1600 человек, из которых более 1000 имеют высшее профессиональное образование, полученное в таких прославленных вузах, как МГУ, МИФИ, МВТУ им. Н.Э. Баумана, МЭИ, МИХМ и др. В штате института 2 члена-корреспондента Российской академии наук, 14 докторов наук и 85 кандидатов наук. Кроме того, 7 сотрудников НИКИЭТ являются профессорами. НИКИЭТ имеет свою аспирантуру, где

обучаются 10 человек. Еще 9 сотрудников НИКИЭТ проходят обучение в аспирантурах других институтов.

Интеллектуальный и научно-технический потенциал НИКИЭТ, нацеленность коллектива на перспективные инновационные разработки и уникальность проектов ядерных установок, их авторское сопровождение на протяжении всего жизненного цикла установки являются основанием для оптимистического взгляда на будущее НИКИЭТ и уверенности в востребованности его труда еще на многие годы вперед.

4.2. Космические ядерные реакторы

Сейчас трудно вспомнить, кому принадлежат слова о том, что коллективу Николая Антоновича Доллежала предстоит заселить своими «творениями» все три стихии: океанские глубины, земную твердь и космические просторы. На поверку эти слова оказались пророческими, так как вслед за размещенными на земной поверхности реакторными установками спецкомбинатов и Первой в мире АЭС и покоряющими «царство Нептуна» реакторами советских атомных подводных лодок пришел черед реакторов космических. Мало кто может с таким знанием и любовью рассказать об истории и результатах космического направления деятельности НИКИЭТ, как Владилен Кондратьевич Уласевич – главный конструктор одного из никиезовских космических реакторов, которому довелось много лет проработать начальником отдела, заместителем директора института.

Итак, обратимся к воспоминаниям В.К. Уласевича.

В начале 1958 г. директор НИИ-8 (ныне НИКИЭТ) Н.А. Доллежал собирал у себя в кабинете небольшую группу специалистов института – физиков, конструкторов, материаловедов для «мозгового штурма» – поиска путей выполнения нового поручения И.В. Курчатова. А поручение в протокольной записи выглядело так: «А.П. Александрову совместно с Б.В. Петуниным 13 января 1958 г. переговорить с т. Доллежалем о привлечении НИИ-8 к проектированию и изготовлению аппарата ДОУД-3». Такое наименование – «до третьего удара» – Игорь Васильевич Курчатов, уже перенесший два инсульта, дал будущему РВД (реактору взрывного действия) или, как он сейчас называется, ИГР (импульсному графитовому реактору).

Ядерно-физическую концепцию аппарата незадолго до этого выдвинул сподвижник Игоря Васильевича С.М. Фейнберг – генератор множества реакторных идей. Согласно его концепции, это должен был быть реактор теплоемкостного типа, в котором тепловая энергия деления урана в процессе цепной реакции не отводится за пределы активной зоны, а аккумулируется в ней за счет разогрева массива содержащегося в активной зоне графита, допускающего без ущерба для его свойств нагрев до весьма высоких температур. Тем самым отпадает необходимость в решении многочисленных проблем организации интенсивного и надежного охлаждения зоны во время работы реактора с помощью теплоносителей (жидкостей или газов). Работая чередующимися с остановками на расхолаживание импульсами («вспышками»), такой реактор

позволил бы получать невиданные прежде плотности потоков нейтронов, обеспечивая высочайшие уровни тепловыделений в испытываемых в реакторе изделиях. Потребность в подобных экспериментах была вызвана, в том числе, разочаровавшимися в нашей стране исследованиями по изучению возможностей применения ядерной энергии в ракетных двигателях.

Применение реакторов в космосе открывало перспективы использования ядерного топлива с его уникальной концентрацией энергии. Но при этом, естественно, требовалось создать аппараты с возможно меньшими габаритами и массой. Отсюда – неизбежность достижения таких энергонапряженностей в единице объема их активных зон, которые на порядки превышали бы достигнутые в реакторах других назначений. Требовалось получить тепло высокого потенциала, что в свою очередь влекло за собой необходимость нагрева рабочего тела (а в этом качестве рассматривался водород) двигателя до необычных для реакторной техники температур. Оценки показывали, что для 2–2,5-кратного увеличения удельного импульса тяги ядерного ракетного двигателя (ЯРД) по сравнению с импульсом двигателей на химическом топливе температура водорода на выходе из реактора должна быть не ниже 3000 К. Добавим к этому необходимость вывода реактора на мощность за секунды.

Очевидно, первым, что надлежало проверить на работоспособность в таких условиях, было ядерное топливо – тепловыделяющие элементы будущего реактора ЯРД. В начале мая 1958 г. И.В. Курчатов и министр среднего машиностроения (нынешнего Минатома РФ) Е.П. Славский обращаются в правительство с предложениями о создании реактора ИГР: «...Представляется важным изучение физических процессов в атомных реакторах при очень больших скоростях наращивания мощности... Большая плотность нейтронов позволит проводить важные физические исследования, в том числе пробные опыты с тепловыделяющими элементами для ракет с атомными двигателями...». К этому времени авторы обращения уже располагали результатами разработок проекта ИГР, выполненных в НИИ-8 при научном руководстве Института атомной энергии (ИАЭ). Это был весьма оригинальный проект первого в стране теплоемкостного реактора. Скелет его активной зоны составляли колонны из чистого графита, а на них нанизывались пропитанные ураном графитовые брикеты. Тем самым исключались опасные перенапряжения несущих колонн при «вспышке» реактора, и активная зона сохраняла свою целостность. Принципиальной особенностью аппарата было отсутствие в его активной зоне каких-либо металлических деталей, что позволяло получать «вспышки» большой мощности, ограничиваемые в пределе только температурой возгонки графита. Основным регулятором реактивности являлась подвижная часть зоны, перемещением которой реактор выводился в критическое или подкритическое состояния. В центре зоны имелась полость, в которой мог располагаться экспериментальный канал большого диаметра для испытываемых образцов.

И.В. Курчатов очень торопил работы по реактору. Едва появились первые эскизы, он уже дал задание на разработку проекта строительной части. Вскоре на Семипалатинском полигоне недалеко от места испытаний первой отечественной атомной бомбы началось строительство необходимых зданий и сооружений. На Северодвинском заводе – строителе атомных подводных лодок – изготовили

требуемые металлические конструкции. Московский электродный завод производил графит нужного качества, в ИАЭ создали технологию пропитки графитовых брикетов ураном, в НИИ-8 изготовили приводы исполнительных механизмов и аппаратуру системы управления и защиты реактора. Параллельно в ИАЭ и НИИ-8 разрабатывались программы физического пуска и исследований аппарата. В декабре 1959 г. по поручению И.В. Курчатова начинает формироваться пусковая бригада. Это поручение Игоря Васильевича было одним из последних в его жизни. Реактор, который он так хотел увидеть работающим, к глубокому сожалению, пускаться уже без него...

Работы по созданию стендовой базы и реактора велись очень быстро. Уже в мае–июне 1960 г. был осуществлен физический («холодный») пуск аппарата и выполнены необходимые исследования, а через год проведена серия пусков реактора с разогревами графитовой кладки уже до 1000 °С. В 1962 г. сотрудники ИАЭ и НИИ-1 начали испытывать в реакторе первые модификации тепловыделяющих элементов, разрабатывавшихся в НИИ-9 (ныне ВНИИНМ им. А.А. Бочвара) и НИИ-1 для ЯРД.

В 1964 г. комиссия под председательством А.П. Александрова, состоящая из представителей Академии наук СССР, заинтересованных министерств и ведомств, научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро, сделала вывод о перспективности использования ЯРД в освоении космического пространства и рекомендовала развитие работ по созданию таких двигателей.

Однако развивать дальше работы по созданию ЯРД, основываясь только на результатах петлевых (по существу, динамических) испытаний в реакторе ИГР одиночных тепловыделяющих элементов и сборок, было нельзя. Это сильно ограничивало возможности экспериментального обоснования проектов и увеличивало время выхода на нужные технические решения. Нужны были ресурсные, с хорошей статистикой испытания основных компонентов активной зоны. Логика реализации концепции определяла необходимость сделать следующий шаг на пути к созданию ЯРД. Требовался специальный экспериментальный аппарат – своего рода наземный прототип реакторов ЯРД, который, соответствуя последним принципиальным схемно-конструкторским решениям, материалам и размерам активной зоны, давал бы возможность при каждом пуске исследовать ее коллективные характеристики (нейтронно-физические, тепловые, динамические и др.), изучать переходные и стационарные режимы работы. В то же время он должен был быть достаточно универсальным, позволяя испытывать статистически значимое количество одинаковых или различных по типу, геометрии и составу тепловыделяющихборок на одинаковых для всех или разных режимах, просто и безопасно заменять сборки после испытаний.

Подготовленное в ИАЭ им. И.В. Курчатова и обоснованное расчетами техническое задание на разработку такого реактора в феврале 1965 г. было утверждено А.П. Александровым. В конце этого же года по решению Е.П. Славского к его проектированию при научном руководстве ИАЭ приступил НИКИЭТ. Функции конструктора-технолога и изготовителя тепловыделяющихборок были возложены на НИИТВЭЛ (ПНИТИ, ныне НПО «Луч»). Проектирование стендового комплекса, необходимого для работы реактора,

поручили ГСПИ-11 (ныне ВНИПИЭТ). Местом размещения комплекса вновь был определен Семипалатинский полигон.

Основные технические решения по реактору (он получил обозначение ИВГ.1) с расчетной тепловой мощностью 720 МВт наместились уже в эскизном проекте, выпущенном в 1966 г. Это – канально-корпусной аппарат с водяным замедлителем и газовым теплоносителем, отражателем из бериллия. Его активная зона формируется из 31 тепловыделяющей сборки, причем в центральной из них обеспечивается нейтронный поток в 1,5 раза больший, чем средний по зоне. Для зоны характерна высокая энергонапряженность всех ее составных частей. Так, в тепловыделяющих сборках она на порядок превышает обычные для реакторов значения, что потребовало поиска и реализации принципиально новых подходов к выбору материалов и конструкции тепловыделяющих сборок.

Американские специалисты создали для реакторов ЯРД термостойкий топливный элемент на основе графита, но графит при температурах выше 2500 К начинает интенсивно размыться в среде водорода. Ученые и инженеры из НИИ-9 и НИИТВЭЛ к концу 1960-х гг. предложили карбидный тепловыделяющий элемент. И хотя термостойкость карбида существенно меньше, чем графита, что, естественно, не могло не приводить к нарушению целостности элементов в жесточайших условиях работы, такой выбор был вполне оправданным. Он базировался на предложенной концепции прогнозируемого разрушения керамических элементов, положенной в основу оригинальной конструкции сборки, сохранявшей свою работоспособность даже при поломках тепловыделяющих элементов.

Вообще в проекте реактора было много необычных для того времени технических решений. Например, впервые в отечественной практике для изготовления ряда крупногабаритных внутриреакторных узлов использовались бериллий и титановые сплавы, в качестве рабочих органов изменения реактивности и аварийной защиты предусматривалось применение поворотных регулирующих цилиндров («барабанов») со стержнями-поглотителями, расположенных вокруг активной зоны, а их поворот осуществлялся комбинированными электрогидравлическими приводами. Добавим к этому разработку первой в нашем исследовательском реакторостроении комплексной системы управления, регулирования и защиты реактора и стенда. Она сочеталась с системой регистрации и анализа потока экспериментальной информации, поступавшей с многочисленных датчиков. Характерные для этого реактора быстротекущие процессы контролировались с помощью ЭВМ.

Уникален был и стендовый комплекс, призванный обеспечивать не только технические возможности и удобство проведения испытаний, но и максимальную их безопасность. Он включает большое число наземных и подземных сооружений, зданий и систем. Помимо реактора и аппаратуры контроля и управления, это – десятки километров водоводов с насосными установками, линий электропередач с трансформаторными подстанциями, расположенные на большой глубине в скальных породах шаровые емкости объемом по 900 м³ для хранения сжатого до 350 атмосфер взрывоопасного водорода, наземные баллоны высокого давления для воды и «расколаживающего» активную зону азота, многочисленные трубопроводы, кабельные трассы и другие коммуникации, средства автоматики

и дозиметрического контроля, надреакторные и подреакторные устройства и агрегаты для замены компонентов активной зоны реактора, хранилища «свежих» и отработавших тепловыделяющих сборок и т.п.

К изготовлению реакторного оборудования удалось привлечь ряд предприятий страны, в том числе такие гиганты отечественного машиностроения, как Ижорский завод и Уралмаш. Значительная часть сложных узлов изготовлялась в опытных производствах институтов-разработчиков – НИКИЭТ и ПНИТИ, а контрольная сборка внутрикорпусных устройств аппарата перед их отгрузкой на Семипалатинский полигон была произведена в ИАЭ.

Физический пуск реактора был осуществлен в ночь с 17 на 18 сентября 1972 г. Затем начались тщательные исследования нейтронно-физических параметров аппарата, характеристик органов его регулирования и аварийной защиты, распределений энерговыделений, защиты от излучений. Итогом этих исследований стало подтверждение результатов расчетных и экспериментальных обоснований физических характеристик реактора, выполненных в процессе его проектирования.

Энергетический пуск аппарата состоялся только через 2,5 года – 7 марта 1975 г. Столь продолжительный период потребовался для завершения строительно-монтажных работ по всем зданиям и сооружениям стендового комплекса, для наладки многочисленных технологических систем, а также для подготовки и аттестации эксплуатационного персонала. Во всей этой деятельности, как и ранее, вместе с сотрудниками Объединенной экспедиции активно участвовали бригады специалистов проектанта стендового комплекса, главного конструктора реактора, научного руководителя, конструктора-технолога тепловыделяющих сборок и других организаций. Был организован весьма непростой процесс доставки из Узбекистана жидкого водорода, который затем газифицировали на объекте 300 и закачивали в подземную емкость. В административном центре полигона (ныне г. Курчатова) заработало сооруженное в Объединенной экспедиции производство жидкого азота. Он после газификации использовался при различного рода продувках систем и должен был служить рабочим телом при расхолаживании реактора, завершавшем каждый его пуск.

Продолжались и развернутые разработчиками реактора и тепловыделяющих сборок научно-исследовательские и опытные работы. Изучались различные варианты режимов вывода аппарата на мощность и обеспечения этих режимов с помощью систем стендового комплекса, поведение узлов реактора (отражателя, поворотных цилиндров, их приводов и др.) при пусках и в перерывах между ними, пределы работоспособности наиболее напряженных элементов, возможности возникновения и меры предупреждения аварийных ситуаций и т.д. На созданных в ПНИТИ стендах исследовались термохимические, гидравлические, температурные и другие условия эксплуатации тепловыделяющих элементов без радиационного воздействия, что позволяло безопасно выполнять необходимые для анализа тщательные измерения. Позднее уже на самом объекте 300 был сооружен электротепловой комплекс, с помощью которого тепловыделяющие элементы и водород нагревались до температуры почти 4000 К.

На базе результатов физического пуска, исследований теплофизических процессов в аппарате, его гидравлики, динамики, продолжавшихся испытаний

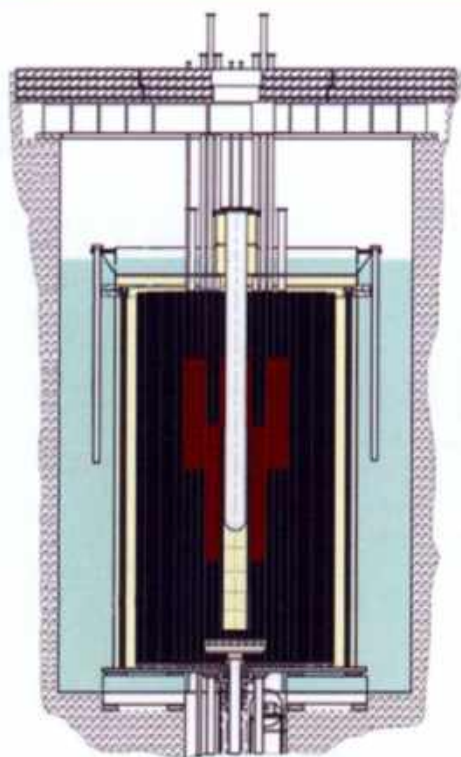
тепловыделяющих сборок в реакторе ИГР были выполнены необходимые обоснования безопасности, разработан регламент энергопуска. Регламент определял жесткую последовательность автоматических и дистанционных операций по суткам, часам, минутам, начиная с подготовительных смен и кончая расхолаживанием реактора. Большой объем работ был выполнен военными специалистами полигона вместе с сотрудниками институтов биофизики и прикладной геофизики по подготовке метеорологической аппаратуры, средств радиационного мониторинга на земле и в атмосфере. Наконец, были проведены репетиции энергопуска – «холодные» пуски, позволившие на практике отработать необходимое взаимодействие людей и техники.

Энергетический пуск прошел успешно, все задачи, предусмотренные его программой, были выполнены. Это означало, что выполнен также важнейший для программы ЯРД, как и для высокотемпературной атомной энергетики в целом, научно-технический этап работ – ввод в эксплуатацию уникальных реактора и стендового комплекса. За последующие 13 лет работы реактора ИВГ.1 по программе ЯРД в нем были испытаны 4 опытные активные зоны, более 200 тепловыделяющих сборок реакторов ЯРД. Нарботанный на номинальной мощности ресурс ряда сборок составил 4000 с. Многие из результатов этих испытаний существенно превосходят полученные в процессе работ по программе ЯРД в США (проекты Phoebeus, Pewee и др.). Так, плотности тепловыделения в активной зоне реактора ИВГ.1 достигали: средняя – 15 кВт/см^3 , максимальная – 25 кВт/см^3 (против соответственно 2,3 и $5,2 \text{ кВт/см}^3$ у американских разработчиков), температура водорода на выходе из тепловыделяющих сборок – 3100 К (против 2550 К). Эквивалентный удельный импульс тяги составил $\sim 950 \text{ с}$ (против $\sim 850 \text{ с}$).

Создание реактора ИВГ.1 и обеспечивающего его работу стендового комплекса, ставших уникальной экспериментальной базой в области высокотемпературной ядерной энергетики, было отмечено в 1980 г. Государственной премией СССР.

В апреле 1992 г. в Объединенной экспедиции впервые побывали сотрудники американских фирм Aerojet и Babcock&Wilcox, работающие в области создания ракетных двигателей. Ознакомившись с экспериментальными установками экспедиции, в том числе с реакторами ИГР и ИВГ.1, результатами проведенных в них испытаний тепловыделяющих элементов и сборок по отечественной программе ЯРД, американские специалисты отметили, что «уникальные установки... обладают такими возможностями, которые не имеют аналогов в мире. Продемонстрированные возможности создавать и испытывать тепловыделяющие сборки при температурах выше 3000 К являются достижениями, которыми... можно оправданно гордиться».

Разработанные в НИКИЭТ реакторные комплексы ИГР и ИВГ.1 принадлежат в настоящее время Национальному ядерному центру Республики Казахстан и продолжают функционировать. Из работ, выполняемых на реакторе ИГР, отметим, например, исследования, связанные с изучением процессов тяжелых реактивных аварий энергетических ядерных реакторов с плавлением тепловыделяющих элементов. Активная зона реактора ИВГ.1 в 1989–1990 гг. подверглась изменению: вместо газоохлаждаемых тепловыделяющих сборок в него были установлены водоохлаждаемые, и реактор, наряду с ресурсными



Реактор ИГР

испытаниями высокотемпературных твэлов, стали использовать для проведения разнообразных исследований в области радиационной безопасности.

Важно подчеркнуть, что технические возможности обоих реакторных комплексов для испытаний компонентов реакторов ядерных ракетных двигателей и энергодвигательных установок сохранены. Не обесценились и такие факторы, как научно-технический потенциал, созданный в 1970–1980-е гг., накопленные знания и опыт. Именно они стали основой для конверсии многих технологических заделов тех лет в новые разработки для самых разных технических применений.

В 1980-е гг. НИКИЭТ разрабатывал проекты реакторных установок специального назначения, которые по ряду объективных причин не были реализованы.

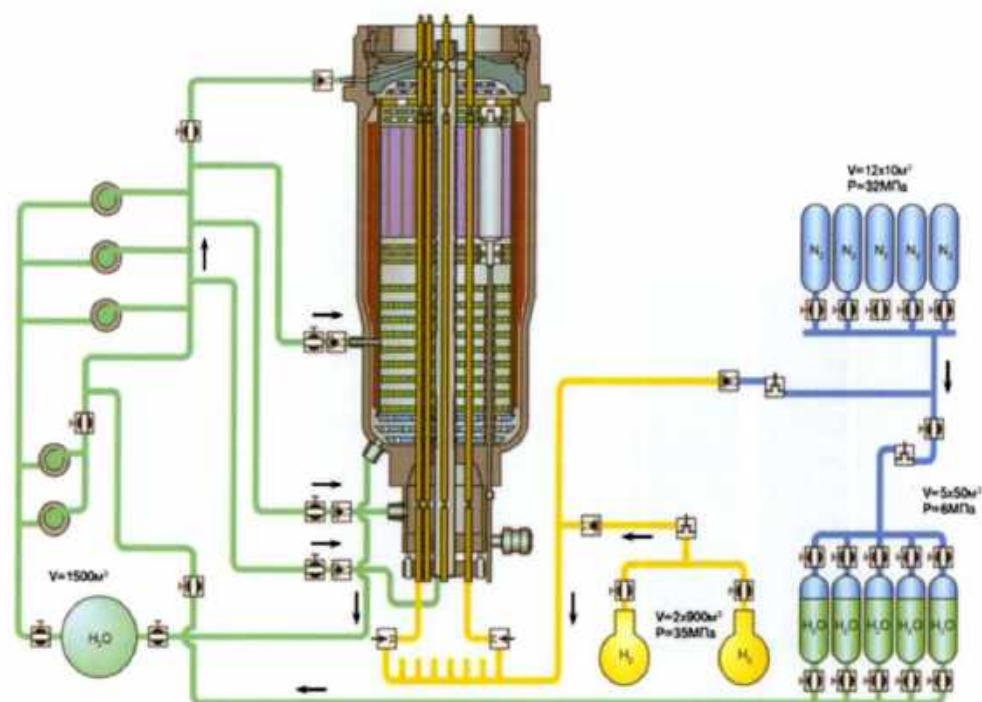
Полученный опыт создания реакторов для ядерного ракетного двигателя с использованием различных типов тепловыделяющих эле-

ментов и проведенный комплекс реакторных испытаний и конструкционных материалов открывает пути к практическому созданию как энергодвигательных, так и энергетических установок в широком диапазоне по реактивной тяге и производству электроэнергии, с ресурсом работы, обеспечивающим решения будущих задач освоения космоса.

Благодаря большому научно-техническому потенциалу, накопленному в России за более чем 40-летний период ведущими организациями, работающими в области использования атомной энергии в космосе, группа российских специалистов принимала участие в международных проектах № 1172 (1999–2001 гг.) и № 2120 (2002–2004 гг.), финансируемых по линии Международного научно-технического центра (МНТЦ) и направленных на выработку наиболее оптимальных решений по структуре и техническому облику будущего межпланетного экспедиционного комплекса.

В рамках проекта МНТЦ № 1172 «Предварительный проект исследования Марса» при ведущей роли Центра им. М.В. Келдыша российскими специалистами разработан проект комбинированного двигательного-энергетического комплекса на базе ЯРД, обеспечивающего помимо создания большой (до нескольких десятков килоньютонов) тяги выработку 25 кВт полезной электрической мощности.

В проекте № 1172 было показано, что для решения проблемы энергообеспечения пилотируемой марсианской экспедиции наиболее приемлемым является



Реактор ИВГ-1 и системы подачи компонентов

построение архитектуры экспедиционного комплекса на основе использования ЯРД как наиболее компактной и легкой по выводимой на околоземную орбиту массе системы.

В проекте МНТЦ № 2120, являющемся логическим продолжением проекта № 1172 в части, касающейся ядерного направления, основные усилия были направлены на совершенствование технического облика модуля бимодального ядерного ракетного двигателя на основе уточненных (по отношению к проекту № 1172) нейтронно-физических и теплогидравлических характеристик реакторной установки на специфицированных режимах работы, на проработку компоновочной схемы размещения бимодального ЯРД в составе пилотируемого и непилотируемого вариантов межпланетного экспедиционного комплекса, на анализ эффективности применяемых мер и средств по ядерной и радиационной безопасности для каждой из полетных фаз, а также на уточнение конфигурации полетной схемы экспедиции на Марс.

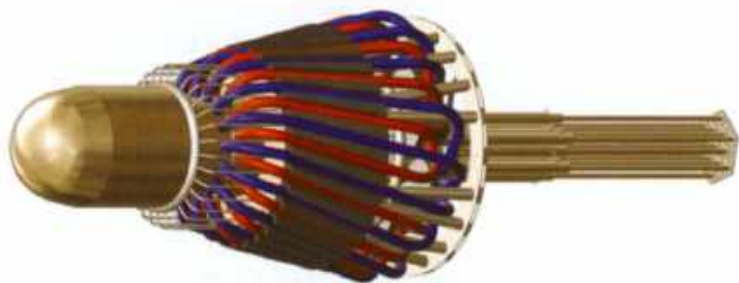
Следует отметить, что при выполнении работ по проекту № 2120 были учтены следующие изменения и дополнения по отношению к проекту № 1172:

- рассматривалась многосопловая конструкция с дорасширителем;
- полезная электрическая мощность одного модуля доведена до 50 кВт;
- рассматривалась связка из 4 одиночных модулей с единой радиационной защитой.

Составной частью проекта МНТЦ № 2120 являлась концептуальная разработка напланетной АЭС, предназначенной для длительного обеспечения электроэнергией требуемого качества потребителей на поверхности Марса.

С 2005 по 2009 гг. в рамках договоров с Росатомом проводились разработки концепций маршевой ЯЭУ для пилотируемой экспедиции на Марс, ЯЭУ электрической мощностью 500 кВт на основе газоохлаждаемого реактора с газотурбинным преобразованием энергии по циклу Брайтона, лунной ядерной электростанции с динамическим преобразованием энергии.

Большой вклад в становление и развитие космической тематики института внесли: Н.А. Доллежалъ, В.К. Уласевич, В.П. Сметанников, Г.Е. Маслов, С.В. Онищенко, А.Л. Круглов, О.Н. Логачев, С.К. Науикайтис, В.Д. Колганов, Е.И. Миронов, О.И. Легостев, А.А. Кочуркин, В.В. Комягин, А.Н. Обухов, В.В. Петрушин, О.А. Шатская, М.И. Егоров, Б.И. Тараторин, Н.М. Васнин, Ю.М. Никитин, В.С. Удалов, Р.Р. Ионайтис, Е.М. Кузьмин, В.П. Остапчук, Н.А. Осадчий, С.С. Кочетков, В.В. Гурьев, С.М. Харитонов, Л.И. Поляков, Г.П. Горошкин, М.Л. Душкин, М.С. Беляков, В.С. Кузьмин, А.М. Епинатьев, Н.М. Моргунов, О.М. Глазков, Г.Д. Князева и многие другие никитовцы.



*Общий вид реакторной установки
для транспортно-энергетического модуля мегаваттного класса*

На заседании Комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России 28.10.2009 г. был официально провозглашен новый российский проект по разработке ядерной энергодвигательной установки («Создание транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса»).

Президент РФ Д.А. Медведев подписал 22 июня 2010 г. Распоряжение об определении исполнителей работ по реализации проекта «Создание транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса», определившее единственными исполнителями работ: в части, касающейся создания ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса и координации работ по реализации проекта в целом, – ГНЦ ФГУП «Исследовательский центр им. М.В.Келдыша»; в части, касающейся создания реакторной установки для ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса – ОАО «НИКИЭТ».

Приказом по ГК «Росатом» от 09.12.2009 г. № 873 НИКИЭТ в целях реализации Проекта в части создания реакторной установки для ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса определено:

«1. Назначить:

...руководителем Проекта в части работ Госкорпорации «Росатом» Директора – Генерального конструктора ОАО «НИКИЭТ» Драгунова Ю.Г. (по согласованию)...

...головным исполнителем работ по созданию реакторной установки для ЯЭДУ мегаваттного класса ОАО «НИКИЭТ» (Драгунов Ю.Г., по согласованию)....».

Приказом по ГК «Росатом» от 26.11.2010 г. № 1/475-П в вышеназванный приказ внесено дополнение:

«...головной материаловедческой организацией по проектам ЯЭДУ стенда прототипа, реакторной установки и петлевых установок для проведения реакторных испытаний элементов активных зон и конструкционных материалов ОАО «НИКИЭТ» (Драгунов Ю.Г., по согласованию)...

...Возложить на ОАО «НИКИЭТ» координацию работ по созданию тепловыделяющего элемента реакторной установки для ЯЭДУ...».

В состав РУ для ЯЭДУ входят реактор, блок радиационной защиты, комплексная система управления и защиты, включая датчики нейтронно-физического и теплотехнического контроля, приводы рабочих органов системы управления и защиты, коллекторы и трубопроводы, стыковочная ферма.

Основным элементом реакторной установки является высокотемпературный газоохлаждаемый реактор с быстрым спектром нейтронов. Общий вид реакторной установки приведен на рисунке. В качестве теплоносителя реакторной установки и рабочего тела энергоблока используется гелиево-ксеноновая смесь с содержанием гелия 7,17 % по массе.

Основные характеристики реакторной установки:

Тепловая мощность на основном режиме	До 3000 кВт
Назначенный срок службы	~100 тыс. ч
Температура на выходе из реактора	До 1500 К

Особое внимание при создании реакторной установки уделяется следующим вопросам:

- отработка технологии изготовления твэлов на основе высокоплотного топлива с оболочкой из монокристаллических тугоплавких сплавов;
- обоснование работоспособности твэлов при заданных условиях эксплуатации на основе ампульных и петлевых реакторных испытаний;
- отработка технологии изготовления и проведения комплекса испытаний рабочих органов комплексной системы управления и защиты;
- отработка технологии производства тугоплавких материалов на основе ниобия, молибдена, вольфрама и жаропрочных никелевых сплавов (ЧС-57, ЭК-62, инконель-718);
- испытания (реакторные, тепловые, гидравлические, виброударные) макетов реактора и его отдельных элементов (активная зона, отражатель, радиационная защита, корпус) в соответствии с комплексной программой экспериментальной отработки.



РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В соответствии с пунктом 17 части 2 статьи 55 Федерального закона от 21 июля 2005 г. № 94-ФЗ "О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд" определить единственным исполнителем работ по реализации проекта "Создание транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса":

в части, касающейся создания ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса и координации работ по реализации проекта в целом, - федеральное государственное унитарное предприятие "Исследовательский центр имени М.В.Келдыша" (г. Москва);

в части, касающейся создания реакторной установки для ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса, - открытое акционерное общество "Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А.Доллежале" (г. Москва).



Президент
Российской Федерации Д.Медведев

22 июня 2010 года
№ 419-рп



В 2011 г. выпущен эскизный проект реакторной установки, разработаны и восстановлены технологические процессы, проводятся реакторные и вне реакторные испытания элементов реакторной установки, включая испытания твэлов.

В 2012 г. разрабатывается ее технический проект. Следует отметить, что при разработке проекта используются современные возможности вычислительной техники, позволяющие на основе 3D-моделирования существенно повысить качество проектных работ, оптимизировать проведение экспериментов в рамках программы экспериментальной отработки реакторной установки.

В работе по данному проекту следует отметить большой вклад Ю.Г. Драгунова, В.П. Сметанникова, Е.Л. Ромадовой, А.Н. Орлова, П.И. Факеева, С.В. Макарова, Ю.С. Черепнина, А.В. Лопаткина, М.Н. Михайлова, С.В. Европина, Л.А. Слепцова, П.В. Кобзева, В.В. Кудинова, Л.А. Канунникова, М.С. Белякова, А.Н. Семенова и С.Ю. Булкина.

4.3. Ядерные паропроизводящие установки для ВМФ

В настоящее время тематика разработки корабельных ядерных паропроизводящих установок (ЯППУ), для реализации которой был организован в 1952 г. НИИ-8 (ныне НИКИЭТ), остается одним из главных направлений деятельности института. За годы, прошедшие со времени создания института, в его стенах были разработаны и в той или иной степени изготовлены ЯППУ для многих отечественных АПЛ. Например, с использованием основных решений, применявшихся при разработке ЯППУ для первой советской АПЛ, было построено и успешно эксплуатировалось более 50 АПЛ различного типа (многоцелевые, с крылатыми и баллистическими ракетами).

Для дальнейшего изложения данного раздела лучше обратиться к одному из участников создания первой советской АПЛ «Ленинский комсомол» – заслуженному изобретателю и кавалеру ордена «Знак Почета», кандидату технических наук Георгию Ивановичу Гречко, который работает в институте уже 59 лет и прошел путь от выпускника МВТУ имени Н.Э. Баумана до заместителя начальника объектового отдела.

Начальные стремления при создании корабельных ЯППУ излагались лаконично – реакторные установки должны обеспечивать корабль энергией и вписываться в ограниченный объем энергетических отсеков. Были намечены два направления работ – установки с водяными и жидкометаллическими теплоносителями.

По первому направлению разработка конструкции была поручена Н.А. Доллежалю. Поиски по вариантным исполнениям ЯППУ привели к созданию установок типа ВМ, которая стала прототипом ЯППУ первого поколения АПЛ. Дальнейшее понимание проблемы по мере освоения первых установок определило более конкретный круг задач и вылилось в разработку опытных перспективных ядерных установок блочного типа, таких как проект 639, В-5 проекта 661, ВАУ 6 проекта 651-Э дизель-электрической подводной лодки и др.

Активный поиск решений сопровождался опытными и исследовательскими работами, позволявшими изучить различные стороны новой техники, выявить ее

качества, которые могли бы быть использованы в совершенствовании атомных энергетических установок АЭУ. Постепенно обрисовывались контуры развития корабельных энергетических объектов, а именно: снижение массогабаритных показателей, увеличение срока службы эксплуатации, надежность, обеспечение безопасности.

Этапы достижения этих целей просматриваются на протяжении прошедших лет. Так, ЯППУ типа ВМ делались в виде отдельно сконпонованного и объединенного трубопроводами оборудования, В-5 – первая блочная установка с уменьшенным количеством труб первого контура, по принципу которой выполнены установки 2-го, 3-го и 4-го поколений ПЛ, МБУ – первая интегральная установка, в которой все основное оборудование помещено в корпус реактора. К сожалению, строительство стендового образца МБУ завершить не удалось, хотя было изготовлено почти все реакторное оборудование. Формальное объяснение – трудности с финансированием.

Изучение возможности развития ЯППУ было путеводной нитью деятельности творческого коллектива.

С конца 1970-х гг. по работам ВМФ институт ориентировался на создание транспортных установок небольшой мощности. Этому способствовали события, которые на долгие годы закрепили это направление.

Судопроектное бюро СПМБМ «Малахит» разрабатывало по Постановлению ЦК КПСС и Правительства Советского Союза два проекта малых АПЛ. По одному из них (главный конструктор Е.С. Корсуков) был привлечен НИКИЭТ, а по другому (главный конструктор С.М. Бавилин) – ОАО «Красная Звезда». На завершающем этапе проектных работ выяснилось, что работы по проекту ОАО «Красная Звезда» не укладываются в требуемый срок, кроме того, необходим наземный прототип. Появились подозрения, что успех проекта отнюдь не гарантирован. Когда стала очевидной угроза срыва выполнения Постановления, С.М. Бавилин обратился к специалистам 9-го отдела (сейчас отдел № 101) НИКИЭТ с предложением рассмотреть возможность создания ЯППУ с водо-водяным реактором. Предложение было интересным, но вместе с тем неожиданным и рискованным.

Накопленный опыт работ с реактором МБУ, досадная задержка в строительстве стенда, наличие опытных конструкторских кадров позволили начальнику отдела Н.П. Дорофееву решиться не только «рассмотреть», но и безотлагательно приступить к проектированию ядерной установки. Решительность руководства, четкая организация труда, использование принципа «мозгового штурма» сделали свое дело: проект был готов уже через 2 года, и производство приступило к изготовлению головного образца интегрального реактора. Сроки Постановления были выполнены.

Большой вклад в поиск оптимальных решений, обоснование новой инновационной конструкции внесли Л.А. Адамович, А.Н. Ачкасов, Г.И. Гречко, В.И. Молчанов, А.А. Найденышев, Ю.П. Носков, В.А. Шишкин.

Интегральное исполнение благодаря предельно простой теплогидравлической схеме, компактности реактора и биологической защиты обеспечило размещение ППУ в требуемых заданием размерах отсека, позволило существенно снизить массу установки, вписаться в энергетический отсек и обеспечить проектные характеристики корабля.

Реактор был изготовлен и впервые в практике атомного энергостроения полностью собран и проверен на работоспособность в цеховых условиях НИКИЭТ. Представители ВМФ в лице военной приемки высоко оценили качество исполнения и допустили изделие к использованию по назначению без стендовых испытаний.

Отметим, что несколько ранее в НИКИЭТ был закончен проект, который выполнял отдел, возглавляемый В.Н. Аксеновой. В этом проекте реактор также был интегрального типа. Его изготовление и сдача происходили на Ижорском заводе с участием В.С. Буробина, Б.С. Кубышева, Г.А. Станиславского, А.М. Ильина и других специалистов института.

Эксплуатация установок на кораблях ВМФ подтвердила их эффективную работоспособность и высокую надежность.

В 1993 г. за достижения в области науки и техники Н.П. Дорофеев и В.А. Шишкин были удостоены Государственных премий Российской Федерации, а главный конструктор корабля С.М. Бавилин – звания Героя Российской Федерации.

Особенности интегральных реакторов:

- Активные зоны канального типа формировались на базе уран-циркониевых самодистанционирующихся («ледокольных») твэлов. Тепловая энергонапряженность была снижена в несколько раз по сравнению с действующими зонами в транспортных водо-водяных реакторах, в частности у ледоколов, и ВВЭР. Эксплуатация первых активных зон продолжалась более 8 лет (в 1990-х гг. это было достижением) и была остановлена из-за исчерпания энергозапаса топлива.

- Простой гидравлический тракт по первому контуру, низкое гидравлическое сопротивление (прежде всего активной зоны и парогенератора) обеспечивали интенсивную естественную циркуляцию и возможность выдавать до 70 % мощности при остановленном главном циркуляционном электронасосе.

- Пар вырабатывался в титановом прямоточном парогенераторе.

В реакторе, разработанном в отделе № 9, главный циркуляционный электронасос одновременно являлся крышкой реактора, простая конструкция и небольшие размеры реактора позволили изготовить его корпус из нержавеющей стали.

Безопасность ЯППУ обеспечивалась:

- прочноплотным корпусом ядерного реактора, в котором размещались все источники радиоактивности (активная зона, контур первичного теплоносителя);
- простотой формы, однородностью и эффективностью биологической защиты;

- герметизацией сваркой основного разъема корпуса с крышкой-насосом;
- низким уровнем нейтронного облучения корпуса реактора, увеличением запаса воды над активной зоной;

- сохранением герметичности активной зоны на заданный срок службы благодаря высокой надежности первых двух барьеров (топливная матрица и оболочка тепловыделяющих элементов).

Шли годы эксплуатации головных и серийных АПЛ, проводилось их обслуживание, модернизация, изучалось поведение отдельного оборудования,

менялись экипажи, командиры, технический персонал. Уникальность объектов потребовала постоянного внимания и квалифицированной поддержки.

В 2009 г. успешная эксплуатация АПЛ была отмечена Правительством РФ. За научно-технические исследования и разработки в интересах обороны и безопасности страны, результаты которых использовались при создании вооружений и военной техники, лауреатами Государственных премий стали наши специалисты: А.В. Мухин, В.Г. Сытин и В.Н. Пепа.

Объединение всего оборудования первичного теплоносителя принципиально изменило облик ЯППУ транспортных объектов. По мере освоения этого нового направления вырисовывалась проблема ресурсных показателей. Ориентировка на срок службы в 30 лет выявила существенные различия в возможностях столь длительной эксплуатации у составляющих элементов установки. Сложной проблемой остается ресурс активной зоны, которая по утрате работоспособности (нарушение герметичности тепловыделяющих элементов) требовала замены на новую. Эта замена (перегрузка) не только радиационно опасна, но и требует на длительное время отрывать объекты от выполнения их непосредственных задач. Поиск решений длится уже много лет. Есть определенные успехи – от нескольких сот часов работы активных зон первого поколения до нескольких тысяч у современных активных зон. Над этим вопросом работают специализированные институты и предприятия, такие как ОАО «ВНИИНМ», НПО «Луч», НИЦ «Курчатовский институт», включая ОКБМ «Африкантов», ГНЦ РФ – ФЭИ, ОАО «НИКИЭТ», ГНЦ «НИИАР» и др. Решение этой задачи позволило бы на заводе-изготовителе устанавливать на долгие годы «заряженный» интегральный агрегат, снимать и утилизировать его по завершении срока эксплуатации объекта. Пока это мечта, для исполнения которой потребуются напряженная работа.

Обнадешивает, что достигнутые у нас перспективные решения реализуются и для других объектов. Так, ОКБМ «Африкантов» в 2009 г. разработало технический проект интегральной ЯППУ для перспективного универсального ледокола. Это очень хорошо! К продолжению работ по совершенствованию интегральных ЯППУ подключаются новые силы, а дел на ближайшее будущее в интересах Отечества хватит всем!

4.4. Канальные энергетические реакторные установки

4.4.1. Обоснование и повышение безопасности энергоблоков с РБМК в послечернобыльские годы

После аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС технические эксперты, кроме многочисленных нарушений регламентных требований, выявили несовершенство нейтронно-физических характеристик реактора и недостаточную эффективность или отсутствие на энергоблоке технических средств, способных обеспечить безопасность или серьезно повлиять на масштаб развития аварии в ситуации, аналогичной сложившейся на 4-м энергоблоке ЧАЭС 26 апреля 1986 г. К таким факторам относятся:

- положительный пустотный эффект реактивности, который на малых уровнях мощности приводит к проявлению положительного быстрого

мощностного эффекта реактивности при уменьшении плотности теплоносителя;

- недостаточная скоростная эффективность системы аварийной защиты реактора в условиях недопустимого снижения запаса реактивности;
- недостаточное количество технических средств, способных автоматически привести реактор в безопасное состояние при нарушениях требований регламента по эксплуатации;
- незащищенность техническими средствами устройств ввода-вывода из работы части аварийных защит реактора.

Первый перечень мероприятий, необходимых для безусловного выполнения на всех действующих энергоблоках с реакторами РБМК, был сформулирован специалистами технической комиссии, созданной 27 апреля 1986 г. В «Оперативном указании» предписывалось строгое соблюдение требований технологических регламентов по эксплуатации и в первую очередь:

- запрещалось проведение любых экспериментов, отключение аварийных защит реактора, установка непроектных органов управления реакторным оборудованием;
- предписывалось неукоснительное выполнение регламентных требований, касающихся оперативного запаса реактивности, соотношения расхода теплоносителя и питательной воды;
- устанавливались новые интервалы времени простоя реактора после его заглушения до нового пуска;
- подчеркивалось регламентное запрещение работы АЭС в любых режимах, кроме базового;
- предписывалось обязательное согласование с разработчиками проекта любых возможных отклонений от регламентных требований.

После анализа причин возникновения и развития аварии были определены основные направления разработки и внедрения технических мероприятий по повышению надежности и безопасности АЭС с реакторами РБМК:

- снижение пустотного эффекта реактивности;
- повышение эффективности аварийной защиты реактора;
- контроль металла коллекторов и трубопроводов большого диаметра;
- увеличение пропускной способности системы аварийного сброса пара из реакторного пространства;
- введение дополнительных автоматических аварийных защит;
- исключение возможности несанкционированного отключения аварийных защит реактора;
- корректировка проектно-эксплуатационной документации.

В первую очередь реализовывались организационные и технические мероприятия, не требующие значительных затрат времени. Другие мероприятия потребовали дополнительных конструкторских и проектных работ, выполнения стендовых испытаний, разработки приборов, средств автоматики и т.д. Учитывая время, необходимое на изготовление дополнительного и модернизацию имеющегося оборудования, реальные сроки их внедрения на АЭС составили от одного года до нескольких лет, а некоторые из них, основанные на разработке новых конструкций исполнительных механизмов СУЗ, проектировании

автоматических систем, использующих современные средства микропроцессорной техники, находятся в стадии реализации до настоящего времени.

Расчетными исследованиями переходных и аварийных режимов было установлено, что для обеспечения принятых пределов безопасности в случае максимальной проектной аварии пустотный эффект реактивности не должен превышать $+1\beta_{эф}$ при работе реактора на номинальном уровне мощности. На действующих реакторах типа РБМК реализованы два пути снижения пустотного эффекта реактивности:

- увеличение числа стержней дополнительных поглотителей до 50–90 и оперативного запаса реактивности до 43–58 эффективных стержней ручного регулирования СУЗ;
- увеличение соотношения числа ядер урана и графитового замедлителя в активной зоне за счет повышения обогащения топлива ^{235}U до 2,4 %.

Для восстановления экономических показателей работы АЭС, которые ухудшаются из-за снижения достигаемого выгорания ядерного топлива при загрузке дополнительных поглотителей в активную зону, в настоящее время внедряется новое топливо с выгорающим поглотителем – эрбием. Переход на это топливо позволит выгрузить из реактора все дополнительные поглотители и восстановить проектное выгорание топлива, сохранив при этом значение пустотного эффекта реактивности менее $+1\beta$.

Повышение скоростной эффективности системы аварийной остановки реактора первоначально достигалось за счет предварительного погружения в активную зону на 0,7 м всех стержней ручного регулирования (РР). Одновременно было увеличено до 32–40 число укороченных стержней-поглотителей и реализована схема их автоматического ввода в активную зону в режиме срабатывания аварийной защиты. Путем модернизации штатных сервоприводов время полного введения стержней СУЗ в активную зону по сигналам аварийной защиты было уменьшено с 18 до 12–14 с. Была увеличена на 0,6 м длина поглощающей части стержней СУЗ, т.е. за счет изменения конструкции телескопической тяги между поглотителем и вытеснителем стержней ручного регулирования устранен столб воды под вытеснителем, что позволило исключить выбег положительной реактивности в начале движения стержня в активную зону и восстановить проектные отметки верхних концевиков стержней СУЗ. В результате этих мероприятий скоростная эффективность аварийной защиты на первых секундах ее срабатывания увеличилась до $0,9 \beta_{эф}/с$.

Одновременно с перечисленными усовершенствованиями штатной СУЗ разработана новая независимая система быстрой аварийной защиты. Во все 21 (24) канал АЗ установлены вместо штатных исполнительные механизмы быстрой аварийной защиты новой конструкции, в которой не происходит заполнения каналов СУЗ водой, а их охлаждение обеспечивается тонкой пленкой воды, стекающей по внутренней поверхности трубы. За счет образования внутри канала центральной газовой полости обеспечивается ввод стержня-поглотителя в активную зону в режиме срабатывания аварийной защиты за 2,5 с. Суммарная величина вводимой быстрой аварийной защитой отрицательной реактивности составила $2,0 \beta$. После стендовых испытаний и испытаний на энергоблоках Ленинградской и Игналинской АЭС новая система быстрой аварийной защиты была внедрена на всех энергоблоках с реакторами РБМК-1000 и РБМК-1500.

В качестве проектных аварий для АЭС в настоящее время принимаются мгновенные разрывы коллекторов и трубопроводов большого диаметра полным сечением. Вероятность крупного разрыва оценивается значением $0,75 \cdot 10^{-6}$ 1/реактор-год. Столь низкое значение может быть обеспечено при условии качественного контроля металла и сварных швов. После чернобыльской аварии контроль был ужесточен, его объем увеличен. Основываясь на результатах определения напряженно-деформированного состояния металла, экспериментальных исследованиях критического размера трещины, приводящего к крупному разрыву трубопровода, установлена необходимая частота 100 %-ного контроля сварных швов и гидроопрессовок – один раз в 4 года. Для трубопровода диаметром 900 мм и толщиной стенки до 50 мм критические размеры трещины составляют 380 мм по протяженности и 75 % от толщины стенки. Применяемые средства контроля позволяют выявлять дефекты с размерами, существенно меньшими критических. За 10 лет после чернобыльской аварии на каждом энергоблоке было выполнено по два цикла контроля. Созданная база обнаруженных дефектов позволяет обеспечивать селективное наблюдение и выполнять надежные прогнозы их состояния в период между контрольными операциями. Разработаны приборы для комплексного геометрического измерения циркониевых каналов и графитовой кладки и ультразвуковой дефектоскоп для контроля состояния металла каналов реактора РБМК.

Пропускная способность штатных систем аварийного сброса парогазовой смеси из реакторного пространства обеспечивала его целостность при разрыве двух топливных каналов (ТК). Опыт эксплуатации реакторов РБМК показывает, что при аварийном разрыве одного ТК сохраняется целостность и работоспособность всех соседних каналов. Однако одна из версий причин аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС предполагала возможность локального перегрева топлива в нескольких каналах, который привел к их разрыву, что повлекло за собой разрушение конструкции реактора. По этой причине были проведены конструкторские разработки по увеличению пропускной способности системы аварийного сброса парогазовой смеси из реакторного пространства. Проект модернизации системы предусматривал введение дополнительно к штатной страхующей подсистемы парогазовых сбросов. Для этой цели в верхней металлоконструкции реактора организована дополнительная вертикальная проходка диаметром 600 мм, соединенная со штатными трубопроводами из верхней части реакторного пространства. От этих трубопроводов системы дополнительно отведено 4–5 трубопроводов диаметром 400 мм, на которых установлены предохранительные клапаны. При повышении давления в реакторном пространстве до предельного срабатывают предохранительные клапаны, и парогазовая смесь сбрасывается в атмосферу, предотвращая подъем верхней биологической защиты и разрушение реактора. Модернизация системы аварийного сброса обеспечивает сохранность реакторного пространства при одновременном разрыве до 9 ТК. Этими системами оснащены все российские энергоблоки.

Введены новые автоматические аварийные защиты реактора по снижению давления в раздающем коллекторе контура охлаждения СУЗ и по снижению уровня воды в гидробаллонах САОР. В стадии введения находятся аварийные защиты по скорости снижения давления в циркуляционном контуре и по

снижению оперативного запаса реактивности. Все блочные щиты управления энергоблоков оснащены световой панелью автоматики, фиксирующей выведение из работы аварийной защиты реактора по каждому параметру. Полностью исключено вмешательство оперативного персонала в работу светового табло.

В течение 3 лет после чернобыльской аварии проводилась значительная корректировка проектно-эксплуатационной документации. Полностью переработаны «Типовой технологический регламент по эксплуатации АЭС с реактором РБМК-1000» и «Технологический регламент по эксплуатации Игналинской АЭС с реактором РБМК 1500», которые определяют правила и основные приемы безопасной эксплуатации АЭС и являются документами высшего приоритета. В новых редакциях регламентов были отражены требования по минимальному и стационарному запасам реактивности, новые алгоритмы действий персонала на низких уровнях мощности, введены новые главы, содержащие пределы и условия безопасной эксплуатации, требования по работе с аварийными защитами реактора, по контролю за состоянием систем безопасности и т.д. Разработаны типовая инструкция по ликвидации аварийных ситуаций и типовый регламент технического обслуживания, испытаний и ремонта оборудования, руководство по управлению запроектными авариями. В этих документах были отражены все технические и организационные мероприятия по повышению безопасности АЭС с реакторами типа РБМК, которые были приняты по результатам анализа причин и последствий аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС.

Концепция реконструкции АЭС с реакторами РБМК первого поколения и итоги ее реализации на Ленинградской и Курской АЭС

В 1989 г. была разработана концепция реконструкции первого поколения энергоблоков АЭС с реакторами РБМК (1-е и 2-е энергоблоки Ленинградской, Курской и Чернобыльской АЭС).

Концепция исходила из проведения такого объема строительных и монтажных работ, который позволил бы в рамках экономической целесообразности довести энергоблоки до уровня безопасности, максимально приближенного к современным требованиям. Одновременно при реконструкции осуществляется замена выработавшего свой ресурс оборудования, в частности замена технологических каналов.

Проектные зазоры между технологическими каналами и отверстиями в графитовых блоках через 17–18 лет эксплуатации практически приближаются к исчерпанию. Поэтому целесообразно совместить замену технологических каналов с остановкой энергоблоков на реконструкцию.

В объем реконструкции были также включены долговременные технические мероприятия по повышению безопасности, реализация которых требует длительной остановки энергоблоков.

Вместе с тем проектом реконструкции допускается ряд отступлений от требований нормативной документации, основными из которых являются:

- отсутствие системы локализации аварий;
- максимальная проектная авария – мгновенный разрыв трубопровода Ду300, то есть трубопровода не максимального диаметра;
- строительные конструкции не рассчитаны на восприятие ударной волны $\Delta P=10$ кПа от взрывоопасных источников.

Повышение уровня безопасности энергоблоков первого поколения, предусмотренное в проектах их реконструкции, обеспечивается техническими мероприятиями, которые описаны ниже.

1. Повышение безопасности за счет расширения функций систем контроля, управления и защиты, а именно:

- организация объемной внутризонной защиты за счет использования безынерционных внутризонных датчиков;
- организация детального контроля объемного энергораспределения;
- увеличение количества стержней-поглотителей;
- применение критерия «2 из 3» по всем функциям СУЗ (трехканальность);
- физическое разделение по разным помещениям обеспечивающих систем (каналов) СУЗ;
- динамический контроль (самопроверка) устройств СУЗ;
- применение эшелонированных систем защиты, основанных на получении достоверной информации от внутриреакторных датчиков;
- повышение скоростной эффективности аварийной защиты – использование стержней-поглотителей с большим физическим весом (физический вес стержней увеличится на 20 %) и меньшим временем ввода (время ввода уменьшилось с 18 до 2,5 с);
- уменьшение эффекта обезвоживания каналов СУЗ при использовании новых регулирующих органов (от $4 \beta_{эф}$ до $\sim 1,0 \beta_{эф}$).

2. Обеспечение защиты от неправильных и ошибочных действий оператора, связанных с перемещением стержней-поглотителей.

3. Внедрение системы аварийного охлаждения реактора, обеспечивающей отвод тепла от активной зоны при авариях, связанных с разрывом трубопроводов контура КМПЦ диаметром до Ду300. Система САОР, состоящая из баллонных подсистем и системы длительного расхолаживания, обеспечивает требуемую эффективность охлаждения активной зоны при независимом от исходного события отказе любого одного канала этой системы. Помимо этого, данная система обеспечивает охлаждение активной зоны при разрывах трубопровода питательной воды, паропровода, при неплотности предохранительных клапанов.

4. Модернизация существующей штатной системы парогазовых сбросов из реакторного пространства обеспечивает безопасность энергоблока при аварийных ситуациях, связанных с одновременным разрывом до 9 технологических каналов.

5. Внедрение автоматизированных систем диагностики состояния металла основного оборудования и трубопроводов КМПЦ обеспечивает проведение качественного эксплуатационного контроля за состоянием металла при существенном снижении затрат на его проведение и постоянную оперативную оценку живучести и ресурса металла компонентов КМПЦ. Раннее обнаружение течей методами контроля влажности, аэрозольной активности воздушной среды и контроля акустических шумов в помещениях контура обеспечивает оперативное получение максимального объема информации о состоянии оборудования и трубопроводов КМПЦ и выявление на ранней стадии развития сквозных дефектов металла в процессе эксплуатации.

На сегодня большая часть указанных мероприятий на 1-х и 2-х энергоблоках Ленинградской и Курской АЭС реализована.

Так, в 1989–1991 гг. проведена модернизация системы контроля, управления и защиты реактора на 1-м и 2-м энергоблоках ЛАЭС. Основные преимущества модернизированной СУЗ:

- аппаратура и датчики защиты и регулирования разделены на три канала, находящихся в разных помещениях, для исключения отказов по общей причине;
- аппаратура защиты и регулирования основного диапазона состоит из двух независимых комплектов (от внутризонных датчиков и от боковых датчиков);
- увеличено количество зон внутризонного регулирования с 7 до 12;
- введена защита по перекосу высотного распределения энерговыделения;
- увеличено количество датчиков для защиты от локальных превышений энерговыделения;
- предусмотрена защита по минимальному запасу реактивности (30 стержней РР).

На всех энергоблоках первого поколения реализованы системы по контролю влажности и аэрозольной активности в помещениях КМПЦ, а на 1–2-м энергоблоках КуАЭС и 1-м энергоблоке ЛАЭС введена в работу и третья подсистема по акустическим шумам от протечек.

Эта защита обеспечивает предупреждение аварии на случай появления течи в необслуживаемых помещениях первого контура. Появление влажности, зелей или шумов, связанных с протечками, вызывает массу сигналов в блоках контроля, которые, обрабатываясь по определенной программе, идентифицируют место течи, и на их основе формируется сигнал в защиту реактора.

Реконструированы внутренние устройства барабанов-сепараторов реакторной установки (1–2-й энергоблоки ЛАЭС и 1-й энергоблок КуАЭС). Модернизация заключается в демонтаже отбойных коробов и монтаже перфорированных коллекторов. Это позволяет увеличить оперативный запас воды в каждом барабане-сепараторе в 2,5 раза (72 м^3 против 29 м^3), что повышает безопасность протекания переходных режимов.

Внедрена система длительного расхолаживания реактора при проведении ремонтных работ на реакторной установке (1–2-й энергоблоки ЛАЭС), которая может быть использована для реализации еще одной системы аварийного охлаждения верхней САОР.

Реализованы основные мероприятия по сокращению радиоактивных выбросов в атмосферу и внедрены автоматизированные системы контроля радиационной обстановки.

Серьезное внимание уделено человеческому фактору, вопросам профессиональной подготовки персонала. Наиболее важным мероприятием в этом плане является создание полномасштабных тренажеров на обеих АЭС.

Далее модернизация СУЗ и управляющих систем энергоблоков 1-го поколения на Курской и Ленинградской АЭС пошла по разным направлениям. На 1–2-м энергоблоках КуАЭС и на 2-м энергоблоке ЛАЭС внедрены комплексные системы контроля, управления и защиты с управляющими системами безопасности. В состав КСКУЗ входят:

- две независимые системы остановки реактора: АЗ и БСМ, каждая из которых обеспечивает автоматическую остановку реактора и поддержание его в подкритическом состоянии; система АЗ также обеспечивает

автоматическую аварийную защиту. Система БСМ основана на введении в активную зону 158 стержней (РР, АР, УСП), а система АЗ – 33 стержней АЗ (падение стержней в газообразной среде); при срабатывании АЗ автоматически срабатывает и БСМ;

- два независимых, выполненных на разной элементной базе, комплекта аппаратуры контроля и преобразования информации от своего набора датчиков и логической обработки всей информации по заданным алгоритмам;
- аппаратура общей (внекомплектной) части КСКУЗ.

По функциональному назначению оборудование КСКУЗ относится к двум подсистемам:

- СКУЗ, предназначенной для обработки информации от датчиков нейтронного потока и обеспечения исполнительных воздействий на реактор;
- АЗРТ, предназначенной для обработки информации от датчиков технологических параметров РУ и формирования сигналов, инициирующих работу СКУЗ и управляющих сигналов в управляющей системе безопасности. Кроме того, КСКУЗ обладает мощным комплексом вывода и архивирования информации.

Управляющая система безопасности по технологическим параметрам (УСБ-Т) состоит из двух комплектов аппаратуры, снабженных своими датчиками и внекомплектной частью. При разработке УСБ-Т приняты требования нормативных документов по ядерной безопасности:

- реализация в структуре УСБ-Т принципов резервирования, пространственной и функциональной независимости;
- реализация принципа использования надежных, проверенных практикой технических решений с поставкой технических средств максимальной готовности.

Выполнение комплекса работ по реконструкции энергоблоков первой очереди ЛАЭС и КуАЭС стало основанием для получения разрешения со стороны регулирующих органов работать без ограничений по мощности, то есть на номинальном уровне.

Для первого же блока ЛАЭС выполненный объем реконструкции и модернизации вместе с выполненным комплексом работ по продлению сроков эксплуатации послужил основанием для выдачи Ростехнадзором России долговременной лицензии на продление его эксплуатации за пределами 30-летнего проектного срока.

В структуре СКУЗ-ВСО, реализованной на I-м энергоблоке Ленинградской АЭС, предусмотрены две системы остановки: АЗ и БСМ. Обе системы остановки обеспечивают автоматическую остановку (заглушение) реактора и поддержание его в подкритическом состоянии. Система остановки АЗ также обеспечивает автоматическую аварийную защиту реактора. Система остановки БСМ основана на введении в активную зону 157 стержней (РР, АР, УСП), диверсифицированных по отношению к стержням АЗ. Система остановки АЗ основана на введении в активную зону реактора 33 стержней АЗ (падение стержней АЗ в газообразной среде). При срабатывании системы остановки АЗ автоматически инициируется срабатывание системы остановки БСМ. Для инициации срабатывания аварийной

защиты предусмотрены два независимых комплекта аппаратуры, работающие по логике ИЛИ. Каждый комплект аппаратуры с датчиками обеспечивает информативную полноту для функций АЗ и БСМ, гарантирующую безопасность РУ при всех проектных авариях и отклонениях от нормальной эксплуатации.

Для выполнения принципа разнообразия комплекты аппаратуры выполнены на разной элементной базе и разными организациями.

Независимость комплектов обеспечивается за счет:

- размещения комплектов аппаратуры в разных помещениях АЭС;
- прокладки кабельных трасс в разных кабельных помещениях;
- организации электропитания от разных систем электропитания.

Перечень основных мероприятий, включенных в проекты реконструкции энергоблоков первых очередей Ленинградской и Курской АЭС

1. Улучшение нейтронно-физических характеристик активной зоны.
 - 1.1. Переход на уран-эрибиевое топливо.
 - 1.2. Установка стержней сб.2477.
 - 1.3. Установка стержней КРО.
2. Модернизация системы управления и защиты:
 - внедрение модернизированной системы управления и защиты СКУЗ-ВСО;
 - внедрение комплексной системы контроля, управления и защиты.
3. Модернизация систем контроля и управления
 - 3.1. Система формирования сигналов аварийной защиты по технологическим параметрам.
 - 3.2. Модернизация информационно-вычислительной системы «Скала».
4. Усовершенствование систем безопасности и поддерживающих систем.
 - 4.1. Модернизация системы сброса парогазовой смеси из реакторного пространства.
 - 4.2. Внедрение системы аварийного охлаждения реактора.
 - 4.3. Внедрение системы контроля за протечками из КМПЦ.
 - 4.4. Модернизация системы аварийного электроснабжения.
 - 4.5. Модернизация системы технического водоснабжения.
5. Модернизация внутрикорпусных устройств барабанов-сепараторов.
6. Замена топливных каналов.
7. Разработка отчета по углубленной оценке безопасности.

После чернобыльской аварии были коренным образом ужесточены правила, нормы, требования и критерии безопасности всех АЭС, в том числе с канальными реакторами. Достигнутое к настоящему времени состояние безопасности РБМК в целом соответствует как отечественным нормативным требованиям, так и международным рекомендациям.

Безопасность АЭС с РБМК многократно подвергалась анализу, в том числе с участием зарубежных экспертов.

В течение последних пяти лет выполнены углубленные оценки безопасности энергоблоков с РБМК-1000 первого поколения, в настоящее время продолжаются аналогичные работы для энергоблоков второго поколения.

В Итоговом отчете и Кратком резюме международной экспертизы Отчета по углубленной оценке безопасности 1-го энергоблока Курской АЭС изложены важные выводы о том, что безопасность энергоблока была существенно повышена в результате реализации в последние годы программы технических мер, особенно в результате модернизации САОР и внедрения КСКУЗ. Отчет по углубленной оценке безопасности 1-го энергоблока Курской АЭС выполнен в целом в соответствии с Руководством Госатомнадзора России и требованиями, принятыми на международном уровне.

Здесь представляется уместным процитировать Е.О. Адамова: «...мы сегодня имеем дело с другим РБМК. И нас справедливо критиковали за то, что мы сохранили прежнее название. При таких изменениях, может, и надо было его переменить. ... Это другой реактор по физике. Это другой реактор по барьерам безопасности. Системы управления реактором отличаются кардинально. У него совершенно другие аварийные защиты. По технологии он защищен от разрывов каналов, по крайней мере, раз в десять больше. У него много не очень заметных, но существенных для безопасности изменений. Можно сказать так: если в 86-м году – году аварии – экспериментально было показано, что безопасность находилась на уровне вероятности тяжелой аварии в степени «десять минус два», то сейчас эта вероятность в сто и тысячу раз ниже. И это соответствует параметрам безопасности аналогичного возраста реакторов за рубежом».

4.4.2. Международные проекты по анализу безопасности энергоблоков с РБМК

Интенсивное международное сотрудничество НИКИЭТ, выходящее за рамки участия в международных конференциях и выставках, практически совпало с распадом Советского Союза. Причиной тому послужили активные попытки ведущих западных стран добиться закрытия российских АЭС с реакторами РБМК, для которых организацией Главного конструктора являлся НИКИЭТ.

Генеральный конструктор и директор НИКИЭТ в 1986–1998 гг. профессор Евгений Олегович Адамов вспоминает:

«Я хочу напомнить, что все реальные акты давления на Россию, на Советский Союз по закрытию блоков так называемой «советской конструкции» датируются не 1987 годом, не 1988, непосредственно после аварии. Их начало датируется 1992 годом. Т.е. тогда, когда был разрушен Советский Союз, когда считалось, что на слабую Россию можно надавить. Тогда на встрече «большой семерки», когда еще «восьмерки», даже «семерки с половиной» еще не было, Ельцину предложили закрыть наши блоки. Зная, к чему дело идет, каким мог бы быть ответ нашего президента? И, на мой взгляд, был выбран совершенно правильный для Бориса Николаевича подход. Нехарактерный, кстати, для его менталитета и для моего – тоже. У меня обычно первое слово «нет», у него, тоже, так сказать, идет воинственная реакция. Тут же Борис Николаевич произнес такую речь, что да, конечно, давайте закроем самые небезопасные в мире блоки. И мы точно знали, что, будучи более старыми, английские блоки являются в первую очередь уязвимыми для технического анализа...

...Тогда, после Мюнхена, была организована первая серьезная международная работа. Я горжусь тем, что мне было доверено возглавлять ее с нашей стороны.

С нашей стороны – это не только Россия, но поскольку реакторы были еще в Литве и на Украине, то и со стороны этих стран. А со стороны западных стран очень серьезная группа экспертов возглавлялась Джорджем Тайрором, техническая карьера которого началась во времена первой серьезной ядерной аварии в Уиндскейле, 1957 год. Он был одним из экспертов как раз по аварии в Уиндскейле.

Действительно, вскоре после Мюнхенского саммита «большой семерки» были инициированы два крупных международных проекта под эгидой МАГАТЭ (Международного агентства по атомной энергии) и КЕС (Комиссии Европейского сообщества) в рамках программы TACIS. Основной задачей проектов являлся анализ безопасности действующих энергоблоков с РБМК на АЭС России, Литвы и Украины.

В первом проекте, инициированном в рамках Внебюджетной программы МАГАТЭ, принимали участие эксперты из США, Финляндии, Канады, Швеции, Германии и ряда других стран. В тесном взаимодействии с российскими, украинскими и литовскими специалистами они проводили анализ безопасности РБМК в таких областях, как методические указания по рассмотрению аварий, трехмерные динамические коды для расчета РБМК, целостность технологических каналов РБМК и т.д.

Во втором проекте «Безопасность проектных решений и эксплуатации АЭС с реакторами РБМК» было задействовано более 200 высококвалифицированных специалистов из восьми стран (России, Литвы и Украины с одной стороны, Великобритании, Швеции, Франции, Испании и Италии с другой стороны), разбитых на 9 рабочих групп, включавших специалистов из каждой участвующей страны. Первые две фазы (1993–1996 гг.) проекта посвящались анализу наиболее важных аспектов безопасности всех трех поколений реакторов РБМК, а на третьей фазе (1996–1997 гг.) был проведен сравнительный анализ западных расчетных кодов и российских программ, используемых для обоснования безопасности АЭС с реакторами РБМК.

Принципиально важными для вектора дальнейшего сотрудничества применительно к АЭС с реакторами РБМК оказались выводы, сделанные на первом этапе проекта КЕС по программе TACIS упомянутой международной командой экспертов из восьми стран. Во-первых, проведенный анализ не выявил ни одного технически неустранимого недостатка реакторов РБМК, который бы требовал их досрочного вывода. Во-вторых, действующие энергоблоки с РБМК не уступали по уровню безопасности действующим энергоблокам западных стран, спроектированным в те же годы, что и РБМК. Следует отметить, что к аналогичным выводам, по сути, привели исследования, выполненные в рамках Внебюджетной программы МАГАТЭ.

По признанию авторитетной международной конференции МАГАТЭ, проведенной через 10 лет после чернобыльской аварии, комплекс мероприятий, реализованных с целью повышения безопасности энергоблоков с РБМК, полностью исключает возможность повторения на АЭС с РБМК тяжелой аварии такого масштаба. Важно отметить, что речь идет не только о случившейся на Чернобыльской АЭС реактивной аварии, а об аварии любого происхождения. Открытое признание этого факта представителями ведущих западных стран

явилось во многом результатом активных действий тогдашнего директора НИКИЭТ (ныне научного руководителя института) Е.О. Адамова, заместителя директора и главного конструктора НИКИЭТ Ю.М. Черкашова и возглавляемой ими команды специалистов НИКИЭТ, Института атомной энергии имени И.В. Курчатова, ВНИИАЭС, АЭП, МоАЭП, Смоленской, Курской и Ленинградской АЭС и ряда других организаций.

После столь неопровержимых выводов авторитетнейших экспертов и участников двух масштабных международных проектов руководители западных стран были вынуждены отказаться от прежней политики давления на Россию с целью заставить ее закрыть АЭС с реакторами РБМК и перейти к политике оказания реальной помощи в дальнейшем повышении безопасности этих АЭС. В связи с этим был инициирован целый ряд работ в рамках Счета ядерной безопасности Европейского банка реконструкции и развития, Лиссабонской инициативы США и двухсторонних проектов с другими странами, такими как Канада, Швеция, Италия, Япония, Германия и др.

Первое место по объему среди работ с западными партнерами занимало двухстороннее сотрудничество с США. Для многих энергоблоков с РБМК разработана, изготовлена и установлена система представления параметров безопасности (SPDS). Осуществлялось сотрудничество в области разработки и освоения симптомно-ориентированных аварийных инструкций, верификации и адаптации компьютерных кодов США применительно к анализу аварий РБМК.

В рамках двухсторонних проектов с Канадой выполнены работы по поставкам компьютерного оборудования, разработке отдельных узлов и устройств контрольного оборудования и адаптации канадских компьютерных кодов применительно к анализу аварий РБМК. Большая работа проведена в рамках сотрудничества с Германией по адаптации германских компьютерных кодов для анализа безопасности РБМК, например, кода DRASYS для расчета динамики давления в реакторном пространстве при разрыве одного и более технологических каналов РБМК. В сотрудничестве с Японией был выполнен очень важный проект по разработке, изготовлению и внедрению микрофонной системы для обнаружения течи контура многократной принудительной циркуляции реактора РБМК.

Совместно с экспертами университета г. Пизы (Италия) специалисты НИКИЭТ и ряда других российских организаций выполнили проект по теме «Разработка комплекса программ для анализа тяжелых аварий на реакторах типа РБМК». Цель данного проекта состояла в предоставлении российскому полномочному органу комплекса детальных программ, с помощью которого можно надежно оценивать поведение активной зоны (и все последствия, связанные с безопасностью) при тяжелых переходных режимах и авариях РБМК, включая расплавление топлива, разрыв отдельных технологических каналов и затем множественные разрывы каналов.

В успешное выполнение перечисленных проектов внесли большой вклад многие специалисты НИКИЭТ. У истоков большинства международных проектов стоял тогдашний директор института Е.О. Адамов. Общее руководство проектами осуществляли главный конструктор Ю.М. Черкашов и заместитель директора Б.А. Габараев. Конкретными проектами руководили М.Н. Михайлов, А.А. Петров,

А.А. Потапов, Б.П. Стрелков, В.Д. Балдин, С.В. Европин, С.Л. Соловьев и др. Все они также активно участвовали в проводимых работах наряду с В.П. Василевским, А.Ф. Финякиным, Л.Н. Подлазовым, И.А. Стенбоком, М.И. Рождественским, Ю.М. Никитиным, О.Ю. Новосельским, Ю.В. Мироновым, В.К. Сафоновым, И.В. Жуковым, В.И. Шандрой, А.А. Арфьевым, Е.А. Шиверским и многими другими коллегами.

4.4.3. Реакторные установки РБМК-1000 – модернизация, повышение безопасности и продление сроков эксплуатации

Модернизация энергоблоков с РБМК-1000

Целью модернизации является обеспечение приемлемого уровня безопасности при эксплуатации энергоблоков АЭС с РБМК на каждом этапе жизненного цикла. Наиболее масштабные этапы модернизации и реконструкции выполняются перед продлением проектного срока эксплуатации энергоблоков. На сегодня такая модернизация с внедрением спецсистем выполнена на 9 из 11 действующих энергоблоков с РБМК, продлен срок эксплуатации с оформлением лицензии после проектного 30-летнего срока шести энергоблоков (четыре блока Ленинградской, первые два блока Курской АЭС).

Объем модернизации и реконструкции по мере перехода от энергоблоков первого поколения к энергоблокам второго поколения сокращался ввиду большего соответствия их конструкций и состава систем безопасности действующим нормативам. Модернизация энергоблоков второго поколения включает в себя внедрение комплексной системы контроля, управления и защиты, управляющих систем безопасности по технологическим параметрам, информационно-измерительной системы и систем бесперебойного электроснабжения. При внедрении комплексной системы контроля, управления и защиты модернизируется активная зона.

Основной задачей модернизации активной зоны РБМК-1000 является повышение ядерной безопасности и улучшение нейтронно-физических характеристик. В соответствии с требованиями нормативных документов перевод и удержание реактора в подкритическом состоянии в условиях нормальной эксплуатации, при их нарушении и протекании проектной аварии должны обеспечивать две независимые системы останова. На РБМК-1000 эти функции выполняет комплексная система контроля, управления и защиты с двумя независимыми системами останова – аварийной защиты и быстрого снижения мощности. В состав комплексной системы контроля, управления и защиты входит также двухкомплектная система контроля скорости нарастания нейтронного потока от внутризонных и боковых датчиков.

С 2008 по 2011 гг. комплексная система контроля, управления и защиты внедрена на 3-м и 4-м энергоблоках Курской и Ленинградской АЭС, 1-м энергоблоке Смоленской АЭС. Таким образом, в настоящее время девять энергоблоков РБМК-1000 оснащены двумя независимыми системами останова. Внедрение такой системы на 2-м и 3-м энергоблоках Смоленской АЭС запланировано на 2013 и 2014 гг. соответственно.

Завершающий этап модернизации энергоблоков с реакторами РБМК-1000 (внедрение КСКУЗ, ПТК УСБ-Т, КРО, замена СЦК на ИИС, модернизация САОР)

потребовал разработки новой редакции Типового технологического регламента по эксплуатации. Такой регламент с привлечением Научного руководителя, Генеральных проектировщиков и АЭС был разработан и введен в действие в июле 2011 г., а рабочие технологические регламенты всех энергоблоков ЛАЭС, КуАЭС и САЭС приведены в соответствие с ним.

Важной задачей повышения ядерной безопасности РБМК-1000 является снижение положительного эффекта реактивности при обезвреживании контура охлаждения СУЗ до величины менее $1 \beta_{\text{эф}}$ за счет уменьшения количества воды в каналах СУЗ при внедрении кластерных регулирующих органов. До их внедрения эффект реактивности на номинальном уровне мощности составлял $\sim 2 \beta_{\text{эф}}$.

Загрузка уран-эрибиевого топлива с увеличенным обогащением топлива позволяет при сохранении парового коэффициента реактивности сократить количество дополнительных поглотителей, увеличить как среднее выгорание топлива в активной зоне, так и выгорание выгружаемого топлива, уменьшить расход ТВС, темп перегрузок и объем хранимого отработавшего топлива.

В результате модернизации РБМК-1000 обладает свойствами внутренней самозащитенности, которые характеризуются исключением положительных эффектов реактивности, превышающих эффективную долю запаздывающих нейтронов, и отрицательными обратным связями по мощности и температуре топлива, имеет две эффективные и быстродействующие системы останова.

Внедрением ТВС с обогащением топлива 2,8 % и содержанием эрбия 0,6 % совершенствование топлива РБМК не завершается. Успешно закончились испытания партии ТВС с центральным закреплением ТВЭЛОВ, в настоящее время проводятся реакторные испытания ТВС с хвостовиком-фильтром, продолжаются испытания партии ТВС с высотным профилированием обогащения топлива и увеличением среднего обогащения топлива до 3 %. Совместив все указанные новшества в одной ТВС под названием ТВС-ПФЦ, можно будет достигнуть среднего (проектного) ресурса 3 940 МВт·сут/ТВС, надежности $(1-2) \cdot 10^{-5}$ отказов ТВЭЛОВ в год на энергоблок, назначенного срока службы 10 лет (для сравнения, ТВС с топливом обогащением 2,8 % имеет проектный ресурс 3 380 МВт·сут).

Для оперативного определения факта и места течи теплоносителя при разгерметизации оборудования контура циркуляции на всех энергоблоках внедряется система раннего обнаружения течи, действие системы постепенно расширяется на новое оборудование и трубопроводы.



ТВС РБМК-1000 с высотным профилированием обогащения топлива, хвостовиком-фильтром и центральным закреплением ТВЭЛОВ (ТВС-ПФЦ)



ПОДГОТОВКА КОМПОНЕНТОВ КОСМОСА

ТВЭЛ

ДИПЛОМ

I степени

в номинации

«Лучшая опытно-конструкторская разработка»

НАГРАЖДАЕТСЯ

авторский коллектив работников

ОАО «МСЗ», ОАО «ВНИИНМ»,

ОАО «НИКИЭТ», ИЯР РНЦ

«Курчатовский институт»

*за работу «ТВС РБМК-1000 нового поколения с
профилированием обогащения топлива по высоте
ТВС»*

Президент

Ю.А. Оленин

Москва, 2010

Для повышения эксплуатационной безопасности энергоблоков с реакторами РБМК дополнительно к событийной аварийной инструкции разработаны симптомно-ориентированные аварийные инструкции (СОАИ). Целью СОАИ является формализация действий оперативного персонала в условиях предаварийных ситуаций или аварий. Эти действия ориентированы не на определение исходного события, а на контроль, поддержание и восстановление критических функций безопасности, что в свою очередь обеспечивает целостность физических барьеров безопасности.

СОАИ разработаны для аварий, имеющих наиболее тяжелые последствия и вызывающих наибольшие трудности у операторов в процессе их локализации, когда вероятность совершить ошибку оператором максимальна. Такими проектными авариями для энергоблоков с реакторами РБМК являются разрывы трубопроводов КМПЦ, паропроводов, трубопроводов питательной воды, обесточивание собственных нужд, нарушение подачи питательной воды, срабатывание главного предохранительного клапана. Наложение множественных отказов оборудования может перевести проектную аварию в запроектную. При таких обстоятельствах действия операторов по СОАИ обеспечат управление запроектной аварией и сведут к минимуму тяжесть ее последствий. Разработка СОАИ для энергоблоков с реакторами типа РБМК выполнена в мае 2009 г. СОАИ внедрены на всех энергоблоках с реакторами РБМК-1000.

Продление срока эксплуатации энергоблоков с РБМК-1000

Заключительный этап модернизации проводится обычно перед продлением срока эксплуатации. Ключевыми процедурами при этом являются:

- определение остаточного ресурса для незаменимого и трудно заменяемого оборудования и конструктивных узлов;
- определение оборудования, выработавшего ресурс, морально и физически устаревшего, требующего замены.

По каждому типу оборудования и системам трубопроводов оценивается состояние и рассчитывается остаточный ресурс, составляется заключение о возможности дальнейшей эксплуатации. После модернизации и продления срока эксплуатации энергоблока корректируется эксплуатационная документация. Наиболее тщательно исследуется остаточный ресурс незаменимых конструкций – металлоконструкций и графитовой кладки РБМК, определяющих остаточный ресурс реактора в целом. Определение технического состояния и подтверждение остаточного ресурса материала металлоконструкций РБМК с учетом старения основного металла и сварных соединений проводятся по следующим основным направлениям:

- неразрушающий контроль элементов, основного металла и сварных соединений металлоконструкций;
- контроль эксплуатационных параметров водяных полостей (расход, температура, водный режим). Герметичность заполненных водой металлоконструкций подтверждается стабильностью параметров во времени на работающем реакторе и отсутствием воды в системах дренажа;
- контроль параметров газовых полостей (расход и давление азота; расход, давление и состав азотно-гелиевой смеси на входе и выходе из реактора

на стационарном уровне мощности). Герметичность газовых полостей металлоконструкций подтверждается стабильностью эксплуатационных параметров во времени;

- разрушающий контроль материала металлоконструкций, вырезанного из верхней (необлученной) и нижней (облученной) плит схемы «Е»;
- разрушающий контроль образцов-свидетелей из стали 10ХСНД, 10ХН1М и сварных соединений после ускоренного облучения в исследовательском реакторе до флюенса $(1,6-3,1) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$, характерного для срока службы 50 лет.

Неразрушающий контроль металлоконструкций показал:

- металл и сварные соединения видимых дефектов не имеют, состояние защитных покрытий удовлетворительное;
- сварные соединения по результатам капиллярного и ультразвукового контроля не имеют недопустимых дефектов;
- целостность элементов и сварных соединений металлоконструкций, недоступных для исследований неразрушающими методами контроля, подтверждена результатами контроля эксплуатационных параметров газовых и водяных полостей.

Послереакторный разрушающий контроль образцов-свидетелей позволил определить основные характеристики металла стали 10ХСНД и 10ХН1М. За 30 лет эксплуатации свойства металла изменились незначительно, исследование дооблученных образцов показало, что значительной деградации свойств металла не наблюдается, происходит упрочнение материала с увеличением предела текучести и радиационного охрупчивания на 10 %, критическая температура хрупкости не превышает 10 °С.

Наиболее проблемным, с точки зрения ресурса, узлом реактора является графитовая кладка. Поскольку в графитовых колоннах установлены каналы из сплавов циркония, на изменение ресурсных характеристик влияют механизмы старения обоих материалов. Со стороны циркониевых сплавов – это радиационное охрупчивание, коррозия и радиационно-термическая ползучесть. Ползучесть оказывает значительное влияние на ухудшение условий эксплуатации ТВС из-за увеличения диаметра технологических каналов на заключительном этапе эксплуатации РБМК. Для кладки основными механизмами деградации являются изменение физико-механических свойств графита вследствие радиационных повреждений кристаллической структуры и растрескивание блоков как результат накопления радиационно-термических напряжений. Кроме этого, имеет место объемное радиационное формоизменение графита, приводящее к изменению высоты колонн и уменьшению зацепления в телескопическом соединении трактов, а также формоизменение кладки в целом (искривление колонн) вследствие растрескивания блоков. В настоящее время среди факторов, ограничивающих ресурс, определяющими являются растрескивание графитовых блоков и искривление колонн, осевая усадка графитовых колонн и, как следствие, уменьшение зацепления в телескопическом соединении трактов, диаметральный ползучесть трубы технологического канала.

Поскольку 1-й энергоблок Ленинградской АЭС является головным, действие основных механизмов старения проявляется в первую очередь на нем. Для

этого энергоблока на ремонт в 2011 г. был намечен расширенный контроль каналов, графитовой кладки и внедрение новой технологии восстановления телескопического соединения трактов без замены технологических каналов. Уже на первом этапе измерений обнаружилось начало деформации (искривления) графитовых колонн и соответственно увеличение стрелы прогиба технологических каналов, поэтому объем измерения кривизны колонн был увеличен в несколько раз (была измерена стрела прогиба 518 технологических каналов и 20 каналов СУЗ).

Анализ эксплуатационного контроля графитовой кладки показал:

- искривление является следствием растрескивания графитовых блоков;
- появление трещин связано с переходом графита в стадию вторичного распухания;
- трещины образуются в ячейках с энергией более 18,5 ГВт-сут;
- наибольшее число треснувших блоков располагается в центральной (по высоте) части колонны;
- раскрытие трещин составляет в среднем от 1 до 5 мм;
- графитовые блоки имеют в основном по одной трещине;
- фрагментации и потери несущей способности графитовых блоков не обнаружено.

Поскольку в нескольких измеренных ячейках кривизна каналов превысила обоснованные в проекте 50 мм, были проведены дополнительные стендовые испытания в подтверждение надежности и безопасности эксплуатации ТВС и исполнительных механизмов СУЗ при деформации каналов до 100 мм. Кроме того, проведены теплофизические и нейтронно-физические расчеты.

«Обоснование безопасности эксплуатации реакторной установки 1-го энергоблока Ленинградской АЭС в период 2011–2012 гг.», выполненное специалистами ОАО «НИКИЭТ» и НИЦ «Курчатовский институт», послужило основанием для эксплуатации энергоблока при расширенном контроле критических характеристик элементов активной зоны и подтверждении безопасности работы реактора между остановами.

В настоящее время разрабатывается комплексная программа управления старением элементов РБМК на заключительном этапе эксплуатации по следующим основным направлениям:

- моделирование и прогнозирование процессов формоизменения графитовой кладки;
- расчетно-экспериментальные исследования работоспособности регулирующих органов СУЗ и ТВС и теплообмена в деформированных каналах;
- прочностные обоснования элементов активной зоны и сопрягаемых узлов;
- анализ развития аварийных ситуаций в условиях формоизменения графитовой кладки;
- исследования влияния формоизменения на нейтронно-физические характеристики активной зоны;
- разработка компенсирующих мероприятий (модернизация конструкции реактора и его элементов, корректировка регламентной документации);

- обоснование пределов и условий безопасной эксплуатации, оптимизация режимов эксплуатации РБМК;
- совершенствование контроля состояния элементов активной зоны.

Для энергоблоков первого поколения, к которым относятся первые и вторые блоки Ленинградской и Курской АЭС, начинается заключительная фаза эксплуатации, связанная с развитием деформационных процессов в графитовых кладках реакторов. Во избежание риска потери генерирующих мощностей первого поколения РБМК представляется целесообразным не форсировать ввод в эксплуатацию первого блока Ленинградской АЭС, на котором обнаружены наиболее яркие проявления деформации графитовой кладки реактора, а использовать блок как полигон для отработки технологии по минимизации эффекта искривления.

Такой подход позволит обеспечить запланированные сроки эксплуатации АЭС с реакторами РБМК. НИКИЭТ активно участвует в разработке технологий, оборудования и оснастки для проведения ремонтно-восстановительных мероприятий, призванных замедлить и ограничить в безопасных пределах деформационные процессы.

Основные цели выполнения комплексной программы – определение пределов безопасной эксплуатации элементов активной зоны, разработка компенсирующих мероприятий, позволяющих расширить эти пределы, определение режимов эксплуатации реактора, позволяющих рационально использовать оставшийся ресурс.

Авария на АЭС «Фукусима-1» (Япония) в марте 2011 г. инициировала разработку технических и организационных мер по увеличению устойчивости АЭС к экстремальным воздействиям. На всех АЭС с РБМК была проведена целевая проверка безопасности при экстремальных внешних воздействиях, которые могут стать причиной тяжелой запроектной аварии.

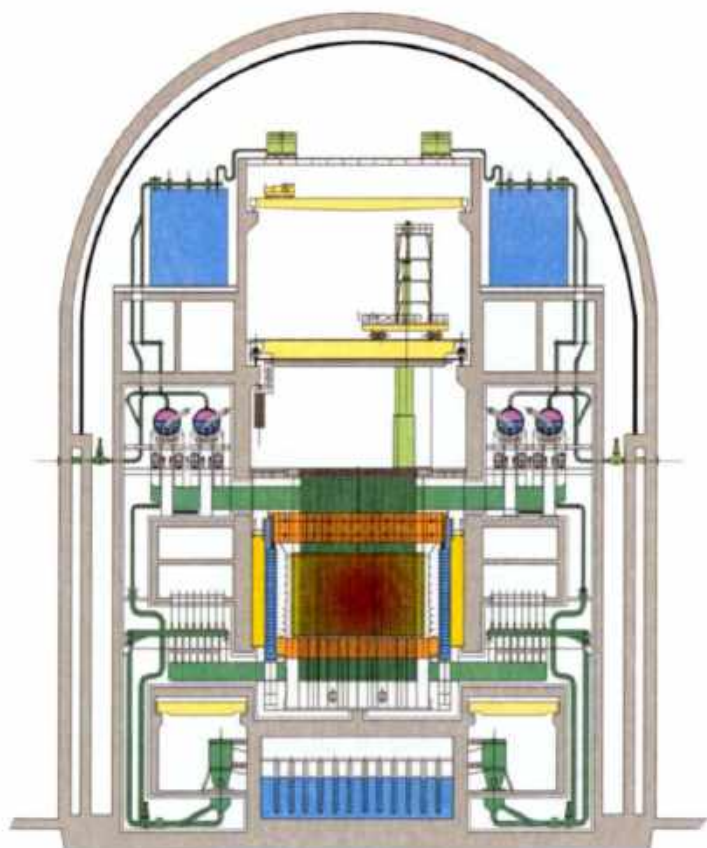
НИКИЭТ и НИЦ «Курчатовский институт» разработали технические требования к разработке мероприятий по повышению устойчивости действующих АЭС с РБМК в условиях запроектных аварий. ОАО «Концерн Росэнергоатом» выпустило аналитический отчет по рассмотрению сценариев воздействия аномальных внешних событий на АЭС России. Реализация предлагаемых технических и организационных мероприятий существенно повысит безопасность АЭС при экстремальных внешних воздействиях. В отчете указаны номенклатура и технические характеристики мобильных генераторов и насосов, подключение которых позволит провести расхолаживание остановленных реакторов при длительном обесточивании и потере штатных источников воды. Генеральные проектировщики разрабатывают документацию на подключение мобильных источников, разрабатывается аварийная защита для останова реакторов по сигналам о сейсмической активности. В настоящее время проводится анализ тяжелых запроектных аварий в целях определения возможности управления их протеканием и минимизации последствий. По результатам анализа будут разработаны процедуры управления и рекомендации эксплуатационному персоналу АЭС.

Последовательно проводимая модернизация энергоблоков с РБМК позволяет, несмотря на длительные остановки отдельных энергоблоков для ее выполнения,

наращивать годовую энерговыработку. В 2011 г. АЭС с РБМК выработали 77 664 млн кВт·ч (45 % от общей энерговыработки российских АЭС), КИУМ составил 80,32 %. При этом снижается число остановов со срабатыванием аварийной защиты и нарушений в работе станций.

4.4.4. Реакторные установки МКЭР

Инновационные проекты канальных РУ разрабатывались в НИКИЭТ с 1989 по 2001 гг. За это время были разработаны технические предложения по РУ с тремя многопетлевыми канальными энергетическими реакторами (МКЭР) различной мощности. МКЭР-800 и МКЭР-1000 – реакторы с естественной циркуляцией теплоносителя, интенсифицированной струйными насосами (инжекторами), различаются количеством технологических каналов, в обоих предусмотрена возможность отбора тепла на нужды теплофикации, а также имеются каналы для получения изотопов и легированных материалов различного назначения.



Продольный разрез реакторной установки МКЭР-1500

Основные принципы, по которым осуществлялось развитие конструкций энергоблоков:

- заключение РУ в герметичную защитную оболочку;
- повышение экономичности энергоблока;
- улучшение нейтронно-физических характеристик реактора;
- внедрение пассивных систем расхолаживания;
- увеличение числа независимых циркуляционных петель;
- использование возможности локализации аварий в одной циркуляционной петле.

Реализация оптимального уран-графитового соотношения в МКЭР обеспечивает следующие свойства самозащищенности активной зоны реакторной установки:

- отрицательный паровой и мощностной коэффициенты реактивности, что гарантирует исключение самопроизвольного разгона реактора при увеличении мощности и при снижении расхода теплоносителя;
- отрицательный эффект обезвоживания активной зоны, который при потере теплоносителя, даже в случае отказа аварийной защиты, на начальной стадии процесса обеспечивает снижение мощности реактора;
- отсутствие внутренних причин, которые могли бы привести к выделению общей реактивности больше доли запаздывающих нейтронов;
- отсутствие запаса реактивности на выгорание за счет использования перегрузки топлива на ходу;
- отрицательный эффект обезвоживания контура охлаждения системы управления и защиты в подкритичном состоянии реактора.

Для обеспечения повышенной безопасности в проекте МКЭР использованы:

- две независимые системы остановки реактора;
- кластерные регулирующие органы и контур охлаждения СУЗ, разделенный на две независимые петли;
- пассивная система длительного расхолаживания реактора, которая позволяет обеспечить отвод остаточного энерговыделения в активной зоне не менее чем за 72 ч;
- решения, обеспечивающие (при необходимости) сброс пара через главные предохранительные клапаны, эквивалентный 100%-ной паропроизводительности реактора;
- разделение контура циркуляции теплоносителя на большее, по сравнению с реакторами РБМК, число независимых петель, что позволило уменьшить максимальный диаметр трубопроводов и коллекторов (напорный и всасывающий коллекторы, трубопроводы главных циркуляционных насосов и др.);
- современная система управления, состоящая из комплекса локальных управляющих систем, которые выполняют необходимый перечень технологических задач, объединенных вычислительной сетью энергоблока и имеющих для наиболее ответственных функций непосредственное взаимодействие с блочным и резервным пультами управления.

4.4.5. Реакторы со сверхкритическими параметрами теплоносителя

В последние 10 лет в НИКИЭТ проводились работы по канальным реакторам со сверхкритическими параметрами теплоносителя. Целесообразность

проработки концепций (альтернативных распространенным в настоящее время предложениям по корпусным реакторам) была обусловлена исключением ряда существенных проблем, свойственных проектам корпусных РУ с теплоносителем сверхкритических параметров. К таким проблемам относятся высокая неравномерность нейтронно-физических свойств по объему реактора, существенные положительные значения эффектов реактивности, сложность обеспечения теплотехнической надежности активной зоны, повышенные требования к прочности корпуса реактора и др.

Реактор КР-СКД

В 2003–2004 гг. была предложена концепция АЭС с канальным прямоточным ядерным реактором со сверхкритическим давлением теплоносителя (КР-СКД). Параметры водяного пара перед турбиной: $t=540\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P=24\text{ МПа}$. Концепция базируется в основном на отработанных технологиях и технических решениях в рамках традиционного топливного цикла.

В результате оптимизационных расчетов получено, что по эффективности топливного цикла и нейтронно-физическим свойствам безопасности наилучшими перспективами для КР-СКД обладает конструкция с керметным топливом в трубчатых твэлах. Она и была принята за основу концепции.

Выбор оптимальной U-образной конструкции ТК и тяжеловодного замедлителя позволил обосновать характеристики активной зоны при работе реактора в установившемся режиме частичных (с долей 1/7) перегрузок с кампанией 7 календарных лет. Конструктивные узлы реактора в значительной части отработаны промышленностью и освоены эксплуатацией.

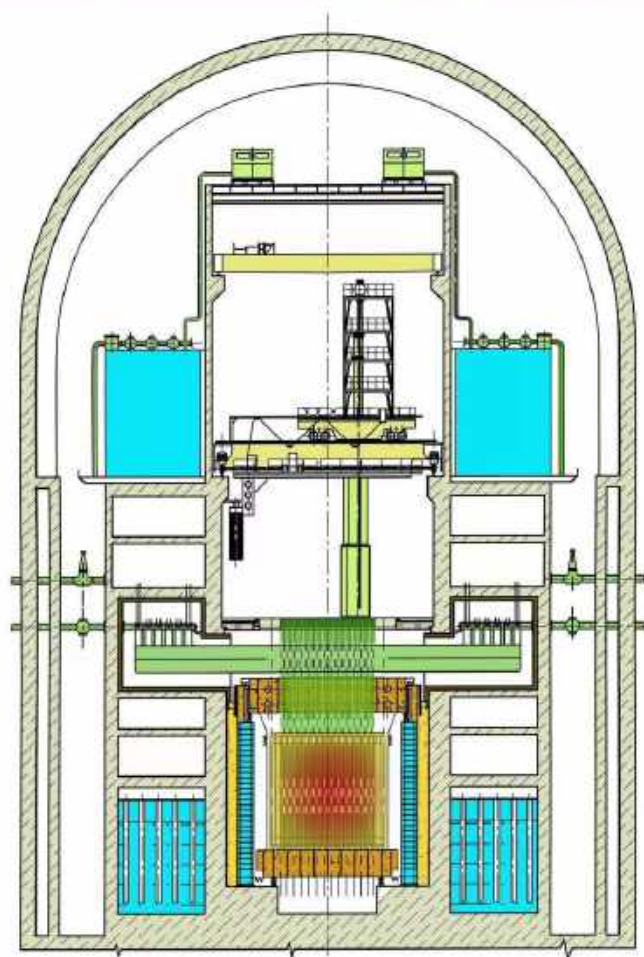
Оценки принятых в концепции решений показали, что энергоблок с КР-СКД тепловой мощностью 1960 МВт может обладать КПД нетто более 42 %.

Реактор ВГЭРС-850

В 2006 г. в НИКИЭТ было разработано техническое предложение реактора со сверхкритическими параметрами теплоносителя с графитовым замедлителем (ВГЭРС 850) – водо-графитовый энергетический реактор со сверхкритическим давлением теплоносителя $P=250\text{ кгс/см}^2$, $T=550\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Реакторная установка ВГЭРС представляет собой канальный прямоточный уран-графитовый реактор, предназначенный для производства электрической и тепловой энергии. Особенности канальной конструкции позволяют избежать ограничений по установленной мощности реактора и, с учетом освоенного промышленностью теплотехнического оборудования, проектировать мощностной ряд энергоблоков с ВГЭРС с установленной электрической мощностью от 850 до 1700 МВт.

Циркуляционный контур теплоносителя разделен на несколько независимых секций, число которых в зависимости от номинальной мощности реактора варьируется от 4 ($N_{ЭЛ}=850\text{ МВт}$) до 8 ($N_{ЭЛ}=1700\text{ МВт}$). Вследствие применения прямоточной схемы циркуляции теплоносителя значительно сокращается количество и объем оборудования реактора (исключаются главный циркуляционный насос, сепараторы и т.п.), снижаются примерно в 1,5 раза затраты на собственные нужды энергоблока. Применение прямоточной схемы в несколько раз снижает расходы воды через реактор, что позволяет уменьшить диаметры трубопроводов и, следовательно, металлоемкость реактора.



ВГЭРС

Ключевым элементом реактора ВГЭРС является топливный канал, выполняемый в виде трубы Фильда, с охлаждением трубы топливного канала нисходящим потоком теплоносителя, поступающего в канал, что позволяет сохранить температуру графитовой кладки и металлоконструкций на приемлемом уровне. В нижней части каналной трубы поток теплоносителя разворачивается и, поднимаясь, охлаждает топливо.

Применимость материалов для оболочек твэлов и технологических каналов была проверена при испытаниях экспериментальных каналов ППК-Ц (имеющих аналогичную конструкцию с каналом ВГЭРС) на Белоярской АЭС, причем в температурных условиях, включающих и перегрев пара.

Реактор БКЭР-300

Дальнейшим развитием концепции канальных реакторов СКД являлось качественное повышение эффективности топливоиспользования, достигаемого

при работе на быстром спектре нейтронов. Выполнение этой задачи было реализовано в проработке реакторной установки БКЭР-300 (быстрый каналный энергетический реактор), ключевой особенностью которой являлась работа реактора с коэффициентом воспроизводства, равным 1.

Для обеспечения необходимой ураноемкости активной зоны была применена сверхплотная компоновка активной зоны, основанная на применении твэлов трубчатого типа. В качестве топлива использовалась керамико-металлическая композиция. Указанные принципы позволили перейти на быстрый спектр нейтронов, при этом активная зона содержала в основном тепловыделяющие элементы, располагаясь в изолированном реакторном пространстве, вентилируемом химически пассивным либо инертным газом (азот, аргон и пр.). Применение плотной решетки продиктовано как требованием высокой концентрации урана в активной зоне, так и желанием снизить объем пустот и, следовательно, величину эффекта реактивности при заливе реактора водой. Таким образом, в пределах активной зоны отсутствуют избыточные конструкционные материалы, требующие замены вместе с топливом, а высокое содержание топлива позволит реализовать быстрый спектр нейтронов.

В то же время применение трубчатых твэлов накладывает определенные ограничения на конструкцию ТВС и исключает возможность перегрузки топлива на работающем реакторе. Высокое давление теплоносителя удерживается внутренней оболочкой твэла, выполняемой из жаропрочной стали. Внешняя оболочка твэла также стальная, однако, поскольку она не предназначена для удержания давления, выполняется тонкостенной.

Реализация коэффициента воспроизводства, незначительно превышающего единицу, позволяет разрабатывать реакторную установку как объект системы с замкнутым топливным циклом, обладающий определенной гибкостью – внесение несущественных изменений в конструкцию твэлов позволит как реализовать самовоспроизводство топлива, так и организовать его расширенное производство. Существенным является и достижение таких показателей, как умеренное значение эффектов реактивности (не превышающих одну долю запаздывающих нейтронов), отсутствие зон расширенного воспроизводства (бланкетов), отрицательный эффект реактивности при смягчении спектра нейтронов.

4.5. Реакторная установка БРЕСТ

Рождение и развитие концепции БРЕСТ – быстрого реактора естественной безопасности со свинцовым теплоносителем и нитридным уран-плутониевым топливом, работающего в замкнутом ядерном топливном цикле с использованием «сухих» методов регенерации отработавшего топлива – неразрывно связано с именем В.В. Орлова. Целью этой концепции было развитие такой крупномасштабной ядерной энергетики на основе АЭС с быстрыми реакторами и их ядерного топливного цикла, которая могла бы взять на себя основной прирост производства электроэнергии и при этом отвечала требованиям:

- снятия ограничений по топливным ресурсам;
- исключения тяжелых аварий с радиоактивными и токсичными выбросами, ведущими к эвакуации населения и тем более к его отселению;
- технологического усиления режима нераспространения;

- экологически безопасного замыкания ядерного топливного цикла при обращении с РАО;
- экономической конкурентоспособности в сравнении с альтернативными источниками энергии.

Работая в Курчатовском институте по направлению управляемого термоядерного синтеза, В.В. Орлов, будучи еще со времен работы под руководством А.И. Лейпунского в ФЭИ активным сторонником развития быстрых реакторов, снимающим ограничения по топливным ресурсам и масштабам развития ядерной энергетики, создал с благословения А.П. Александрова отдел, нацеленный на поиски новых, перспективных направлений в развитии быстрых реакторов. После появления статьи и книги А. Вейнберга с его видением новой эры ядерной энергетики, где впервые появился термин *Inherent Safety* – «внутренне присущая безопасность», В.В. Орлов продолжал работы по поиску концепции БР высокой безопасности и экономичности, сознавая, что высокая стоимость АЭС – это прежде всего плата за безопасность, и гармонизировать эти два противоречащие друг другу требования можно только путем повышения безопасности не инженерными средствами, а прежде всего путем последовательной реализации природных закономерностей, свойств и качеств, внутренне присущих быстрому реактору и его наиболее важным компонентам, что отвечает введенному А. Вейнбергом термину.

В результате такого подхода усилиями созданного отдела с привлечением специалистов из ОКБ «Гидропресс» был разработан концептуальный проект реактора РБ-ЕЦ тепловой мощностью 900 МВт. Рассматривалась трехконтурная схема отвода тепла с использованием в 1-м и 2-м контурах в качестве теплоносителя сначала свинцово-висмутовой эвтектики, а затем жидкого свинца, в 3-м – воды-пара. Активная зона набиралась из ТВС с МОКС-топливом, а бланкеты – из спорок с карбидом урана. Применение свинцового теплоносителя, высокий уровень его естественной циркуляции, возможность отвода остаточного тепла воздухом и сброса его в атмосферу существенно повышали его безопасность по сравнению с другими проектами и действующими АЭС.

Однако наличие урановых бланкетов с возможностью наработки плутония оружейного качества, выбор МОКС-топлива с низкой плотностью и теплопроводностью и трехконтурной схемы отвода тепла вступали в противоречие с требованиями нераспространения плутония, реализации принципа внутренне присущей (или естественной) безопасности и экономичности.

В начале 1988 г. В.В. Орлов перешел из РНЦ КИ на работу в НИКИЭТ по приглашению Е.О. Адамова, бывшего в то время директором НИКИЭТ.

Чернобыльская авария, анализ ее причин придала концепции развития ядерной энергетики на основе быстрых реакторов естественной безопасности еще большую актуальность. Отдавая дань традиционному в НИКИЭТ направлению разработки уран-графитовых промышленных и энергетических тепловых реакторов, наряду с проектом быстрого реактора, в двух проектах канальных реакторов с графитовым замедлителем ГРОС и СВИГР рассматривались примерно такие же тепловые реакторы, но с заменой пароводяного теплоносителя на жидкий свинец. Работы по этим проектам были выполнены созданными в основном из сотрудников НИКИЭТ и за счет его же средств творческими

коллективами, возглавляемыми физиками отдела № 5 (ныне 211) И.Л. Чихладзе и Ю.И. Митяевым. Эти работы не выявили преимуществ свинца при охлаждении тепловых реакторов и были прекращены.

В начале 1989 г. начались работы по проекту БРС-1000 – быстрому реактору со свинцовым теплоносителем и нитридным уран-плутониевым топливом электрической мощностью 1000 МВт с двухконтурной схемой отвода тепла к турбине со сверхкритическими параметрами. Активная зона набиралась из четырехгранных бесчехловых ТВС с широкой решеткой твэлов, была окружена урановым бланкетом, а радиальное выравнивание мощности достигалось трехзонным профилированием состава топлива за счет высокого содержания плутония в топливе периферийной зоны и меньшего – в промежуточной и центральной зонах.

Для выполнения работ по проекту был создан творческий коллектив под руководством В.С. Смирнова (физик отдела № 5), имевшего к тому времени опыт разработки быстрых реакторов с натриевым, паровым и газовым теплоносителями. В.С. Смирнову было разрешено привлекать к работам специалистов из любых организаций, в результате чего был создан коллектив, куда наряду с сотрудниками НИКИЭТ (В.С. Цикунов, Л.Б. Ионкин, А.Г. Сила-Новицкий, В.П. Смирнов, С.Н. Бозин, Б.И. Денисов, В.В. Наумов, О.М. Борисов, Г.А. Хачересов), вошли сотрудники ИАЭ им. И.В. Курчатова (П.Н. Алексеев, С.А. Субботин, Е.В. Виноградова, А.Е. Чистяков), ФЭИ (Г.И. Тошинский, В.Н. Слюняев, Ю.И. Орлов) и ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского (И.Б. Годи́к).

В проекте, который был завершен к концу 1989 г., было показано, что сочетание свойств плотного и теплопроводного нитридного топлива со свойствами высококипящего, мало активируемого, не подверженного возгоранию при контакте с водой и воздухом свинцового теплоносителя отвечает условию достижения в активной зоне полного воспроизводства делящихся нуклидов с $K_{\text{ва}} \geq 1$, не требует высокого давления в корпусе РУ и исключает аварии с неконтролируемым ростом мощности, потерей теплоносителя, кипением свинца ($T_{\text{кип}} > 1700^\circ\text{C}$), паровым и водородным взрывами. Все это свидетельствовало о том, что целый класс наиболее тяжелых аварий в БРС-1000 исключен качествами, внутренне присущими свинцовому теплоносителю и нитридному топливу.

Тем не менее, конструкция РУ имела ряд недостатков, на что указали участники Международного совещания по быстрым реакторам со свинцовым теплоносителем, проведенного в НИКИЭТ в октябре 1990 г. Недостатки заключались в размещении тяжелого свинцового контура в компактном металлическом корпусе, что вступало в противоречие с требованиями по сейсмической безопасности РУ и радиационному облучению ремонтируемого оборудования. Вызывали опасения размещение парогенератора со сверхкритическим давлением в трубках пароводяного контура вблизи активной зоны, а также отвод остаточного тепла с помощью пароводяных теплообменников, погруженных в свинцовый контур. Из-за разного темпа воспроизводства плутония в радиальных зонах с разным обогащением в процессе работы РУ изменялось выровненное распределение мощности в активной зоне и требовалась постоянная корректировка состава регенерированного топлива.

Выполненные расчетные исследования и конструкторские проработки БРС-1000 получили развитие в новом проекте реактора меньшей мощности –

БРС-300, рассматриваемого в качестве прототипа охлаждаемых свинцом быстрых реакторов. Работы по этому проекту выполнялись также возглавляемым В.С. Смирновым творческим коллективом, образованным практически из тех же специалистов, которые участвовали в проекте БРС-1000, но дополненным сотрудниками НИКИЭТ (А.И. Филин, В.Н. Леонов, О.Ю. Тюленева), ИАЭ (Д.А. Ильин, Л.Н. Ярославцева), ФЭИ (М.П. Леончук, Э.Х. Пыльченков, А.В. Дедуль, З.В. Сивак, В.Я. Кумасев), ОКБ «Гидропресс» (Е.И. Левин, В.Г. Пухов, Ю.В. Максименко), МИФИ (Н.И. Гераскин, Д.В. Морин, А.М. Кузьмин), ЦНИИТМАШ (Ф.Ф. Вертман, А.В. Мухин, В.Д. Чебураев), МЭИ (М.Б. Коломейцева, В.В. Митрофанов, В.В. Пихлецкий).

От предыдущего этот проект БРС-300 отличался новой конструкцией активной зоны с регулирующими органами систем управления и защиты, вынесенными за пределы зоны, в первый ряд бокового отражателя, пассивной системой аварийной остановки реактора при недопустимых величинах снижения расхода теплоносителя или роста температуры на выходе зоны, а также способом выравнивания радиального распределения подогревов теплоносителя и максимальных температур твэлов. Этот способ заключался в радиальном профилировании топливной загрузки путем использования в ТВС центральной зоны твэлов меньшего диаметра, а в промежуточной и периферийной зонах – большего, при одинаковом составе топлива, количестве твэлов и шаге их размещения в ТВС. Способ позволял привести в необходимое соответствие мощности ТВС с расходами через них теплоносителя, т.е. сделать их адекватными друг другу и, кроме того, стабилизировать полученные выровненные распределения по кампании, поскольку при КВА-1 во всех ТВС устанавливается равновесие между выгоранием и наработкой делящихся нуклидов. В проекте были рассмотрены возможности аварийного отвода остаточного тепла через корпус реактора и непосредственно от свинцового контура за счет естественной циркуляции воздуха и сброса тепла в атмосферу, что и было принято при дальнейшем проектировании РУ БРЕСТ.

В сентябре 1990 г. для разработки БР со свинцовым теплоносителем был образован специальный отдел № 88, который возглавил А.И. Филин, назначенный исполняющим обязанности начальника отдела. Костяк отдела составили В.С. Цикунов, А.Г. Сила-Новицкий и В.В. Леонов. Постепенно в него влились К.Д. Семенова, С.В. Булавкин, В.В. Поликса, отпущенные из отдела № 5 физики В.С. Смирнов, О.М. Борисов и В.В. Наумов; в 1992 г. из отдела № 2 пришли И.Т. Серов, Н.Л. Ефимов, Н.А. Романова, С.К. Федоров и А.А. Пикалов, несколько позднее из отдела № 23 перешел В.Н. Добровольский.

Время до 1998 г. можно охарактеризовать как период стагнации проекта БРЕСТ. Конечно, в это время велись расчетные исследования и конструкторские проработки как прототипа, так и разных вариантов коммерческого быстрого реактора большой мощности, но экспериментальные работы еле теплились. Это время «самоедства», когда, не имея экспериментального подтверждения принятых в проекте технических решений, начинаешь сомневаться в их правильности.

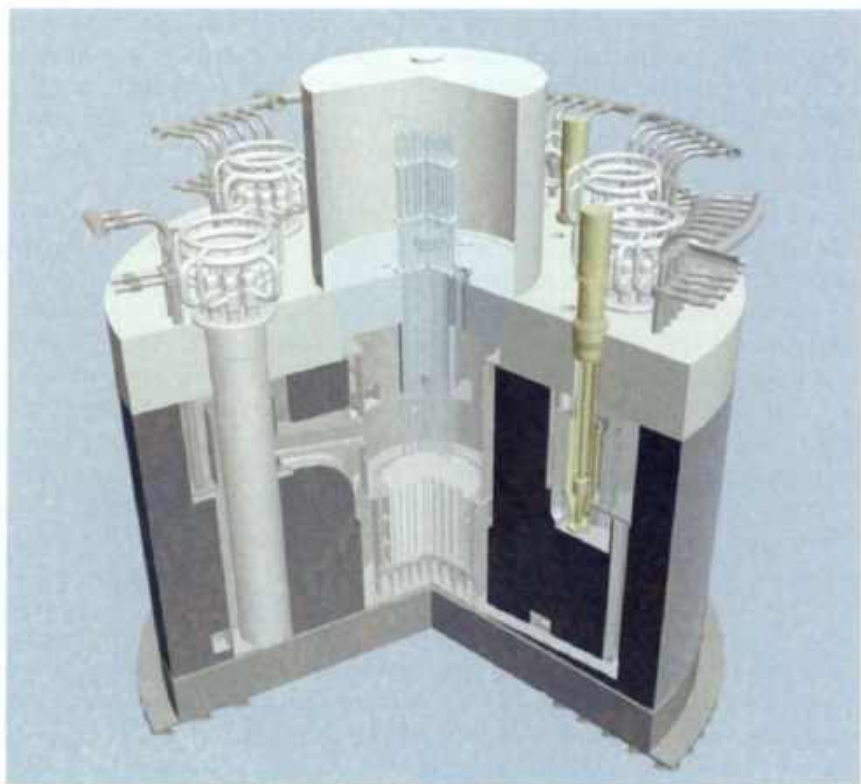
Бывали и светлые дни: международная конференция в ФЭИ по РУ с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем, поездка большой делегацией в Питтсбург (США) на конференцию по безопасности усовершенствованных

реакторов, где усилиями Е.О. Адамова была организована специальная секция по быстрым реакторам с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем, семинары в Кадарахе и Париже, на которых наша большая делегация из специалистов НИКИЭТ, ФЭИ, ВНИИНМ и «Прометей» отчитывалась за работы в развитие концепции БРЕСТ по контракту с EDF. В 1995 г. был выпущен отчет по концептуальному проекту БРЕСТ-300, подводящий итоги работ, выполненных за 6 лет. Этот отчет до сих пор рассматривается как малая энциклопедия БРЕСТ и предлагается в качестве справочного материала всем подключаемым к работам специалистам и дипломникам для их вхождения в тематику.

По-настоящему продуктивный период разработки проекта БРЕСТ начался с назначения в 1998 г. Е.О. Адамова министром атомной энергетики. Его Приказом № 97 от 21.02.2000 г. был определен состав основных предприятий, участвующих в разработке «АЭС с опытно-демонстрационным реактором на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем электрической мощностью 300 МВт (БРЕСТ-ОД-300) с пристанционным топливным циклом для площадки Белоярской АЭС». В этом приказе НИКИЭТ назначался руководителем разработки проекта АЭС (Главной разработчик), Главным конструктором РУ БРЕСТ и Научным руководителем проектов АЭС с пристанционным топливным циклом. Во исполнение этого приказа в НИКИЭТ Главным конструктором РУ БРЕСТ-ОД-300 был назначен А.И. Филин, научным руководителем работ – В.В. Орлов, заместителем научного руководителя в части реакторной установки – В.С. Смирнов, а в части топливного цикла – А.В. Лопаткин. Появилось реальное финансирование, позволившее привлечь к работам десятки организаций и сотни специалистов. Рассматривалась новая компоновка свинцового контура в пространственно разнесенных полостях бетонного корпуса. Разворачивались экспериментальные исследования по нейтронной физике (критические сборки на стендах БФС в ФЭИ и РОМБ во ВНИИТФ), по теплогидравлике, технологии свинцового теплоносителя и коррозии конструкционных сталей, контактирующих с жидким свинцом (в ФЭИ и «Прометее»). Работы по топливу включали радиационные испытания в БОР-60 (НИИАР) охлаждаемых свинцом образцов твэлов с нитридным уран-плутониевым топливом и свинцовым подслоем, для чего был создан специальный автономный канал АКСТ. Этот период закончился выпуском в 2002 г. материалов проекта АЭС с РУ БРЕСТ-ОД-300 с пристанционным топливным циклом, которые включали комплекты чертежей и выполненные к тому времени расчеты. К сожалению, многие важные технические решения проекта, не имеющие аналогов в отечественной и мировой практике, не были обоснованы и отработаны в ходе запланированных НИОКР, которые к этому времени только разворачивались или еще даже не начинались.

Назначенная министерством (Л.Д. Рябев) экспертиза проекта РУ БРЕСТ-ОД-300 специалистами атомной отрасли и РНЦ КИ при координации ОКБМ выявила ряд недоработок, но не нашла принципиальных ошибок и просчетов, которые бы ставили под сомнение целесообразность продолжения работ по проекту и этому направлению развития быстрого реактора и его топливного цикла.

К значимым результатам периода следует отнести разработку «Стратегии развития атомной энергетики России в первой половине XXI века», одобренной Правительством РФ (протокол № 17 от 25.05.2000 г.), и подготовку «Инициативы



Реакторная установка БРЕСТ-ОД-300 (разрез)

Президента Российской Федерации В.В. Путина по энергетическому обеспечению устойчивого развития человечества, кардинальному решению проблем нераспространения ядерного оружия и экологического оздоровления планеты Земля», выдвинутой в ООН на Саммите тысячелетия 6 сентября 2000 г. Разумеется, эти результаты в определенной мере стали возможными благодаря работам по концепции и проекту БРЕСТ. В еще большей степени они обязаны огромной, упорной и, как показала жизнь, плодотворной работе, которая проводилась В.В. Орловым и Е.О. Адамовым среди руководителей отрасли и государства и подвела некоторых из них к пониманию не только требований, которым должна удовлетворять будущая ядерная энергетика большого масштаба, но и самой возможности создания такой энергетики в XXI столетии.

Смена руководства отрасли в 2001 г. и взятый новым руководством курс только на ВВЭР снова ввергли работы по проекту БРЕСТ в застой. Сложившиеся для выполнения масштабных проектных работ коллективы постепенно распадались, приходили и уходили в поисках «лучших хлебов» молодые выпускники МВТУ, МЭИ, МИСИ и других московских вузов. Численность коллектива отдела № 88, достигавшая 41 чел., упала до 22 чел. Такая ситуация длилась вплоть до 2008 г., когда выживание отдела в какой-то степени обеспечивалось работами по проекту МНТЦ, поддержанному Швецией и Южной Кореей, заключавшимися

в написании книги «Быстрый реактор естественной безопасности со свинцовым теплоносителем для крупномасштабной ядерной энергетики» с переводом ее на английский язык, а также в написании обзора отечественных и зарубежных материалов по экспериментальным и расчетным исследованиям, направленным на использование тяжелого жидкометаллического теплоносителя в реакторных энергетических установках и мишенях протонных ускорителей.

Отработка и обоснование работоспособности бескожуховой ТВС и рабочих органов СУЗ с гидродинамическими приводами требовали длительных НИОКР, выходящих за рамки времени, отпущенного на завершение проекта. В результате было решено рассмотреть альтернативные варианты активной зоны, набранной из шестигранных ТВС чехловой конструкции с размещением РО СУЗ в пределах зоны и верхним расположением на поворотной пробке механических приводов СУЗ, а также доработать конструкцию РУ с учетом замечаний экспертов. Эта доработка в действительности являлась переработкой и наряду с активной зоной затронула многие элементы конструкции РУ. В результате были переработаны технические задания, выпущены новые чертежи и пояснительные записки к техническим предложениям по активной зоне, реактору и РУ и другие документы.

В настоящее время в сжатые сроки выполняются работы по завершению технического проекта. Эти сроки (до 2014 г.) предусмотрены Федеральной целевой программой (ФЦП) «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года», утвержденной правительственным Постановлением № 50 от 3 февраля 2010 г.

Задачей упомянутой ФЦП является разработка реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым ядерным топливным циклом на основе ядерных энерготехнологий нового поколения с целью развития на их базе крупномасштабной ядерной энергетики естественной радиационной и экологической безопасности, высокой экономичности, решающей проблемы топливных ресурсов и нераспространения ядерного оружия. Разработка реактора БРЕСТ-ОД-300, рассматриваемого в качестве прототипа реакторов типа БРЕСТ большой мощности для будущей ядерной энергетики, включена в перечень основных работ по ФЦП.

Сейчас широко развернута деятельность по проекту и связанным с ним НИОКР, к которым привлечены большие коллективы специалистов. Все это вселяет надежды на то, что идеи концепции БРЕСТ, сформулированные более 20 лет назад, будут в недалеком будущем реализованы в проекте прототипа БРЕСТ, а через 10 лет и продемонстрированы в ходе его пуска и опытной эксплуатации.

Эти надежды подкрепляются выдержкой из выступления главы Госкорпорации «Росатом» С.В. Кириенко в Киеве 18 апреля 2011 г. на международной конференции «Уроки Чернобыля: аспекты безопасности и экологии»: *«...Мы должны быстрее переходить к новому поколению атомных технологий, к так называемым реакторам естественной безопасности, в которых такая защита и безопасность будет гарантироваться не только и не столько наличием добавочных внешних систем защиты, как самой физикой протекания процесса и конструктивными особенностями реакторов. Это*

требует ускорения работы, переосмысливания целого ряда решений. Мы убеждены, что такие решения, как и вопросы безопасности, должны носить не национальный характер, как отдельно взятой страны, а должны носить международный глобальный характер...»

Из молодых и вновь влившихся в отдел опытных разработчиков реакторной установки БРЕСТ следует отметить В.В. Лемехова, А.А. Бажанова, А.Б. Катасонова, К.В. Кузубова, Р.Р. Салихова, Ю.В. Чернобровкина, В.А. Когута и А.Г. Чухлова.

4.6. Исследовательские и изотопные ядерные реакторы

Разработке новых и модернизации действующих исследовательских и изотопных реакторов отведена значимая роль в деятельности НИКИЭТ. Это направление является одним из магистральных путей развития института на ближайшие 15–20 лет.

4.6.1. Исследовательские реакторы

В последнее десятилетие стало ощутимой тенденцией применение исследовательских реакторов для медицинских целей. В русле этой тенденции лежит создание медицинского пучка для нейтронозахватной терапии (НЗТ) на реакторе ИРТ МИФИ.

Целью создания такого пучка нейтронов на реакторе ИРТ-МИФИ является реализация технологии НЗТ для лечения локализованных опухолей органов, не поддающихся эффективному лечению другими методами.



Реактор ИРТ-МИФИ

В 2005 г. на ФГУП «Воткинский завод» был изготовлен поворотный шибер – первая единица оборудования канала НЗТ на реакторе ИРТ-МИФИ.

В 2000–2003 гг. НИКИЭТ в содружестве с ОИЯИ и при его научном руководстве разработал проект модернизации реактора ИБР-2, направленный на обновление отработавшего установленный ресурс оборудования, на повышение уровня безопасности и продление срока службы реактора.

Главное отличие ИБР-2 от других реакторов состоит в механической модуляции реактивности с помощью подвижного отражателя из никеля и стали. Подвижный отражатель является сложной механической системой, обеспечивающей надежную работу двух частей, определяющих модуляцию реактивности: основной подвижный отражатель и дополнительный подвиж-



Загрузка первой ТВС в реактор ИБР-2 после модернизации

ный отражатель. Роторы этих отражателей вращаются в противоположных направлениях с разными скоростями. В момент совмещения обоих отражателей у зоны реактора генерируется импульс мощности. Отражатели вращаются с помощью асинхронного двигателя и размещены в тонкостенном герметичном кожухе, заполненном гелием.

Реактор ИБР-2 модернизированный, с комплексом спектрометров включен в 20-летнюю Европейскую стратегическую программу по исследованиям в области нейтронного рассеяния.

Для проведения экспериментов реактор оборудован 14 горизонтальными и 3 наклонными каналами. Кроме того, за стационарным отражателем на откатных защитах установлены два канала горизонтальных пневмопочт для проведения активационного анализа.

В 2011 г. были выполнены физический и энергетический пуски реактора. В 2012 г. модернизированный реактор ИБР-2 введен в эксплуатацию.

Оптимизация количественно-качественного состава парка ИР предполагает наличие высокопоточных ИР в качестве базовых установок для коллективного пользования ученых и исследователей России и других стран. Поэтому одной из актуальных задач является завершение сооружения в Петербургском институте ядерной физики им. Б.П. Константинова (ПИЯФ, г. Гатчина) исследовательского высокопоточного реактора ПИК с широким спектром экспериментальных возможностей.

Реактор ПИК по своим характеристикам является уникальным пучковым исследовательским реактором — нейтронным источником со стационарной плотностью потока нейтронов более $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, входящим в состав реакторного комплекса ПИК ПИЯФ. Завершение сооружения реакторного комплекса ПИК позволит получить источник нейтронов, обеспечивающий проведение широкого спектра исследований в фундаментальных и прикладных областях ядерной физики, физики твердого тела, биологии и других областях естествознания, в том

числе по приоритетным направлениям науки, технологий и техники, критических технологий Российской Федерации, утвержденных Президентом Российской Федерации (Пр-842 от 21 мая 2006 г. и Пр-843 от 21.05.2006 г.). В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.08.2007 г. № 1039-р определен срок ввода реакторного комплекса ПИК в эксплуатацию и необходимые для этого объемы бюджетных ассигнований.

В сооружении реакторного комплекса ПИК принимают участие научный руководитель, заказчик и эксплуатирующая организация – ПИЯФ им. Б.П. Константинова, главный конструктор РУ ПИК – ОАО «НИКИЭТ», генеральный проектировщик – ОАО «Сосновоборский проектно-изыскательский институт «ВНИПИЭТ».

Физический пуск реактора ПИК осуществлен 28.02.2011 г. В настоящее время сооружение реакторного комплекса ПИК продолжается. Планируемый срок начала работы на физический эксперимент – конец 2014 г.



Здания комплекса реактора ПИК

Известно, что реактор ПИК задуман как базовый высокопоточный исследовательский реактор для пучковых физических исследований. Такая же базовая роль предусмотрена для многоцелевого быстрого (на быстрых нейтронах) исследовательского реактора МБИР, но уже в области материаловедческих исследований и наработки изотопной продукции. Проектирование и сооружение этой инновационной реакторной установки предусмотрены Федеральной целевой программой «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010 – 2015 годов и на перспективу до 2020 года». Предполагается, что реактор МБИР будет сооружен и введен в эксплуатацию к 2020 г. на площадке ОАО «ГНЦ НИИАР» в г. Димитровграде Ульяновской области.

Сооружение реактора МБИР должно обеспечить не только преемственность во времени и пространстве реализации экспериментальных и исследовательских программ, выполняемых на реакторе BOR-60, но и дальнейшее развитие экспериментальной базы отрасли. Кроме того, предполагается, что реактор МБИР может стать основным инструментом международного центра коллективного пользования по экспериментальным исследованиям в обоснование инновационных реакторных технологий.

В 2010 г. кооперация предприятий отрасли в составе ОАО «НИКИЭТ» (главный конструктор), ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» (генеральный проектировщик), ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ» (научный руководитель) и ОАО «ГНЦ НИИАР» (владелец площадки размещения реактора и эксплуатирующая организация) разработали «Техническое задание на реакторную установку МБИР» со следующими основными параметрами.

Мощность (тепл.)	До 150 МВт
Теплоноситель	Жидкий натрий
Топливо	Смешанное уран-оксидное
Максимальный нейтронный поток	До $5,5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$

Экспериментальные устройства:

Петлевой канал большого диаметра в активной зоне	1
Петлевой канал большого диаметра в отражателе	До 2
Внутрикорпусные автономные каналы в активной зоне	До 3
Ячейки в активной зоне под инструментованные каналы	До 3
Ячейки в активной зоне под изотопные сборки	До 6
Ячейки в отражателе под материаловедческие сборки	До 40-50 (ограничено объемом отражателя)
Ячейки в отражателе под изотопные сборки	До 40-50 (ограничено объемом отражателя)
Экспериментальные каналы за корпусом	До 12
Горизонтальные экспериментальные каналы	До 5

Начиная с середины 1980-х гг. Россия мало присутствовала на международном рынке поставок исследовательских реакторов. В течение 25 лет отечественные компании либо не участвовали в проводимых тендерах, либо не имели в них успеха. Такое положение заставило более внимательно взглянуть на эту проблему. Как конструкторская организация, НИКИЭТ обратил свое внимание



Трехмерная модель реактора МБИР

прежде всего на техническую сторону дела. При поддержке Директора – Генерального конструктора Ю.Г. Драгунова специалисты института приступили к разработке базовых проектов набора перспективных исследовательских реакторов по мощностной линейке. Сегодня эти проекты проработаны на уровне технических предложений.

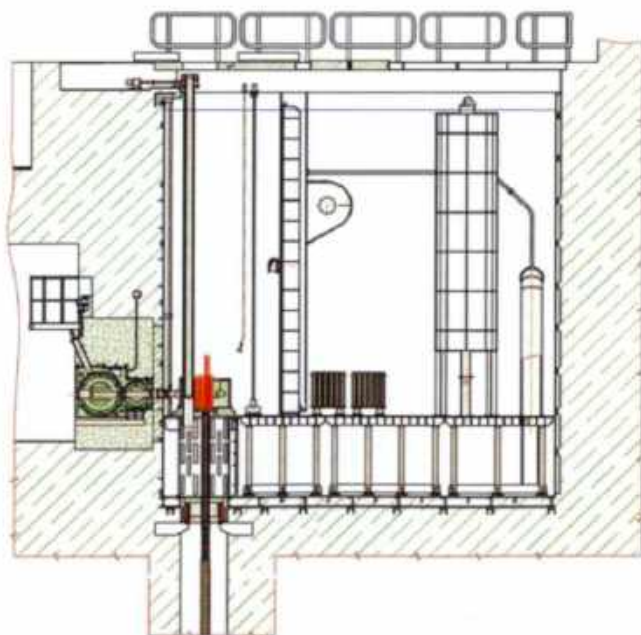
Предварительно был определен востребованный на международном рынке мощностной ряд перспективных ИР, состоящий из трех базовых конструктивных решений для уровней тепловой мощности 1, 10, 20 МВт, и разработаны технические предложения таких ИР. Затем расчетным путем выбраны компоновки активных зон, обеспечивающие оптимальные потребительские характеристики при лучшем соответствии «уровень мощности реактора – тип используемой ТВС».

Основные параметры перспективных реакторов

Параметр	ИР 1МВт		ИР 10 МВт		ИР 20 МВт	
Тип ТВС	ВВР-М2	ИРТ-4М	ВВР-КН	ИРТ-4М	ВВР-КН	
Тепловая мощность, МВт	1	10	10	20	20	
Количество ТВС в активной зоне	70	16	26	40	45	
Высота активной зоны, мм	600	600	600	600	600	
Обогащение топлива по ^{235}U , %	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	
Максимальное значение плотности потока тепловых ($E < 0,625$ эВ) нейтронов, $\times 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$:						
– в активной зоне	0,44	3,2	3,3	4,1	4,6	
– в бериллиевом отражателе	0,2	2	2	1,4	1,2	
Невозмущенная плотность потока нейтронов в месте расположения канала для облучения кремния $\varnothing 205$ мм, $\times 10^{10} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$:						
– тепловых ($E < 0,625$ эВ)	–	3,8	3,7	6	9	
– быстрых ($E > 0,82$ МэВ)	–	0,03	0,03	0,03	0,1	
Плотность потока нейтронов на выходе из горизонтальных каналов, $\times 10^{10} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$:						
– тепловых ($E < 0,625$ эВ)	0,1–0,15	0,8–1,3	0,8–1,3	1,2–2	0,6–1,8	
– быстрых ($E > 0,82$ МэВ)	0,1–0,12	0,004–0,05	0,004–0,05	0,01–0,08	0,003–0,034	

Невозмущенная плотность потока тепловых ($E < 0,625$ эВ) нейтронов в местах расположения каналов пневмопочты, $\times 10^{12}$ см $^{-2}$ ·с $^{-1}$	0,02	0,2	0,2	0,4	1,2
Количество горизонтальных экспериментальных каналов (ГЭК)	4	4	4	4	4
Количество вертикальных экспериментальных каналов (ВЭК)	4	до 25	до 24	до 20	до 17
Поглотитель исполнительных органов СУЗ	B_4C	B_4C	B_4C	B_4C	B_4C
Количество регулирующих органов, в том числе:					
– компенсирующих органов (РО КО)	9	11	10	21	16
– органов автоматического регулирования (РО АР)	6	8	6	18	12
– органов аварийной защиты (РО АЗ)	1	1	1	1	1
	2	2	3	2	3
Температурный эффект, %ΔК/К	-0,5	-0,3	-0,3	-0,2	-0,15
Среднее выгорание топлива в выгружаемой ТВС, %	50	50	50	50	50
«Качество реактора» по тепловым нейтронам (Ф/Н), 1/см 2 ·с·Вт	$4,4 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^7$	$3,3 \cdot 10^7$	$2,05 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^7$

На следующем этапе работ по ряду соображений мощностная линейка была сжата до двух исследовательских реакторов: реактора малой мощности (до 0,5 МВт) и высокопоточного реактора мощностью 10–15 МВт.



Бассейновый исследовательский реактор мощностью 10 МВт

4.6.2. Изотопные реакторы

В ходе работы разработанного в НИКИЭТ промышленного реактора «Руслан» постоянно совершенствовалась технология его эксплуатации с целью повышения технико-экономических показателей, выполнялись мероприятия по повышению безопасности, в частности, внедрена не имеющая аналогов система контроля подкритичности. В ноябре 2011 г. реакторная установка «Руслан» остановлена для подготовки к продлению назначенного срока эксплуатации (на 10–15 лет), в том числе для полной замены аппаратуры систем контроля, управления и защиты.

Выполненные в 2001 и 2011 гг. технико-экономические исследования вариантов создания «нового источника» для производства целевого продукта показали, что на сегодняшний день по сравнению с быстрым тяжеловодным промышленным реактором легководные промышленные реакторные установки разработки ОАО «НИКИЭТ» обладают неоспоримыми преимуществами по критериям безопасности и надежности эксплуатации при сопоставимых технико-экономических показателях.

В инициативном порядке специалисты НИКИЭТ в содружестве с НИЦ «Курчатовский институт» ведут разработку реакторной установки для производства медицинских изотопов ^{99}Mo и ^{89}Sr по инновационной растворной реакторной технологии.

Прототипом разрабатываемого реактора является действующий в НИЦ «Курчатовский институт» реактор «Аргус» – гомогенный растворный реактор на тепловых нейтронах, работающий на стационарной мощности до 20 кВт. В качестве топлива в нем используется водный раствор уранил-сульфата объемом 21,1 л, с концентрацией по урану 81,3 г/л и обогащением по ^{235}U до 90 %.

Выполненный комплекс вариантов расчетов нейтронно-физических и тепло-гидравлических характеристик, радиационной и тепловой защит реактора обосновывает инженерно-физический облик и параметры этого реактора. В качестве основных принципов при проектировании реактора заложены свойства внутренней самозащитенности и пассивной безопасности.



*Трехмерная модель изотопного
растворного реактора*

Основные технические характеристики изотопного растворного реактора

Мощность	75 000 Вт
Топливо реактора	$\text{UO}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ с добавлением серной кислоты
Обогащение по ^{235}U	19,7 %
Замедлитель	Легкая вода в составе топливного раствора
Концентрация урана в растворе	400 г/л
Температура топливного раствора	80,7 °С
Кампания по топливу	Более 10 лет
Производительность по изотопу ^{99}Mo	~2500 Ки/нед (на момент выделения из сорбента) или ~300 Ки/нед на 8-е сут
Теплоноситель контура охлаждения	Легкая вода

Развитие тематики исследовательских и изотопных реакторов при активной позиции института в этом процессе уже сегодня дает свои плоды. Численность головного тематического подразделения возросла в полтора раза, за последние шесть лет подразделение омолодилось на 18 лет – до среднего возраста 38 лет. За последние три года в подразделении полностью обновлена техническая база. Разработана и внедряется в новых проектах система единого информационного пространства. Активнейшим образом ведется разработка проектов новых перспективных установок. Все это и прежде всего ценнейший человеческий капитал специалистов, сконцентрированный в подразделениях института, которые объединены общими задачами, является надежным залогом успешного будущего как тематики, так и коллектива.

4.7. Утилизация атомных подводных лодок, вывод исследовательских и энергетических реакторов из эксплуатации, реабилитация загрязненных территорий

Основатель и первый директор института Николай Антонович Доллежал применял свою концепцию комплексного подхода не только к структуре «наиболее эффективного научного учреждения», но и к судьбе любого детища НИКИЭТ, справедливо отмечая, что роль организации Главного конструктора отнюдь не исчерпывается успешной защитой технического проекта установки.

Уже в ходе создания первого советского промышленного реактора «А», любовно прозванного «Аннушкой», Н.А. Доллежал и его ближайшие соратники не ограничивались конструированием установки. Они тесно взаимодействовали с заводами-изготовителями, активно участвовали в монтаже на площадке и пусконаладочных работах на реакторе. В последующие годы команда

Н.А. Доллежала содействовала обеспечению безопасной эксплуатации установки, поискам решения для выхода из нештатных ситуаций. Вопросы модернизации установки также решались при активном участии специалистов института.

Следует отметить, что на протяжении своей истории НИКИЭТ исповедует такое отношение ко всем, без исключения, установкам, созданным по его проектам. Этот подход распространяется на весь жизненный цикл установки от момента появления концепции установки до вывода ее из эксплуатации и последующей утилизации, чем и объясняется динамично возрастающий объем работ по выводу из эксплуатации и утилизации реакторных установок ВМФ и гражданских реакторов энергетического и исследовательского назначения.

Вывод из эксплуатации и утилизация реакторных установок АПЛ

Атомные корабли и суда, как любое техническое средство, имеют срок службы или ресурс, по окончании которых подлежат выводу из эксплуатации и последующей утилизации. Особенность вывода из эксплуатации корабельных реакторных установок обусловлена длительной работой их энергетического оборудования и систем в специфических условиях ионизирующих излучений, расположенных внутри и снаружи реактора, т.е. в пределах защитных барьеров. В тепловыделяющих сборках и конструкционных материалах происходит образование и накопление техногенных радионуклидов, которые локализируются целостностью штатных защитных барьеров реакторной установки и реакторного отсека.

Особенно остро вопросы обеспечения безопасности вставали при отработке полномасштабного стендового образца 27/ВМ первой реакторной установки для первой отечественной АПЛ зав. № 254, а также при внедрении головного образца и серийных установок ВМ-А на АПЛ первого поколения.

Специалисты НИКИЭТ (В.Н. Аксенова, Г.А. Станиславский, В.В. Борисов, Б.Н. Рогатных, Г.М. Дворина и многие другие) приобрели богатый опыт по специфике работы реакторной установки, замене, ремонту и модернизации ее оборудования и систем, обеспечению ресурсных испытаний, обеспечению



Временное хранение реакторных отсеков на плаву

безопасности при обращении с радиоактивным оборудованием, материалами и радиоактивными отходами разных категорий, который затем широко использовался при создании нормативной, технической, эксплуатационной и ремонтной документации. Для обеспечения надежной, безопасной эксплуатации реакторов ВМ-А на 52 АПЛ первого поколения, в НИКИЭТ была создана и активно работала группа авторского надзора, которую возглавил Г.А. Станиславский. В состав группы входили С. Буробин, В.И. Соколов, В.В. Борисов, С.П. Тищенко, В.Д. Пугач, А.П. Веселкин, В.Г. Аден, В.В. Гурьев, Ю.А. Ухлин, Е.И. Иконников и Б.И. Рогатных.

В 1987 г. на базе этой группы была создана лаборатория № 023, в задачи которой входили, кроме обеспечения эксплуатации, вопросы снятия с эксплуатации и утилизации АПЛ (начальник лаборатории В.А. Мазокин).

Проблема безопасности вывода АПЛ из эксплуатации стала резко обостряться с 1986 г., когда за 6 лет (1987–1992 гг.) из состава ВМФ было выведено 88 АПЛ без подготовки соответствующей инфраструктуры их содержания в отстой.

Учитывая нарастающую угрозу возможных радиационных инцидентов при скоплении списанных АПЛ в базах и на судоремонтных заводах, специалисты НИКИЭТ (В.А. Мазокин, М.Е. Нетеча) в инициативном порядке предложили открыть специальную тему для разработки оптимальных и типовых технических решений, обеспечивающих ядерную, радиационную и экологическую безопасность при обращении с радиационно опасным оборудованием и материалами при снятии с эксплуатации реакторных установок АПЛ. Соответственно была разработана, согласована с проектантами АПЛ, технологическими бюро, судоремонтными заводами и утверждена комплексная программа (шифр «Курган»), которая была одобрена Научно-техническим советом НИКИЭТ и утверждена руководством ВМФ. К сожалению, начатые по этой теме работы не получили должного развития из-за отсутствия финансирования со стороны ВМФ.

Уверенность в положительном решении поставленной задачи поддерживалась следующим обстоятельством. На атомных кораблях и судах, снятых с эксплуатации, использовались реакторные установки восьми типов, которые имели одинаковое назначение и состояли из аналогичных по функциональному назначению элементов (реактор, парогенераторы, циркуляционные насосы, компенсаторы объема, вспомогательные системы, биологическая защита). Конструкционные материалы, применяемые для изготовления оборудования реакторных установок различного типа, очень близки по своим механическим свойствам и химическому составу. Это позволило выработать общие принципиальные подходы к решению проблемы обращения с крупногабаритным радиационно опасным оборудованием и материалами, независимо от типа реакторной установки.

Набор конструктивных элементов защитных барьеров реакторных установок практически одинаков для всех типов: корпус реакторного отсека с его концевыми переборками, корпус реактора с оборудованием и трубопроводами теплоносителя первого контура, защита реакторных выгородок.

На основе результатов радиационных обследований реакторных установок на снятых с эксплуатации АПЛ первого поколения и расчетных данных по активации конструкционных материалов в процессе работы реакторов были получены

обобщенные данные по относительной величине накопленной радиоактивности и ее распределению в оборудовании и конструкциях реакторной установки АПЛ первого поколения через 0,5 года после последней остановки реактора.

НИКИЭТ при участии специализированных НИИ и КБ Минатома России, Минэкономразвития России в 1992–1996 гг. выполнил сравнительные технико-экономические оценки возможных вариантов обращения с ОЯТ, с крупногабаритным радиоактивным оборудованием реакторных установок и реакторными отсеками утилизируемых АПЛ, а также рассмотрел выбор оптимальных решений, выполнил анализ существующей нормативной правовой базы, условий обеспечения ядерной, радиационной и экологической безопасности предлагаемых технологий.

Было ясно, что высокие уровни излучений потребуют применения робототехнических средств и специальных мер защиты персонала при выполнении демонтажных работ в реакторном отсеке, и кроме того, при разделке каждого реакторного отсека будет образовываться 600–700 т твердых радиоактивных отходов, которые необходимо надежно изолировать от внешней среды.

Наиболее целесообразным решением была признана долговременная выдержка в составе реакторного отсека АПЛ, при котором прочный корпус АПЛ выполняет функции основного защитного барьера. Один из основных вопросов обращения с реакторным отсеком состоял в выборе и обосновании безопасного способа хранения этого объекта с расположенным в нем радиоактивным оборудованием и материалами.

В качестве оптимального варианта, с точки зрения стоимости, сроков создания объекта и обеспечения безопасности (в том числе и при возникновении аварийных ситуаций), был предложен вариант хранения реакторных отсеков на подводной площадке около судоремонтного завода на глубине 30–40 м. Этот вариант был согласован с администрацией Мурманской области и позволял реализовать технологию утилизации АПЛ без промежуточного этапа (формирование плавучих трехотсечных блоков). Однако ввиду невосприятости аргументов по обоснованию безопасности и легитимности этого варианта был принят вариант хранения реакторных отсеков на береговой площадке выше уровня моря, что привело к существенному увеличению затрат и задержке примерно на 10 лет начала утилизации АПЛ по штатной технологической схеме.

Продолжительность выдержки радиоактивного оборудования в составе реакторных отсеков определяется интенсивностью распада доминирующих радионуклидов до уровня, позволяющего выполнять работы по его демонтажу и кондиционированию существующими технологическими приемами и способами.

НИКИЭТ разработал (в ходе выполнения порученных ему Постановлением Правительства Российской Федерации от 28.05.1998 г. № 518 функций Головного исполнителя работ по обеспечению ядерной и радиационной безопасности при комплексной утилизации АПЛ и надводных кораблей с ЯЭУ) перечни первоочередных, неотложных НИОКР и организовал их выполнение. При этом институт обеспечивал упреждающую разработку проектно-конструкторской, нормативно-технической и организационно-технологической документации, разрабатывал предложения по оптимальному использованию инфраструктуры

исполнителей работ по утилизации АПЛ и рациональному использованию инвестиций для ее обновления и развития, осуществляя внедрение единой научно-технической политики в практику комплексной утилизации АПЛ.

На основе результатов НИОКР по обеспечению ядерной, радиационной и экологической безопасности при обращении с радиоактивными материалами корабельных реакторных установок НИКИЭТ разработал «Концепцию комплексной утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками», которая определяет основные положения, проблемы и задачи в области технической политики применительно к реальным экономическим условиям в России в 1998–2000 гг., принципиальные решения для всех этапов комплексной утилизации АПЛ, формирование планов НИОКР, взаимодействие и ответственность федеральных органов власти. Концепцией предусмотрены «отсроченная» утилизация радиоактивного оборудования и материалов реакторных установок, использование замкнутого топливного цикла, безусловное обеспечение ядерной и экологической безопасности на основе действующего законодательства, приоритетность этапа выгрузки ОЯТ из реакторов утилизируемых АПЛ. Концепция согласована первыми лицами министерств и ведомств, утверждена руководителем Минатома и введена в действие Поручением Правительства РФ от 17.02.2001 № ИК-П7-02738.

Принципиальная схема реализации концепции предусматривает выгрузку ОЯТ из реакторов АПЛ, поступившей на утилизацию, формирование, подготовку блока реакторного отсека по одной линии и передачу ОЯТ в технологическую цепочку обращения с ОЯТ по другой линии; транспортировку реакторного отсека в пункт долговременного хранения, последующий демонтаж и транспортировку отсека к месту разделки после долговременного хранения, разделку отсека, утилизацию нерадиоактивной части материалов отсека по одной линии и упаковку твердых радиоактивных отходов по другой линии, транспортировку отходов для последующего захоронения в региональных хранилищах.

Воплощение в жизнь положений концепции осуществлялось путем разработки и включения соответствующих требований в проектную, организационно-техническую, нормативную и эксплуатационную документацию, разрабатываемую в составе НИОКР по рассматриваемому направлению.

Примером тому может быть обоснованное НИКИЭТ осушение реактора перед началом потенциально опасных в ядерном отношении работ, что полностью позволило исключить вероятность возникновения такой опасной аварии, как СЦР, при массовом проведении операций по выгрузке ОЯТ из реакторов утилизируемых АПЛ, полностью нивелируя человеческий фактор в виде возможных ошибок персонала. В результате ни одного случая ядерной или радиационной аварии при выгрузке ОЯТ утилизируемых АПЛ в России не отмечено.

К этому же ряду относится разработка и внедрение нормативного документа РД 95.10548-2000, разрешающего использовать свободные объемы реакторных отсеков утилизируемых АПЛ для размещения накопленных при ремонтах и модернизациях, а также образующихся непосредственно при утилизации АПЛ твердых радиоактивных отходов. Это позволило существенно улучшить экологическую обстановку на предприятиях промышленности и сократить объемы радиоактивных отходов, подлежащих окончательной изоляции.

Не менее значимым является принцип отсроченной утилизации, позволивший оптимально использовать имеющуюся инфраструктуру, не загружать ее мощности радиационно опасными работами, которые можно провести после естественного снижения наведенной радиоактивности оборудования и конструкций отсека, существенно снизив дозовые нагрузки на персонал.

Утилизация – это завершающий этап жизненного цикла АПЛ, на котором реализуется система организационных, научных, технологических и производственных мероприятий, обеспечивающих весь комплекс работ по подготовке, демонтажу оборудования и систем, разделке корпусных конструкций, реализации продуктов утилизации, кондиционированию (захоронению) радиоактивных и других видов отходов, не подлежащих переработке. Интенсивный вывод АПЛ из состава ВМФ проводился в 1988–1998 гг. За этот период было выведено из эксплуатации 158 АПЛ.

Основные проблемы, возникшие при массовом выводе из эксплуатации АПЛ, в части обеспечения безопасности при их временном хранении на плаву и последующей их утилизации, были обусловлены тем, что существующая в регионах инфраструктура, ориентированная в основном на строительство, эксплуатацию и ремонт атомных кораблей, оказалась не готовой обеспечить утилизацию АПЛ, адекватную темпу вывода их из состава ВМФ. До 1990 г. в год утилизировалось не более 1–3 АПЛ, в то время как только за 1990 г. было выведено из эксплуатации 29 АПЛ. Это привело к стремительному накоплению АПЛ в пунктах отстоя, причем на большинстве из них отработавшее ядерное топливо не было выгружено из реакторов. К началу 1998 г. в отстой находилось 177 АПЛ, из которых 138 хранились на плаву с ОЯТ на борту.

Головным исполнителем работ в части ядерной и радиационной безопасности, экологической реабилитации береговых баз ВМФ был определен НИКИЭТ. При участии специализированных организаций были разработаны и обоснованы перечни первоочередных, неотложных мероприятий по ускорению утилизации АПЛ, а также:

- порядок передачи АПЛ и надводных кораблей с ЯЭУ предприятия исполнителям работ на утилизацию;
- положение о гражданском экипаже АПЛ отстоя;
- положение о дежурно-вахтенной службе АПЛ;
- ГОСТ РВ 50811 – «Утилизация кораблей и судов ВМФ. Основные положения».

НИКИЭТ уже много лет принимает активное участие в реализации этой важнейшей концепции. Благодаря усилиям кооперации предприятий, в составе которой НИКИЭТ играет одну из ведущих ролей, с начала 2000-х гг. число АПЛ, ожидающих своей очереди на утилизацию, стало заметно сокращаться.

Шесть АПЛ, выведенных из эксплуатации, квалифицировались как аварийные: четыре АПЛ с водо-водяными реакторами и две АПЛ с реакторами на жидкометаллическом теплоносителе. Для утилизации (реабилитации) аварийных АПЛ были разработаны индивидуальные технические решения и технологии с учетом их технического состояния и последствий аварий. На основе подробных радиационно-технических обследований были разработаны и обоснованы необходимые конструкторские и организационно-технические мероприятия по



Долговременное хранение реакторных отсеков на береговой площадке пункта долговременного хранения РО «Сайда»

обеспечению безопасности персонала при производстве работ по подготовке к выгрузке ОТВС, обращению и транспортированию (буксировке) аварийных АПЛ и последующей разделке и обращению с реакторными блоками.

Результаты выполнения научно-исследовательских работ (разработка проектно-конструкторской документации, технических обоснований безопасности технологических операций, разработка требований по выгрузке ОТВС и др.), а также научно-техническое сопровождение радиационно опасных технологий позволили успешно выполнить работы по выгрузке ОТВС (в 2008, 2009 и 2011 гг.) и утилизировать их по принятой технологии.

На основе результатов выполненных специалистами НИКИЭТ технико-экономических оценок возможных вариантов реабилитации двух наиболее опасных АПЛ, последствия аварий на которых оказались очень тяжелыми, были разработаны и обоснованы технические решения и принципиальные технологии по изоляции этих наиболее опасных аварийных АПЛ. Крайне опасные уровни излучений внутри и снаружи реакторных отсеков, неработоспособность систем жизнеобеспечения и непотопляемости, недостаточная эффективность мероприятий по локализации последствий аварии исключали проведение работ по подготовке и выгрузке ОЯТ из реакторов и последующую утилизацию этих АПЛ.

При радиационно-технических обследованиях с использованием специально разработанного для этих целей дистанционно управляемого манипулятора были определены координаты и параметры основных источников излучений внутри реакторного отсека в одной из упомянутых АПЛ и радиационная обстановка в реакторном отсеке второй. Результаты обследований показали невозможность

выгрузки ОТВС из реакторов этих АПЛ и позволили определить необходимые мероприятия по обеспечению радиационной безопасности при выполнении последующих реабилитационных работ. На основе технико-экономических оценок возможных вариантов реабилитации в 2001 г. было принято решение изолировать эти АПЛ (целиком) в специальном береговом укрытии выше уровня моря без выгрузки ОЯТ из их реакторов. В ходе дальнейших проектных работ НИКИЭТ обосновал возможность и целесообразность формирования из этих АПЛ трехотсечных реакторных блоков и изоляции их в береговом укрытии, что позволяет существенно сократить размеры сооружения и снизить затраты на его создание и эксплуатацию. В соответствии с данным предложением реабилитация этих АПЛ была успешно завершена в 2011 г. В 2010 г. были начаты работы по реабилитации одноотсечного блока еще одной АПЛ с использованием инфраструктуры сухого дока. Целью работы явилась выгрузка ОЯТ из реактора с размещением чехлов с кассетами в защитных транспортных контейнерах. В 2011 г. реактор был демонтирован из корпуса АПЛ и установлен на стапельное место. Работы по выгрузке топливных кассет из реактора планируется завершить в III квартале 2012 г.

Таким образом, в настоящее время основные работы по реабилитации всех указанных выше аварийных АПЛ завершены.

Наряду с утилизацией АПЛ специалисты НИКИЭТ продолжают работы по научно-техническому и конструкторско-технологическому обеспечению экологической реабилитации бывших береговых баз ВМФ. Выполнены работы по обследованию, инвентаризации и подготовке к вывозу ОЯТ с береговой базы в пункте Гремиха. Разработана транспортно-технологическая схема и регламент выполнения работ по размещению ОТВС в транспортные контейнеры, обоснована ядерная безопасность выполнения технологических операций, обеспечена координация работ соисполнителей этого проекта. Первая партия контейнеров с кондиционным ОЯТ была вывезена на ФГУП «Атомфлот» с помощью теплохода «Серебрянка» в 2008 г.

Разработаны положение и критерии приемлемости для радиоактивных отходов, подлежащих поставке в региональный центр кондиционирования и долговременного хранения (захоронения) Северо-Западного региона (губа Сайда). Создана база данных по радиоактивным отходам, находящимся на временном хранении у исполнителей работ и на береговых объектах. Начата разработка логистической схемы управления процессом комплексной утилизации АПЛ на завершающем этапе.

В обеспечение реализации программных мероприятий специалистами НИКИЭТ:

1) проведен комплекс расчетно-экспериментальных исследований радиационного потенциала оборудования паропроизводящих установок и реакторных блоков, результаты которых в совокупности с выполненными технико-экономическими исследованиями позволили обосновать и утвердить схему утилизации АПЛ с «отсроченной» утилизацией собственно реакторных отсеков после их долговременного контролируемого хранения;

2) разработаны, согласованы и утверждены концепции комплексной утилизации АПЛ, надводных кораблей с ЯЭУ и экологической реабилитации радиационно опасных объектов;

3) разработан и согласован с заинтересованными ведомствами проект Федеральной целевой программы по комплексной утилизации АПЛ, а также проект соответствующей подпрограммы ФЦП «Промышленная утилизация вооружений и военной техники на 2005–2010 гг.»;

4) разработан и представлен на согласование с заинтересованными ведомствами проект Подпрограммы промышленной утилизации АПЛ в ФЦП «Промышленная утилизация вооружения и военной техники ядерного комплекса на 2011–2015 годы и на период до 2020 года»;

5) разработан комплект предложений по основным задачам и проектам в рамках программы Глобального партнерства G8, направленных на полное решение проблем, связанных с реализацией программы комплексной утилизации АПЛ, надводных кораблей с ЯЭУ и экологической реабилитации радиационно опасных объектов;

6) проведен анализ и согласование с предприятиями-исполнителями работ по утилизации АПЛ экономических аспектов этой деятельности, разработаны рекомендации по использованию средств, полученных от реализации продуктов утилизации;

7) разработаны и реализованы мероприятия по углубленной переработке драгоценных металлов и цветметсодержащего оборудования, демонтированного с утилизируемых АПЛ, с целью улучшения экономических показателей процесса утилизации;

8) проведены и скоординированы НИОКР, выполняемые в обоснование и обеспечение реализации программы комплексной утилизации АПЛ и надводных кораблей с ЯЭУ;

9) проведены комплексные исследования радиационно-экологической обстановки на бывших береговых технических базах, разработаны и реализованы предложения по обращению с ОЯТ и РАО, находящимся на территории баз и по их экологической реабилитации;

10) проведены технико-экономические исследования и разработаны рекомендации по оптимизации планов реализации программы комплексной утилизации АПЛ и надводных кораблей с ЯЭУ;

11) проведены систематический сбор и анализ информации о ходе выполнения работ по реализации государственного оборонного заказа по утилизации АПЛ и надводных кораблей с ЯЭУ, разработка (при необходимости) рекомендаций для принятия решений, направленных на его безусловное выполнение, или по его корректировке;

12) проведены сбор, анализ и обобщение предложений от органов федеральной исполнительной власти и предприятий промышленности по планам предстоящих работ, разработка предложений по определению их приоритетов и формированию гособоронзаказа;

13) разработаны и внедрены:

- концепция комплексной утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерной энергетической установкой;

- концепция экологической реабилитации береговых технических баз Тихоокеанского региона России;

- концепция экологической реабилитации береговых технических баз Северного региона России;

- технология подготовки реактора АПЛ к долговременному хранению при невозможности полной выгрузки ОЯТ;
- РД «Общие технические требования на формирование одноотсечных блоков реакторных отсеков утилизируемых АПЛ (для последующего хранения в ПДХ)»;
- РД «Общие технические требования к размещению в реакторных отсеках утилизируемых атомных подводных лодок твердых радиоактивных отходов»;
- основные положения по подготовке к хранению и обслуживанию реакторных отсеков утилизированных АПЛ в пункте долговременного хранения «Сайда»;
- технологии эксплуатации пунктов долговременного хранения «Сайда» и «Разбойник» (регламенты);
- ТТС и регламенты вывоза ОЯТ ВВР из пункта Гремеха;
- технические обоснования безопасности обращения с аварийными АПЛ на различных этапах утилизации (зав. № 533, 541, 175, 610, 910);
- инструкция по обслуживанию одноотсечных реакторных блоков;
- инструкция по обращению с гильзами реактора утилизируемых АПЛ при выгрузке ОЯТ;
- обоснование возможности «сухого» хранения активных зон в реакторах ВМ-А;
- выполнение сопутствующих работ и выгрузки ОЯТ из реакторов утилизируемых АПЛ в нештатных ситуациях;
- ПОР на аварийной АПЛ зав. № 541;
- положение о пункте береговой изоляции аварийных АПЛ.

Разработка Стратегического мастер-плана

В 2007 г. была завершена работа коллектива (руководитель работы академик А.А. Саркисов) специалистов НИКИЭТ, НИЦ «Курчатовский институт» и ИБРАЭ РАН по разработке Стратегического мастер-плана (СМП), основной целью которого являлось рациональное использование международной помощи для ускорения решения проблемы безопасной утилизации АПЛ и экологической реабилитации радиационно опасных объектов в Северо-западном регионе России.

Основные мероприятия и предложения, предусмотренные СМП, базировались на разработанных НИКИЭТ программе комплексной утилизации АПЛ на период 2005–2010 гг. и перечне приоритетных проектов для международного сотрудничества. В разработке СМП от НИКИЭТ участвовала группа ведущих специалистов под руководством главного конструктора В.А. Шишкина (В.А. Мазокин, Н.И. Гонцарюк, А.И. Миронов, А.О. Пименов и др., всего 13 чел.). Эта группа с привлечением профильных специалистов других организаций (НИПТБ «Онега», СРЗ «Нерпа», ФГУП «Атомфлот» и др.) выполнила научный анализ фактического состояния атомного флота и обслуживающей инфраструктуры Северного флота, определила основные, первоочередные задачи по утилизации АПЛ, надводных кораблей с ЯЭУ, судов АТО, реабилитации бывших береговых баз ВМФ и обосновала предложения по их реализации. Финансирование разработки СМП осуществлялось Европейским банком реконструкции и развития через Фонд экологической безопасности при ИБРАЭ РАН.

В составе СМП была разработана дорожная карта, положения которой в основном соответствуют программе комплексной утилизации АПЛ.

Реабилитация ядерно и радиационно опасных объектов

Большая работа проведена специалистами НИКИЭТ по обследованию и составлению карт радиационного загрязнения зданий, сооружений и территории бывших береговых технических баз военно-морского флота на Северо-Западе России, на Дальнем Востоке и Камчатке.

Великобритания выделила в распоряжение своего Министерства торговли и промышленности (DTI) средства для помощи России на ликвидацию ядерного наследия в Северо-Западном регионе и в первую очередь в губе Андреева, самой крупной из береговых технических баз флота. В мае 2001 г. делегация НИКИЭТ в составе директора института Б.А. Габараева, заместителя директора по НИОКР В.Г. Адена, главного конструктора транспортных реакторов В.А. Шишкина и директора отделения физики и безопасности А.П. Васильева посетила Великобританию и провела переговоры с руководством DTI. Началась подготовка первых договоров с DTI на обследования бывшего аварийного бассейнового хранилища ОЯТ (здание 5) и блоков сухого хранения ОЯТ, в которых находилось ОЯТ около 100 активных зон реакторов АПЛ первого и второго поколений. Вскоре к проекту присоединились и другие страны. За счет финансовой помощи Норвегии специалисты составили карту радиационной обстановки на территории губы Андреева, провели ее зонирование и наметили места наиболее опасного загрязнения, которые нужно было очистить в первую очередь. Благодаря помощи, выделенной Швецией, началось обследование хранилищ твердых и жидких радиоактивных отходов.

Обследование БСХ, изучение состояния ОЯТ, хранящегося в его ячейках, измерение степени радиоактивности воды в блоке 2Б проводили специалисты отделения физики и безопасности под руководством М.Е. Нетечи и В.П. Васюхно совместно со специалистами отдела технологии и конструкции активных зон под руководством С.Ю. Булкина.

Это обследование выявило, что в здании 5 сложилась крайне тяжелая радиационная обстановка. Для того чтобы провести измерения в бассейнах здания, не допустив повышенного облучения персонала, специалистам НИКИЭТ пришлось проявить изобретательность и сноровку, сконструировать и изготовить специальные приспособления для взятия проб осадков на дне бассейнов. Особенно отличились в этой работе А.И. Яшников, Е.Б. Архангельский и другие сотрудники отдела физики защиты под руководством В.П. Васюхно.

При обследовании бассейнов здания 5 было обнаружено повышенное значение мощности эквивалентной дозы (МЭД) γ -излучения в правом малом бассейне. Было высказано предположение о наличии на дне этого бассейна крупных фрагментов или даже целых ОТВС. В мае 2010 г. специалистами НИКИЭТ было проведено дополнительное обследование всех четырех бассейнов. Целью этого обследования являлось определение наличия остатков ОЯТ на дне бассейнов, и в случае их обнаружения – определение их количества, размеров и места нахождения. По результатам визуального обследования и гамма-съемки с помощью CARTOGAM сделан вывод о наличии в правом малом бассейне шести ОТВС и одного фрагмента сборки.

В настоящее время ведется подготовка к извлечению обнаруженных ОТВС. Их удаление позволит перевести бывшее хранилище ОЯТ из ядерно опасного в радиационно опасное состояние. Это позволит приступить к выгрузке РАО из всех бассейнов.

Для обращения с просыпями делящихся материалов на дне бассейнов специалистами НИКИЭТ, ФМБЦ им. Бурназяна, СЗЦ «СевРАО» и другими организациями было разработано Руководство «Обеспечение безопасности при обращении с радиоактивными отходами, содержащими ядерные материалы, на предприятиях Госкорпорации «Росатом» на Северо-Западе России».

Ранее выполненные радиационные и материаловедческие исследования показали, что в процессе длительного хранения ОЯТ в ячейках блока сухого хранения возможны деградация оболочек твэлов и коррозия топливной композиции. Процессы деградации могут привести к фрагментации отдельных твэлов и возможности неконтролируемого перемещения топливной композиции.

Для обнаружения ОТВС с поврежденной топливной частью в процессе выгрузки их из чехлов в НИКИЭТ была спроектирована специальная γ -сканирующая установка. Помимо блока сухого хранения в губе Андреева, данная установка может быть использована и на других работах при выгрузке ОЯТ, например, из хранилищ плавучей технической базы «Лепсе», где находится топливо 11 активных зон реакторов, в разное время эксплуатировавшихся на атомных ледоколах «Ленин», «Арктика» и «Сибирь».

Учет фактического состояния топлива позволит в значительной мере упростить разработку транспортно-технологической схемы обращения с ОЯТ, сократить количество чехлов, необходимых для обращения с ОЯТ, и соответственно транспортных контейнеров. Таким образом, снизится стоимость транспортировки ОЯТ.

На береговой технической базе в Гремехе на площадке временного хранения твердых радиоактивных отходов находилось более сотни контейнеров с ОЯТ, а также контейнеры с ловушками и системами управления и защиты. Часть этих контейнеров имели повреждения, на площадке между ними находились мощные источники γ излучения, положение которых было неизвестно.

«Сканирование» уровней γ -излучения над площадкой на уровне бетонного ограждения (на высоте 3 м от покрытия) было проведено с использованием γ -дозиметра, перемещаемого по тонкому стальному тросу, натянутому над площадкой между торцевыми стенками ограждения. Для закрепления троса на ограждении, для перемещения датчика вдоль троса и троса – вдоль ограждения в НИКИЭТ было изготовлено специальное приспособление.

С помощью CARTOGAM были сделаны снимки различных объектов, чтобы определить положение наиболее опасных источников. Дополнительно со стен ограждения были проведены измерения МЭД с помощью длинных «удочек». Полученные результаты использованы для получения трехмерного распределения МЭД γ -излучения над площадкой. Параллельно проводились расчеты, что позволило уточнить местонахождение наиболее опасных источников γ -излучения, вблизи которых МЭД достигала десятков миллизивертов в час.

По результатам измерений и расчетов были даны рекомендации предприятию СевРАО по изготовлению защиты над этими источниками. После их укрытия фон

на площадке снизился в десятки раз, а вблизи наиболее сильных источников – в 200 раз.

В ближайшие годы в России возрастет объем работ по обращению с ОЯТ и РАО при реабилитации объектов ядерного наследия СССР. На объектах Северо-Запада России находится около 80 тыс. м³ твердых радиоактивных отходов, среди которых много металла, строительных конструкций и загрязненного грунта.

Основная часть таких отходов имеет поверхностное загрязнение радионуклидами ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Объем загрязненного слоя составляет от долей процента до 1–2 % от общего объема отходов. Значительная часть твердых радиоактивных отходов относится к среднеактивным отходам. Снижение их активности до уровня очень низкоактивных отходов, которые можно захоронять в специальных наземных хранилищах, уменьшает стоимость захоронения 1 м³ примерно в 10 раз. При этом объем остающейся части отходов, которую нужно захоронять как среднеактивные отходы, снижается в десятки раз.

НИКИЭТ создал совместно с НПП «Альфа-Диагностика» мобильный модульный комплекс для очистки контейнеров и ячеек БСХ и удаления просыпей топлива.

В НИКИЭТ совместно с ООО «Александра-Плюс» и ГУП МосНПО «Радон» ведутся работы по внедрению технологии ультразвуковой дезактивации РАО. Первая установка МО-42 была создана для дезактивации чехлов для хранения ОЯТ АПЛ и на нее получен патент на изобретение. Испытания, проведенные в 2007–2008 гг., подтвердили высокую эффективность этой технологии, позволившей в десятки раз снизить объемы РАО и общую стоимость обращения с ними.

В 2010 г. по заказу НИКИЭТ была изготовлена опытная установка НО-180 для дезактивации почвы, в которой кроме кавитации используется эффект просеивания под действием ультразвука. В 2011 г. в ГУП МосНПО «Радон» были проведены испытания этой установки на реально загрязненных грунтах.

Вывод из эксплуатации ядерных энергетических установок

Гражданское направление ядерного энергетического реакторостроения (реактор АМ первой в мире АЭС, реакторы АМБ Белоярской АЭС, реакторы ЭГП-6 Билибинской АЭС с трубчатыми твэлами, реакторы РБМК-1000 и РБМК-1500 со стержневыми твэлами развивалось в НИКИЭТ под действием идей и конструкторских мыслей, заложенных еще в проекты первых в России ПУГР (проточные аппараты А, АИ и И-1, двухцелевой аппарат с замкнутым контуром ЭИ-2).

Развитие атомной энергетики в XX и начале XXI вв. показало, что решение вопросов завершающей стадии жизненного цикла объектов и материалов использования атомной энергии, наряду с безопасностью эксплуатации ядерных энергетических установок является необходимым условием развития ядерной отрасли.

Еще несколько десятков лет назад в мире начался процесс останова ЯЭУ для вывода из эксплуатации (по причинам истощения ресурса или невозможности удовлетворения современным требованиям безопасности и экономики). Этот процесс охватил и некоторые установки, созданные НИКИЭТ в кооперации с научными руководителями, генеральными проектантами и другими

соисполнителями. Так, в 1990 г. были остановлены для вывода из эксплуатации промышленные уран-графитовые реакторы «А» и АИ на площадке ПО «Маяк», И-1 и ЭИ-2 на площадке СХК, реакторы АМБ-I и АМБ-II на Белоярской АЭС.

НИКИЭТ как организация Главного конструктора, обязанностью которого является сопровождение созданных установок на всех стадиях жизненного цикла, подключился к работам по выводу из эксплуатации, среди которых целесообразно выделить работы по подготовке к выводу из эксплуатации ПУГР и остановленных реакторов АМБ Белоярской АЭС.

В 1989 г. командой отдела № 4 отделения Главного конструктора Ю.М. Черкашова (М.И. Абрамов, И.И. Гроздов и А.А. Петров) были разработаны два технических проекта вывода из эксплуатации реакторов И-1 и ЭИ-2 по варианту захоронения реактора в шахте, предусматривающему подготовительные демонтажные работы, создание дополнительных барьеров с использованием глинопесчаных смесей на основе бентонита и бетонных смесей для дополнительного упрочнения ряда схем, создание защитного перекрытия над шахтой реактора.

Работа выполнялась в тесной кооперации с представителями Генерального проектанта ВНИПИЭТ (В.Д. Куликов), ИФХЭ РАН (Е.В. Захарова), заказчика проекта СХК (В.И. Хвостов).

Проекты вывода из эксплуатации реакторных установок И-1 и ЭИ-2 (реактор, системы РУ, площадка), разработанные ВНИПИЭТ в 1989–1990 гг., в качестве варианта прекращения эксплуатации РУ И-1 и ЭИ-2 предусматривали захоронение на 100 лет реактора в шахте и фактически с некоторой детализацией подтверждали проектные решения НИКИЭТ по реактору.

В 1996–2000 гг. той же командой НИКИЭТ было разработано два техно-рабочих проекта вывода из эксплуатации реакторов И-1 и ЭИ-2 по варианту подготовки к выдержке в захороненном состоянии на 100 и более лет.

В 2007 г. проектные материалы НИКИЭТ по реактору и ВНИПИЭТ по системам и площадке были объединены в двух технических отчетах («Обоснование вывода из эксплуатации ПУГР И-1» и «Обоснование ... ЭИ-2») с обоснованием в них принятого в соответствии с действовавшей с 2005 г. концепцией вывода из эксплуатации ПУГР варианта отложенного окончательного решения в виде долговременного хранения сроком не менее 100 лет с последующим принятием окончательного решения (ликвидация или захоронение) по завершении хранения.

По проектным решениям, отраженным в Отчетах по обоснованию безопасности командой отдела № 3 (А.А. Роменков, О.А. Ярмоленко и Л.А. Андреева), привлеченной Главным конструктором А.А. Петровым к работам по сопровождению вывода из эксплуатации ПУГР, были сделаны предложения по необходимости их уточнений в части обоснованности и применимости для долговременного хранения.

Здесь целесообразно отметить, что проекты вывода из эксплуатации реакторного оборудования ПУГР И-1 и ЭИ-2, выполненные НИКИЭТ в 1989–2000 гг., являлись первыми предложениями в направлении захоронения таких объектов и в результате легли в основу проекта радиационно безопасного захоронения ПУГР, выполненного НИКИЭТ в 2011 г.

Основные направления работ НИКИЭТ по выводу из эксплуатации остановленных блоков БАЭС осуществлялись в рамках научно-технической поддержки работ концерна «Росэнергоатом» по Программам удаления просыпей ОЯТ из элементов 1-й очереди и обеспечения безопасного хранения и подготовки ОЯТ АМБ к вывозу с блоков. Специалистами института был разработан ряд технологий, использование которых возможно и на других выводимых из эксплуатации реакторах (РБМК, ПУГР и др.). Среди них целесообразно выделить следующие:

- в 2000 г. НИКИЭТ по договору с концерном «Росэнергоатом» разработал технический проект по герметизации (локализации) реакторного пространства 1-го энергоблока БАЭС;

- в 2005–2006 гг. проект был реализован на Белоярской АЭС после завершения вспомогательных проектов: системы вентиляции места приготовления консерванта, системы теленаблюдения, а также после проверки технологии выполнения работ в станционных условиях БАЭС.

Герметизация реакторного пространства позволила повысить безопасность 1-го энергоблока при его эксплуатации на этапах временной выдержки и подготовки к выводу из эксплуатации, за счет уменьшения выхода аэрозолей и других радиоактивных веществ в центральный зал и соседние помещения при нормальных условиях эксплуатации и исключения радиоактивного выброса при возможной, но маловероятной запроектной аварии, обусловленной перераспределением просыпей топлива с образованием локальной критической массы.

Для герметизации стояков (по проекту 968 шт.) и 18 люков в верхней плите (общей площадью $4,7 \text{ м}^2$) в проекте предложено использование консерванта «F», разработанного в НИКИЭТ для герметизации радиоактивных отходов. Этот консервант представляет собой самотвердеющий при нормальной температуре герметизирующий состав на основе фурфурола, с возможностью широкого варьирования технологическими и техническими характеристиками, такими как вязкость, жизнеспособность, усадка, механическая прочность, теплопроводность, величина захвата нейтронов и др.

На стадии разработки рабочей конструкторской документации проекта герметизации для выполнения работ было предложено использовать машину герметизации реакторного пространства на базе существующей на блоке напольной машины с установкой на нее вновь разработанных модуля технологического и вспомогательной кабины.

Применение консерванта «F» позволило значительно снизить материальные и дозовые затраты на процесс герметизации по сравнению со сваркой (снижение дозозатрат на реализацию – на 73 %, снижение стоимости реализации – на 89 %, не говоря уже об отсутствии трудно рассчитываемого, но несомненно важного реально существующего снижения ингаляционных доз от выноса продуктов активности при сварочных работах).

Использование машины герметизации также заметно снизило затраты на выполнение работ (за счет уменьшения вклада трудозатрат на основные операции – механизация работ, и за счет уменьшения трудо- и дозозатрат по подготовительным операциям – практическое отсутствие переналадок).

В результате дозозатраты при реализации проекта уменьшились в 4,2 раза от проектных 14–18 бэр до реальных 3,8 бэр. Результатом герметизации РП-1 явилось снижение выброса радиоактивных аэрозолей из ЦЗ-1 примерно на 30 %.

В рамках реализации проекта герметизации РП-1 БАЭС институтом в кооперации с ГНЦ РФ – ФЭИ и НПП «Доза» был разработан технический проект системы контроля герметизируемых реакторных пространств 1-го и 2-го энергоблоков Белоярской АЭС, предназначенный для контроля мощности дозы гамма-излучения, температуры графита в кладке, влажности газовой среды, давления (разрежения) в реакторном пространстве. В настоящее время СКРП-1, -2 находится в опытной эксплуатации. Ввод системы в штатную эксплуатацию позволит отказаться от эксплуатации штатных систем контроля мощности и потока, действующих на остановленных блоках до настоящего времени.

Для подтверждения работоспособности созданного с использованием консерванта «F» барьера безопасности для временного хранения графитовой кладки с просыпями ОЯТ (загерметизированное РП-1) был разработан и реализован в металле проект образцов-свидетелей. Проведенное в 2007 г. первое техническое освидетельствование загерметизированного РП-1 показало, что загерметизированные с помощью консерванта «F» стояки и люки находятся в исправном состоянии, а созданный в результате проведенной герметизации барьер безопасности может эксплуатироваться до следующего технического освидетельствования в соответствии с предусмотренным Программой АМБ 1-K2.00.000ПМ пятилетним циклом.

Вывод из эксплуатации уран-графитовых реакторов значительно осложнен проблемой утилизации огромных количеств накопленного облученного реакторного графита. В НИКИЭТ ведется разработка технологий утилизации облученного графита, реализующих различные подходы, включая контейнирование графитовых отходов, окисление графита в расплавах солей с получением конечного остеклованного продукта, получение из графита карбидокорундовых матриц на основе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, дезактивация графита и др.

В НИКИЭТ была предложена технология кондиционирования графита путем пропитки графитовых блоков консервантом «F», который имеет высокую радиационную стойкость, упрочняет графит, снижает его пористость и газопроницаемость.

Пропитка консервантом проводится при нормальной температуре с использованием вакуумного насоса. Патент НИКИЭТ на эпоксифурановый консервант «F» оформлен по результатам проведения работ по опытной полномасштабной консервации реактора стенда 27/ВМ на базе ГНЦ РФ – ФЭИ в 1998 г.

С использованием консерванта «F» выполнялась также консервация реакторов атомных подводных лодок (АПЛ), в частности:

- двух реакторов АПЛ, зав. № 533 в декабре 1999 г. – январе 2000 г.;
- аварийного реактора АПЛ, зав. № 541 в 2009 г.

Интересные результаты достигнуты в НИКИЭТ при создании технологии кондиционирования аварийного графита, содержащего просыпи ОЯТ, методом окисления в расплаве солей – карбонатов щелочных металлов. Практическое

осуществление этой технологии опробовано в 2009 г. на опытной установке НИКИЭТ производительностью 1 кг/ч на испытательной базе в МосНПО «РАДОН» в Сергиевом Посаде. Испытания проводились на радиоактивных образцах облученных графитовых втулок Первой в мире АЭС.

В настоящее время по результатам выполненных НИОКР планируется разработка технического проекта опытно-промышленной установки окисления графита для внедрения на Белоярской АЭС.

Известная технология переработки высокоактивных отходов графита с просыпями в карбидоксидный композит методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (т.н. СВС-процесс) включает три основных этапа: помол графита, приготовление шихты смешением измельченного графита с компонентами и, наконец, проведение СВС-процесса с получением продукта, готового для захоронения или длительного хранения. В работах НИКИЭТ, осуществленных в 2003–2006 гг. в кооперации с ГНЦ РФ – ФЭИ, НПО «Радон» и ИСМАН показана возможность включения в состав кондиционируемых высокоактивных отходов, кроме графита с просыпями, до 15–20 % довольно больших фрагментов ОЯТ и других конструктивных элементов активной зоны. При этом экспериментально была обоснована возможность реализации технического решения по СВС-кондиционированию высокоактивных отходов графита с просыпями с использованием в качестве тигля-контейнера облученных графитовых блоков. Такое решение, во-первых, практически обеспечивает иммобилизацию высокоактивных отходов без увеличения общего объема перерабатываемых отходов (процесс СВС кондиционирования осуществляется внутри пустых отверстий облученных блоков АМБ диаметром 75 мм или блоков РБМК диаметром 114 мм), а во-вторых, в сочетании с имеющейся возможностью перевода значительной части высокоактивных графитовых блоков в категорию средне- и низкоактивных отходов (путем проведения поверхностной дезактивации, например механической) может обеспечить значительное уменьшение затрат на кондиционирование и последующее хранение из-за резкого снижения потребности в более дорогих контейнерах для хранения ВАО графита (из карбида кремния или специальных сталей).

Необходимость разработки информационной системы по выводу из эксплуатации обозначена в нормативном документе НП-012-99 «Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации блока атомной станции». Первая очередь Белоярской АЭС с реакторами АМБ-100 и АМБ-200 в настоящее время находится на стадии подготовки к выводу из эксплуатации. В соответствии с программой вывода из эксплуатации 1-го и 2-го энергоблоков БАЭС, информационная система по выводу из эксплуатации 1-й очереди БАЭС должна сопровождать весь процесс вывода из эксплуатации, поэтому по решению концерна «Росэнергоатом», принятому на основе рекомендаций специалистов (протокол рабочего семинара по разработке базы данных вывода из эксплуатации блоков АЭС в РНЦ «Курчатовский институт», 15–16.05.2001 г.), с 2003 по 2008 гг. в НИКИЭТ велась работа по созданию информационной системы по выводу из эксплуатации 1-й очереди Белоярской АЭС.

Поскольку блок атомной станции является сложным техническим объектом, информация о нем, которая должна храниться в информационной системе, также очень разнообразна. Для ее описания в НИКИЭТ разработана новая методика,

которая разбивает информацию на однотипные группы, определяет свойства этих групп и взаимодействие между собой.

Компьютерная реализация этого подхода заключается в том, что каждая информационная группа блока станции представлена своим компьютерным информационным объектом базы данных. При этом все свойства конкретного типа информации запрограммированы внутри соответствующего объекта.

Основной особенностью, отличающей разработанную систему от других, является наличие 3D-моделей, которые встроены в два информационных объекта, описывающие соответственно две информационные группы: физические объекты и технологические системы. Именно информационные объекты с 3D-моделями формируют структуру изделия и являются центром сосредоточения технической информации о блоке, которая присоединяется к ним при помощи ссылок.

Программное обеспечение позволяет работать с информацией в БД территориально удаленным пользователям в соответствии с их правами доступа. Пользователями информационной системы по выводу из эксплуатации являются РЭА, БАЭС, НИКИЭТ, ВНИИАЭС.

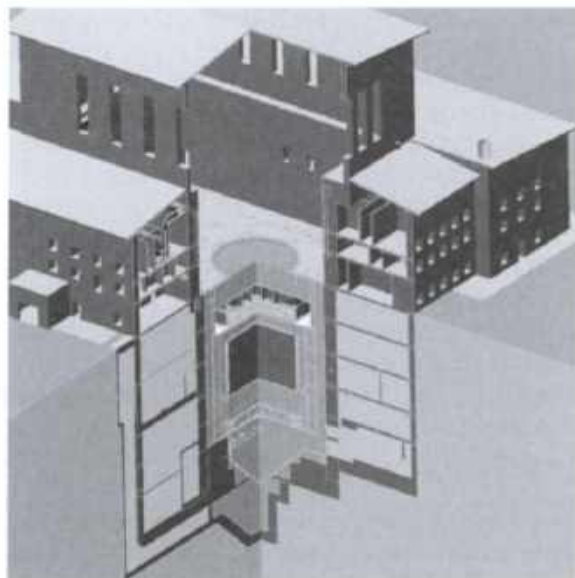
Использованные в разработке методы являются универсальными, т.е. применимыми для разработки баз данных не только любых энергоблоков атомных станций, но и промышленных объектов других отраслей.

В начале XXI в. в России кардинальным образом изменилось отношение к решению вопросов завершающей стадии жизненного цикла объектов и материалов использования атомной энергии. В рамках ФЦП «Ядерная и радиационная безопасность», действующей на период 2008–2015 гг., предусмотрено выделение значительных средств на вывод из эксплуатации и реабилитацию ядерно и радиационно опасных объектов.

В соответствии с запросами времени в НИКИЭТ в целях расширения сфер и повышения эффективности деятельности в 2009 г. было создано отделение обращения с ОЯТ и РАО и вывода из эксплуатации ЯРОО.

По направлению подготовки к выводу из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов НИКИЭТ разработал в 2010–2011 гг. в рамках госконтракта при участии ОАО «ГСПИ» – «КПИИ «ВНИПИЭТ», ООО «Атомпромресурсы» и ИФХЭ РАН проекты вывода из эксплуатации трех ПУГР: ЭИ-2 (площадка ОАО «СХК»), АД и АДЭ-1 (площадка ФГУП «ГХК») по варианту радиационно безопасного захоронения. В процессе этих разработок в отделе № 112 была создана проектная группа, расширяющая сферу деятельности отдела по направлению вывода из эксплуатации от чисто конструкторских до проектных разработок.

Здесь целесообразно отметить, что НИКИЭТ, выполняя проект вывода ПУГР из эксплуатации в соответствии с техническим заданием, предписывающим использование глинопесчаных и бетонных смесей в качестве дополнительных барьеров, в процессе разработки за счет собственных средств выполнил НИОКР по обоснованию возможности использования консерванта «F» в качестве альтернативного барьерного материала для бесполостного заполнения кладки. По мнению участников Научно-технического совета ФГУП «ГХК» (от 27.02.2012 г.) по вопросам вывода из эксплуатации ПУГР, доработку этой технологии следует продолжить с проведением независимой экспертизы по использованию этого варианта выполнения работ.



*Конечное состояние захороненного
ПУГР с инженерными барьерами
безопасности*



Машина герметизации реакторного пространства I-го энергоблока Белоярской АЭС

С созданием отделения обращения с ОЯТ и РАО и вывода из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов в работах НИКИЭТ по подготовке к выводу из эксплуатации остановленных реакторов АМБ-1, -2 Белоярской АЭС больше внимания стало уделяться работам, нацеленным на непосредственное внедрение разработок. Так, в 2012 г. был выпущен нормативный документ для

ОАО «Концерн Росэнергоатом» – руководство «Обеспечение безопасности при обращении с радиоактивными отходами, содержащими фрагменты ОЯТ, на первой очереди Белоярской АЭС». Предложенная руководством детальная процедура перевода продуктов, содержащих фрагменты ОЯТ, в категорию радиоактивных отходов позволит начать плановую разработку и реализацию проектов удаления фрагментов (просьпей) ОЯТ из оборудования 1-й очереди Белоярской АЭС, предусмотренных действующей «Программой...».

Также в 2012 г. на совещании в г. Заречном было принято решение о создании в центральном зале остановленного для вывода из эксплуатации реактора АМБ Белоярской АЭС участка по разделке длинномерных твердых радиоактивных отходов на базе двух разработок НИКИЭТ (дистанционный инструмент по извлечению длинномерных изделий из технологических шахт и бассейнов выдержки Белоярской АЭС и установка по разделке пеналов с облученным графитом), обеспечивающих незначительные дозовые нагрузки на персонал в соответствии с используемым дистанционным выполнением основных рабочих операций.

НИКИЭТ принимает активное участие в рассмотрении и решении вопросов обеспечения ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии, подготавливаемых к выводу из эксплуатации или уже выводимых из эксплуатации. Работы по обоснованию безопасности ведутся в части сопровождения проектных и конструкторских работ, выполняемых как в НИКИЭТ, так и в других организациях.

Большой вклад в работы по выводу ядерных энергетических установок из эксплуатации внесли А.А. Роменков, О.А. Ярмоленко, Л.А. Андреева, М.А. Туктаров, А.М. Николотов, В.И. Семенихин, Ф.Е. Ермошин, Н.А. Сударева, Н.Н. Уфаев и А.С. Никулин.

В последние годы утилизация атомных подводных лодок, вывод исследовательских и энергетических реакторов из эксплуатации, реабилитация загрязненных территорий входят в число наиболее динамично развивающихся направлений деятельности НИКИЭТ.

4.8. Международный проект термоядерного реактора ИТЭР

С 1975 г. институт постепенно стал вовлекаться в термоядерную эпопею, принимая участие в разработке ряда термоядерных установок, таких как Т-20, ГТРТ и др. Начался этот процесс с робких, а затем все более решительных контактов с академиком Б.Б. Кадомцевым, а также с В.В. Орловым, Г.Е. Шаталовым, Б.Н. Колбасовым и другими корифеями из Института атомной энергии (ИАЭ) им. И.В. Курчатова, параллельно с академиком В.А. Глухих, Н.А. Моносоном, В.А. Беляковым и В.П. Муратовым из ленинградского НИИ электрофизической аппаратуры (НИИЭФА).

Специалистам НИКИЭТ в этих разработках в немалой степени помогли накопленные в институте инженерные навыки и сноровка. На «плаху» физикам-плазменщикам выдавались конструкции на базе традиционных реакторных технологий в качестве инженерного вклада в физические и инженерные основы будущей термоядерной энергетики.

Первый «замес» термояда в НИКИЭТ выполнили в отделе № 11 под руководством В.К. Уласевича. В космических даях служители «высокотемпературных технологий» увидели и возможность реализации энергии плазмы в электроэнергию в конструктиве бланкета термоядерных установок. Появились конструкторские и расчетные силы: Е.М. Кузьмин, В.Н. Рожков, А.М. Епинатьев, а также руководящее и корректирующее звено: В.В. Гурьев, В.П. Сметанников. Это был отряд первопроходцев! Они придумывали, как охлаждать гелием, как двигать урановые шарики пневмопочтой, как защищать от нейтронов катушки магнитной системы токамака и многое другое.

Было очень интересное время – новые впечатления, понятия и первый опыт института в работах по управляемому термоядерному синтезу.

Первые 7-8 лет термоядерной эпопеи НИКИЭТ пролетели быстро. А в работах по управляемому термоядерному синтезу уже назревали перемены. Термоядерное сообщество стало поговаривать о возможности создания термоядерного реактора (ТЯР), об объединении усилий разных стран для его разработки и сооружения. И первыми значительными шагами в новом периоде работ по управляемому термоядерному синтезу (начало-середина 1980-х гг.) были проекты термоядерных реакторов – международного ИНТОР (International Tokamak Reactor) и национального ОТР (Опытный термоядерный реактор). ИНТОР разрабатывался в сотрудничестве СССР, США, Японии и Евроатома.

Это был первый в истории совместный шаг ведущих мировых держав к новой энергетике. Были обозначены ключевые проблемы и намечены пути их решения, сформирована международная проектно-координационная группа. После завершения проектных разработок возникло понимание, что это пока не реальность, а лишь оценка технических возможностей решения возникающих проблем и первый опыт объединения усилий стран с развитыми программами по управляемому термоядерному синтезу. Работы в СССР по проекту опытного термоядерного реактора шли практически параллельно с проектом ИНТОР под руководством головной конструкторской организации – НИИЭФА имени Д.В. Ефремова и научной – ИАЭ им. И.В. Курчатова. А НИКИЭТ, согласно приказу министра среднего машиностроения, стал главным конструктором ядерно-физических систем (бланкет, первая стенка, система преобразования энергии). Произошли организационные перемены внутри института: в марте 1986 г. был создан объектовый отдел по разработке ядерно-физических систем ТЯР, и первым его руководителем стал В.В. Гурьев. Работа кипела, чувствовалось серьезное отношение к проекту как разработчиков, так и Министерства. В 1987 г. был завершен первый этап технического проекта ОТР.

Середина 1980-х гг. ознаменовалась мощной инициативой СССР: в 1985 г. М.С. Горбачев в ходе встречи на высшем уровне с Ф. Миттераном и Р. Рейганом предложил организовать международное сотрудничество с целью создания экспериментального термоядерного реактора. Прошло около двух лет переговоров, консультаций и согласований, и весной 1987 г. Генеральный директор МАГАТЭ пригласил представителей США, ЕС, Японии и СССР на встречу в Вену для обсуждения будущего сотрудничества. Правительства этих стран решили принять участие в разработке концептуального проекта ТЯР, рассчитанного на три года. Для подготовки проектных предложений была

создана техническая рабочая группа из представителей США, ЕС, Японии, СССР и МАГАТЭ. В июле 1987 г. группа начала свою работу в штаб-квартире МАГАТЭ (Вена). Председателем группы был избран К. Томабечи (Япония), будущий директор проекта.

Международной рабочей группой было предложено название установки International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER). Интересная деталь: по-латыни «iter» означает «путь». Рабочая группа приступила к разработке руководящего документа «Программа концептуального проекта ИТЭР». В нем была сформулирована основная цель проекта.

Основным постулатом проекта было утверждение, что ИТЭР должен стать первым и единственным шагом к созданию проекта термоядерной электростанции. Работы по концептуальному проекту осуществляли национальные команды и интернациональный Центр интеграции проекта (по 8 представителей от СССР, США, Японии и Европы).

Центр находился в небольшом германском городе Гархинг вблизи Мюнхена, на территории Института физики плазмы им. Макса Планка. Представителем НИКИЭТ в Центре интеграции был начальник группы А.Б. Антипенков. Это было время не только налаживания контактов и установления взаимопонимания, но также и «буйства инженерных страстей». Каждая сторона «продавливала» свои решения с учетом национального опыта, хотя, безусловно, использовались и совместные наработки по ИНТОР.

Проектные разработки на этой стадии осуществлялись уже с использованием компьютерного проектирования, так как было ясно, что традиционными методами этот проект не реализовать.

В 1990 г. концептуальный проект был завершен. Главным результатом стало подтверждение реальности его инженерного воплощения в рамках международной кооперации. Одновременно была продемонстрирована способность четырехстороннего интернационального коллектива решать сложные научные, технические и организационные задачи.

Участие НИКИЭТ в проекте ИТЭР обусловило необходимость совершенствования организации работ внутри института. В первую очередь расширился и укреплялся кадровый состав объектового отдела по тематике ТЯР. На концептуальной стадии проекта численность отдела увеличилась в полтора раза. Приходили в основном молодые инженеры, которые сегодня уже стали ведущими (Д.А. Митин, В.Ю. Колганов, А.В. Размеров и др.). В отделе появились также специалисты, уже имевшие опыт работы как в НИКИЭТ, так и в других организациях – это К.С. Складнов, В.Г. Коваленко, Ю.В. Блинов, позднее – Г.К. Сысоев. Вместе с работающими со дня основания отдела А.М. Сидоровым, А.М. Епинатьевым, И.В. Даниловым и В.В. Поликшей они стали опорой и движущей силой отдела и тематики ТЯР в институте. В 1987 г. руководителем отдела был назначен Ю.С. Стребков.

Это было непростое, но интересное время. Мы работали и одновременно учились.

После подписания межправительственного соглашения в июле 1992 г. в Вашингтоне (от России как преемницы СССР его подписал министр РФ по атомной энергии В.Н. Михайлов) началась разработка инженерного (техни-

ческого) проекта ИТЭР со сроком окончания в 1998 г. Межправительственным соглашением были определены руководящие органы проекта ИТЭР: Совет ИТЭР, технический и административный консультативные комитеты.

Одновременно, в соответствии с соглашением, для интеграции проекта в единое целое была создана Центральная проектная группа (ЦПГ) из представителей сторон-участниц проекта, разместившаяся в трех центрах: Гархинг (Германия) – внутренние системы реактора, Нака (Япония) – внешние системы и Сан-Диего (США) – собственно интеграция проекта. По условиям соглашения каждая из сторон должна была организовать свою национальную («домашнюю») команду для разработки проекта и назначить руководителя, отчитывающегося перед международным директором.

Председателем Совета ИТЭР был единогласно избран Е.П. Велихов.

Совет ИТЭР назначил Международным директором проекта ИТЭР доктора П. А. Ребю (Франция), впоследствии директором проекта стал доктор Р. Аймар (Франция).

Руководителем Российской национальной команды и директором проекта в РФ был назначен О.Г. Филатов (НИИЭФА).

Представители НИКИЭТ, как одного из ключевых российских институтов в проекте, вошли в различные структуры проекта. Членом Технического консультационного комитета с 1993 г. по февраль 1998 г. был Е.О. Адамов, а с 1998 по 2001 гг. – В.А. Шишкин. В состав национальной дирекции проекта входили В.А. Шишкин и Ю.С. Стребков, который уже много лет является координатором работ в РФ по ядерно-физическим системам ИТЭР. Специалисты никитовского единого научно-технического и технологического комплекса А.Б. Антипенков (отдел № 31), Г.М. Калинин (ИЦП МАЭ) и позднее О.В. Розов (отдел № 31) были членами ЦПГ в Гархинге. В настоящее время А.Б. Антипенков и О.В. Розов продолжают работать в Проектном центре ИТЭР.

Итак, организационные и технические структуры ИТЭР были созданы, задачи сформулированы, и работа по проекту в полном смысле закипела. Стороны-участницы выполняли проектные, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданиям Центральной проектной группы. В центрах ЦПГ постоянно проводились технические совещания, на которых обсуждались текущие результаты и принимались решения по основным системам проекта. Один или два раза в год ЦПГ представляла членам ТКК промежуточные результаты работ по проекту, после чего оценку работам давал Совет ИТЭР.

В России работы по инженерному проекту проводились в рамках Федеральной целевой научно-технической программы «Международный термоядерный реактор ИТЭР и научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в его поддержку», за выполнение которой отвечал Минатом РФ, а основными исполнителями являлись институты нашей отрасли: НИИЭФА, НИКИЭТ, ВНИИНМ, а также РНЦ «Курчатовский институт». Представители этих организаций входили в состав Национальной дирекции проекта ИТЭР, созданной по приказу министра и занимавшейся планированием работ в соответствии с заданиями ЦПГ, подготовкой для Минатома РФ предложений по распределению финансов, организацией выполнения работ.

Особо следует подчеркнуть, что все проектные работы по ИТЭР впервые проводились исключительно с помощью современной вычислительной техники.

Обмен информацией как внутри страны, так и с зарубежными центрами, включая передачу конструкторской документации, осуществлялся по высокоскоростным каналам электронной связи.

Российская «домашняя» команда представляла собой работоспособный научный и инженерный коллектив, адекватно реагирующий на все перипетии проекта. Накопил опыт и окреп участвующий в проекте коллектив НИКИЭТ. Сфера его ответственности – это разработка комплекса ядерно-физических систем реактора, включающего бланкет, первую стенку, лимитер и экспериментальные модули, выполнение экспериментально-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обоснование своих конструкторских решений с привлечением и координацией усилий других организаций.

Разработка ядерно-физических систем базировалась на обширном опыте создания реакторов деления. Вместе с тем многие из компонентов этих систем в термоядерном реакторе не имеют аналогов в обычной ядерной технике ввиду принципиальных отличий в условиях их работы. Поэтому при проектировании бланкета, первой стенки, лимитера и экспериментальных модулей потребовалось провести неординарные конструкторские разработки и расчетные исследования, сформировать критерии проектирования для обоснования прочности и работоспособности конструкций, разработать и освоить новые конструкционные материалы и материалы покрытий, новые технологии соединения используемых материалов, в том числе разнородных, отработать процессы промышленного изготовления компонентов бланкета реактора, первой стенки на моделях и макетах, создать ряд новых экспериментальных стендов и провести на них исследования.

В июле 1998 г. инженерный проект ИТЭР был завершен в соответствии с Международным соглашением. Основные заключения по итогам работ: «спроектированный реактор с большой вероятностью будет работать и выполнит свои задачи» и «проект готов к реализации». Вместе с тем, с учетом полученной в проекте высокой стоимости ИТЭР (8 млрд долл.), было принято решение снизить ее в два раза. 1998 г. был также примечателен выходом США из проекта и соответственно закрытием интеграционного центра в Сан-Диего.

С 1999 по 2001 гг. ЦПГ, расположившаяся теперь в Гархинге и Наке, и оставшиеся участники проекта (Россия, Япония и Европейское содружество) совместно провели необходимые изыскания и доработку проекта в соответствии с поставленной задачей. В июле 2001 г. проект ИТЭР был полностью завершен, ориентировочная стоимость его осуществления снизилась до 4 млрд долл. После традиционной ревизии материалов проекта членами ТКК и Советом ИТЭР был подведен окончательный итог работы. Было подчеркнуто, что «разработанный проект готов к реализации».

Итак, хотя разработка инженерного проекта была завершена, но жизнь проекта ИТЭР продолжалась. В 2001 г. Россия, Япония и Европейское содружество приступили к переговорам о заключении межправительственного соглашения на период 30-35 лет, охватывающего сооружение, длительную работу и снятие ИТЭР с эксплуатации. В 2003 г. в проект вернулись США, к нему также присоединились Китай и Южная Корея, которые приняли участие в переговорном процессе. Пока шли переговоры, в Гархинге и Наке работала

в минимально необходимом составе международная группа поддержки проекта в рамках скоординированной технической активности. Одновременно велась дискуссия о вкладе сторон в изготовление и поставку оборудования для ИТЭР. Это был сложный вопрос, требующий весьма длительных обсуждений, поскольку он напрямую связан с финансовыми и технологическими возможностями каждой из сторон. Отрадно отметить, что Россия, невзирая на финансовые трудности, первой из стран-участниц предложила перечень производимого оборудования, которое могла бы поставить. В этом перечне фигурировали и разработанные НИКИЭТ конструкции, проекты которых обоснованы результатами проведенных в институте научно-исследовательских и конструкторских работ. Это были соединители модулей blankets, порт-лимитер и защитные блоки blankets.

В августе 2001 г. правительством России была утверждена Федеральная целевая программа по ИТЭР на период 2002–2005 гг., главная задача которой состояла в подготовке российских организаций и предприятий к полномасштабному участию в сооружении ИТЭР на основе международного сотрудничества. В соответствии с этой программой НИКИЭТ, как и другие указанные выше институты, работал над адаптацией проектных решений по соединителям модулей blankets реактора, защитным блокам blankets и порт-лимитеру к условиям российской промышленности с целью постепенной подготовки к изготовлению этого необычного оборудования.

ИТЭР – это уникальный опыт международной разработки крупномасштабного проекта, не имеющий аналогов в мировой практике, и его форма и уровень организации послужат образцом для других международных и национальных проектов. Впервые создана и использовалась трехмерная электронная модель экспериментального термоядерного реактора и его систем. Для управления проектом использованы самые современные электронные средства связи и вычислительной техники. В частности, в России созданы специальные высокоскоростные каналы для обмена информацией как с отечественными, так и с зарубежными центрами связи участников проекта.

Современная история проекта ИТЭР ведет отсчет с 2005 г., когда межправительственный переговорный процесс по его реализации ознаменовался рядом событий. Во-первых, была выбрана площадка под строительство реактора ИТЭР – национальный ядерный центр Кадараш (Франция), во-вторых, был назначен директор проекта – бывший посол Японии в Хорватии К. Икэда. Еще одна страна, а именно Индия, присоединилась к проекту ИТЭР. Полный состав участников проекта теперь выглядел так: Объединенная Европа, Япония, Россия, США, Китай, Республика Корея и Индия.

А затем наступил 2006 год – знаковый год в проекте ИТЭР! Главным событием его стало завершение многолетнего и трудного межправительственного переговорного процесса. В мае был парафирован проект межправительственного соглашения с комплектом приложений по привилегиям и иммунитетам, интеллектуальной собственности. В сентябре 2006 г. Правительство Российской Федерации одобрило представленный МИД и Госкорпорацией «Росатом» проект соглашения с приложениями и поручило Госкорпорации «Росатом» подписать эти документы от имени Правительства.

21 ноября 2006 г. в Елисейском дворце при участии президента Франции Жака Ширака было подписано «Соглашение о создании международной организации по термоядерной энергии для совместной реализации проекта ИТЭР».

Итак, проект ИТЭР заработал, пока в статусе временной организации (до ратификации соглашения странами-участниками), но уже со всеми правами и финансовыми возможностями. Была сформирована организационная структура проекта ИТЭР и начался поэтапный (на основе конкурса) набор специалистов в Международную организацию (МО) ИТЭР.

В нашей стране по предложению Минфина работы по ИТЭР были включены в бюджетную строку «Международные обязательства РФ», что значительно упростило организацию и финансирование работ по проекту ИТЭР.

В течение следующего, 2007 года каждая из стран-участниц проекта ратифицировала «Соглашение о создании международной организации по термоядерной энергии для совместной реализации проекта ИТЭР», включая приложения о привилегиях и иммунитетах МО ИТЭР. В нашей стране 19 июля 2007 г. был принят федеральный закон (№143-ФЗ) о ратификации Соглашения.

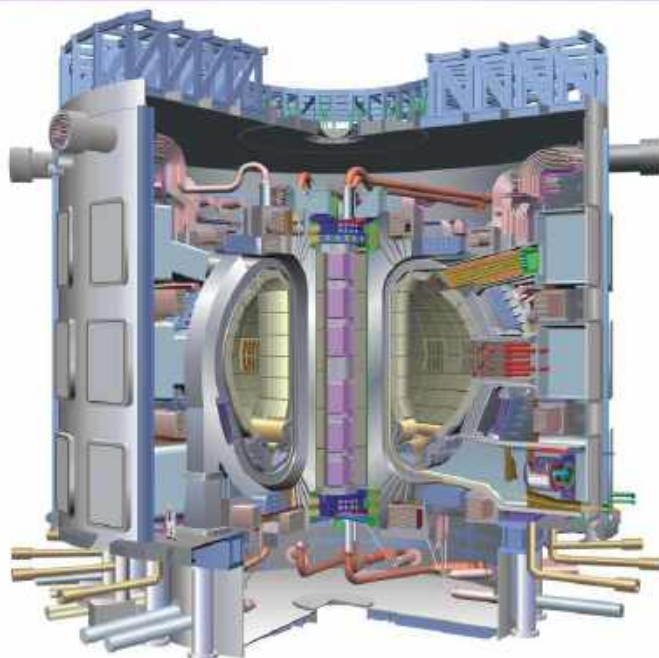
24 октября 2007 г. Соглашение о создании МО ИТЭР официально вступило в силу. А уже через месяц (27–28 ноября) в исследовательском центре Кадараш (Франция) состоялось первое официальное заседание Совета ИТЭР, были избраны председатель, вице-председатель Совета и другие руководители организации ИТЭР. Также были утверждены генеральный директор МО ИТЭР и его заместители. Проект ИТЭР официально вступил в свои права на новом этапе своего развития – на этапе совместной реализации.

МО ИТЭР приступила к набору специалистов из стран-участниц на конкурсной основе. На некоторые позиции конкурс достигал 10–12 чел. на место. Всего с 2007 по 2011 гг. было принято более 350 чел. В настоящее время в составе МО ИТЭР трудится около 500 чел. В нашей стране также произошли важные организационные изменения: в соответствии с распоряжением президента Д.А. Медведева и решением правительства в рамках Госкорпорации «Росатом» создано частное учреждение «Проектный центр ИТЭР», которое должно управлять проектом в РФ и обеспечивать вклад РФ в натуральной форме в МО ИТЭР, являясь единственным исполнителем госзаказов по ИТЭР, размещаемых Госкорпорацией «Росатом». Научное и методическое сопровождение НИОКР, выполняемых российскими организациями, осуществляет НИЦ «Курчатовский институт».

На современном этапе развития проекта ИТЭР параллельно с набором специалистов, уточнением параметров условий работы и, как следствие, конструкции ряда систем (в частности бланкета и первой стенки), прошли публичные слушания по проекту. Затем материалы проекта ИТЭР прошли экспертизу у регулирующих органов, и была получена лицензия на сооружение ядерного объекта на территории Франции.

В 2007 г. началась подготовка строительной площадки, а в 2010 г. приступили к строительству главного здания реактора, технологических зданий и офисного здания для сотрудников ИТЭР на 500 мест.

2008 год ознаменовался подписанием с Россией первого контракта на изготовление и поставку проводника для обмоток тороидальных катушек



Реактор ИТЭР

магнитной системы. В этом же году подписали свои первые контракты на поставку оборудования для ИТЭР и другие участники проекта. За три года после подписания первого контракта Россия успешно освоила изготовление проводника и стабильно осуществляет его поставку.

Был разработан и согласован график реализации проекта ИТЭР – его основные временные вехи:

2010–2020 гг. – строительство реактора;

2020 г. (ноябрь) – «первая плазма», начало экспериментов;

2027 г. – начало работы с тритием.

О работах ОАО «НИКИЭТ» на современном этапе развития проекта ИТЭР

Прежде всего усилия нашего института были сосредоточены на поставочном оборудовании – это соединители и защитные блоки модулей blankets. Работа ведется в рамках международной рабочей группы ИТЭР по проектированию и поставкам blankets (BIRT).

Наша команда активно участвует как в разработке и расчетном обосновании проектных решений, так и в отработке опытно-промышленных технологий, изготовлении и испытаниях макетов и прототипов будущего поставочного оборудования. По соединителям модулей blankets, к которым относятся гибкие опоры, электросоединители и электроизолирующие накладки, ОАО «НИКИЭТ» ведет полный комплекс работ, в частности:

– разработаны конструкции с расчетным обоснованием и созданы инженерные 3D-модели. Эти работы возглавили Г.К. Сысоев и С.Э. Хомяков; активное участие приняли опытный В.Ю. Колганов, возмужавшие А.В. Жмакин

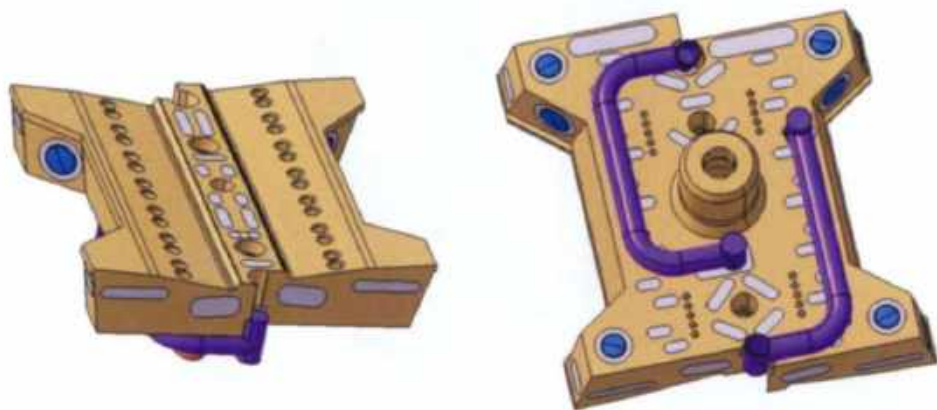
и Н.В. Юхнов и совсем молодой И.И. Поддубный, который в свои 24 года (!) уже известен в Проектном центре ИТЭР;

– проведен обширный комплекс работ специалистами Отделения целостности конструкций (ОЦК) НИКИЭТ совместно с соисполнителями по отработке технологии, изготовлению и поставке полуфабрикатов из титанового сплава ВТ6, никелевого сплава «Инконель-718» и специальных бронз. Эти работы возглавили ведущие специалисты отделения прочности Г.М. Калинин, Б.С. Родченков. Активное участие в них приняли О.В. Гославский, Н.С. Крестников, а также руководитель конструкторско-технологического отдела А.Н. Семенов;

– изготовлены опытные партии макетов всех видов соединителей, в том числе с участием опытного производства НИКИЭТ. Как и полагается, возглавил эти работы наш Главный технолог С.В. Макаров.

Особо следует отметить разработку технологических процессов плазменного напыления электроизоляционных радиационно стойких покрытий на соединители и элементы модулей бланкета ИТЭР. Здесь учтен более чем 50-летний опыт нашего института по созданию техпроцессов плазменного нанесения покрытий на элементы конструкций ядерных установок. Безусловным лидером этого направления работ в институте является В.М. Иванов. Именно под его руководством проведен полный цикл работ: от выбора и обоснования работоспособности материала покрытия, отработки технологии плазменного нанесения на элементы конструкций и до создания роботизированных комплексов для плазменного нанесения покрытий и изготовления партии изделий соединителей с покрытиями. Рядом с Владимиром Максимовичем набираются опыта молодые кадры (В.А. Максимов и др.).

По защитным блокам модулей бланкета, а с 2010 г., когда по решению руководства проекта ИТЭР работы по ним были остановлены, по несущим конструкциям термонапряженных первых стенок, работа также ведется комплексно, в частности разработаны конструкции с расчетным обоснованием и созданы инженерные 3D-модели. Активное участие в этих работах принимают Д.А. Митин, А.В. Размеров, А.Ю. Лешуков, А.В. Марачев и М.Н. Свириденко. Совместно с нашими соисполнителями выполнен большой комплекс работ по



Несущая конструкция первой стенки

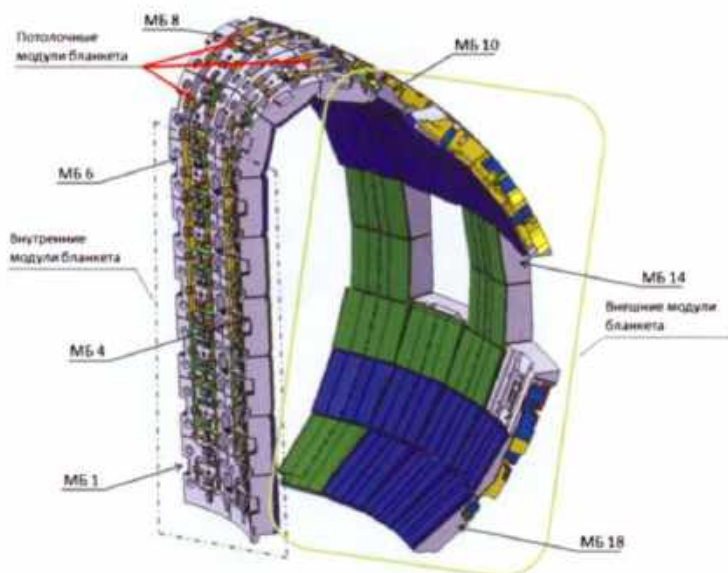
отработке технологических процессов механической обработки в 3D-координатах, глубокого сверления и сварочно-сборочных операций с применением электронно-лучевой сварки. Возглавили эти работы Г.К. Сысоев и С.В. Макаров. В результате проведения комплекса работ изготовлены полноразмерные макеты и прототипы.

И еще об одном интересном направлении работ, по которому ОАО «НИКИЭТ» является ведущей организацией. Это испытательные модули бланкета (ИМБ).

Основная цель создания реактора ИТЭР – практическое подтверждение осуществимости научно-технической идеи создания установки с параметрами плазмы, обеспечивающими протекание реакции синтеза в течение достаточно длительного времени. В процессе работы реактора ИТЭР будут продемонстрированы возможности зажигания и длительного удержания D-T (дейтерий-тритиевой) плазмы большого объема.

Одновременно реактор ИТЭР станет уникальной экспериментальной базой, на которой могут быть проведены многофункциональные испытания и апробированы технические решения конструкций испытательных модулей бланкета и систем бланкета с целью подтверждения их работоспособности для демонстрационного энергетического термоядерного реактора следующего поколения – ДЕМО.

Российская сторона, как и другие участники Международного проекта ИТЭР, принимала участие в разработке двух типов испытательных модулей бланкета: гелийохлаждаемого с керамическим бридером (ОАО «НИКИЭТ») и литиевого самоохлаждаемого (ФГУП «НИИЭФА»). Были разработаны проекты модулей обоих типов. В обоснование проектных решений модуля бланкета с керамическим бридером были отработаны технологии изготовления бридерного и размножающегося материалов, изготовлены и испытаны на реакторном стенде РИТМ-Ф (ОАО «ИРМ», ранее СФ НИКИЭТ) две модели бридинговой зоны.



Защитные блоки модулей бланкета ИТЭР

В последние годы ОАО «НИКИЭТ» совместно с ОАО «ИРМ» был разработан и создан стенд для исследования проницаемости изотопов водорода через конструкционные материалы, а также разработана система мониторинга трития с изготовлением ее прототипа, который в ближайшее время будет испытан на реакторе ИВВ-2М. Возглавляет работы по ИМБ Ю.С. Стребков, активное участие в них на разных этапах принимали А.В. Лопаткин, В.Г. Коваленко, В.К. Капышев, С.А. Соколов, А.Ю. Лешуков, В.В. Поликша, И.А. Карташев и М.Н. Свириденко.

За годы развития современного этапа проекта ИТЭР заметно окреп и профессионально вырос объектовый отдел по разработке бланкетов. Коллектив отдела постоянно пополняется новыми специалистами (А.А. Хамаза, Е.В. Трифонова, И.И. Поддубный и др.). В 2010 г. отдел возглавил И.В. Данилов, а его заместителем стал А.Ю. Лешуков.

Трудно перечислить всех, но хотелось бы отметить специалистов, внесших наиболее значимый вклад в работу института по проекту ИТЭР. Это Ю.С. Стребков, А.М. Сидоров, К.С. Складнов, А.М. Епинатьев, А.Б. Антипенков, Ю.В. Блинов, И.В. Данилов, В.Г. Коваленко, Д.А. Митин, Г.К. Сысоев, А.В. Размезов, С.Э. Хомяков, В.Ю. Колганов, А.Ю. Лешуков, А.В. Лопаткин, В.К. Прозоров, О.Л. Щипакин, И.А. Карташев, С.Е. Бугаенко, С.В. Европин, В.Я. Абрамов, Г.М. Калинин, Б.С. Родченков, М.Е. Родин, А.В. Сидоренков, А.Д. Иванов, В.Н. Белоус, И.И. Шутько, К.И. Шутько, Ю.Н. Головлев, А.В. Ташкинов, А.И. Аржаев, В.М. Иванов.

Этап совместной реализации проекта ИТЭР продолжается. Это долгий, но интересный путь. В 2013–2014 гг. будут подписаны контракты с МО ИТЭР, а с 2015 до 2019 гг. будут осуществляться изготовление и поставка оборудования в рамках ответственности ОАО «НИКИЭТ».

4.9. Производственное и экспериментально-испытательное обеспечение работ НИКИЭТ

С первых дней существования НИИ-8 (НИКИЭТ) его первый директор Н.А. Доллежалъ лично уделял много внимания и усилий вопросам развития производственной и экспериментально-испытательной баз. Кроме того, начиная с первого состава дирекции, Н.А. Доллежалъ всегда назначал на должность своего заместителя или главного инженера ответственного человека, основной задачей которого было обеспечение соответствия производственно-экспериментального потенциала НИКИЭТ уровню сложности задач, поставленных страной перед его коллективом.

История становления производственной и экспериментальной баз вновь созданного института изложена Н.А. Доллежалем и его соратниками в двухтомной монографии «Материалы истории НИИ-8 – НИКИЭТ за 1946–1970 гг.», которая была написана по указанию Министерства среднего машиностроения СССР.

Вместе с ростом института, расширением тематики его работ росли потребности в экспериментальных и научно-исследовательских работах, для проведения которых необходимо было создать производственную базу (в обеспечение выполнения всего комплекса работ).



Н.А. Доллежал, В.Ф. Гусев и Г.Н. Незамайлов руководят отправкой ЯППУ из производственного корпуса «Калошино»

Для отработки принимаемых в проектах конструкций требовалось изготавливать макеты, опытные узлы и детали, отдельные типы приборов, комплексные основные узлы (активные зоны, каналы и т.п.), для работы с которыми необходимо было создавать экспериментальные стенды.

До перебазирования с территории НИИхиммаша на новую территорию никакими собственными возможностями институт не располагал; незначительный объем работ выполнялся в кооперации с другими организациями, что вызывало много трудностей и сказывалось на сроках выполнения.

Организованные в 1960 г. производственные мастерские уже не удовлетворяли возрастающим требованиям конструкторских отделов института, поэтому в 1961 г. Министерством среднего машиностроения СССР было принято решение организовать для института дополнительную производственную площадь в районе Калошино. В 1962 г. было начато строительство производственного корпуса с необходимыми службами. Производственная база в Калошино общей площадью 7000 м², оснащенная соответствующим оборудованием, была сдана в эксплуатацию в 1965 г.

Одновременно со строительством производственной базы проводилась работа по подготовке необходимых кадров рабочих и ИТР. Начиная с 1967 г. к ряду специальных изделий, изготавливаемых производственной базой института, стали предъявляться более высокие требования, в связи с этим для значительной части рабочих, ИТР и работников СГК была организована техническая учеба и аттестация на право допуска к таким работам. Была разработана и утверждена необходимая техническая документация (инструкции, положения и т.п.), действующая при выполнении специальных заказов.

Вновь созданной производственной базой института были выполнены по заданиям объектовых и научно-исследовательских отделов института следующие основные работы:

1. Оборудование для исследовательского реактора СМ-2.
2. Оборудование для исследовательского реактора МИР-2.
3. Оборудование для исследовательского реактора ИВВ-2.
4. Оборудование для исследовательского реактора ИР-50.
5. Оборудование для исследовательского реактора ИР-100.
6. Оборудование для исследовательского и учебного реактора УР-5.
7. Оборудование для органического реактора АРБУС и других разработанных институтом объектов.

Изготовлено оборудование для уникальных стендов в Мелекесе и Электростали.

Отделом № 13, кроме оснащения приборами СУЗ вводимых в действие разработанных институтом объектов, изготовлены в экспортном исполнении приборы и оборудование систем управления реакторов для Венгрии, Индонезии и других стран.

Кроме того, отделом № 13 полностью выполнены поставки электронного модернизированного оборудования для промышленных аппаратов.

Основные работы производственной базы:

По установке ВАУ6

1. Оборудование блока ППУ стендовой установки.
2. Механизмы СУЗ.
3. Оборудование системы СРП.
4. Оборудование системы КОНТУР.
5. Оборудование поста управления.
6. Гидростенд.
7. Стенд для проведения комплексных испытаний.

По объекту ИВГ.1

1. Макеты технологических каналов.
2. Макеты и модели оборудования.
3. Стенды для испытания оборудования.
4. Ампулы неподвижные и другие узлы и изделия.

По реактору «Руслан»

1. Оборудование и стенд для исследования теплотехнических и гидравлических вопросов в плоских целевых каналах.
2. Стенд для исследования гидравлики натурного макета кассеты и аппарата.
3. Объемный гидродинамический стенд-модель для исследования режимов работы реактора.
4. Модель для исследования распределения потоков по целям.

По реактору РБМК

1. Оборудование для испытаний на реакторе ВК-50.
2. Стенд канальный.
3. Стенд для испытания графитовых колец.
4. Датчик паросодержания и прямой зарядки.
5. Подвески кассет АМБ-ИВЦ и другие не менее сложные узлы.

По установке МБУ

1. Модель корпуса аппарата.
2. Аэродинамическая модель реактора.
3. Стенд для испытания модели корпуса на прочность.
4. Стенд для аэродинамических испытаний модели коллектора.
5. Макет защиты.
6. Охладители.
7. Датчик положения и другие узлы.

Кроме того, производственные подразделения института изготавливали отдельные узлы и оборудование для реакторов ИБР-2, СМ-2, АМБ и др.

Подробная информация об основных отделах производственной базы НИКИЭТ в прошлом приведена в документальной монографии «Материалы по истории НИИ-8 – НИКИЭТ за 1946–1970 гг.».

Экспериментально-испытательная база

Стендовая база – комплекс исследовательских и испытательных стендов НИКИЭТ

Самый первый стенд был сооружен еще в «Гидросекторе» при разработке первого советского промышленного реактора «А». Это был 16-канальный натурный стенд лаборатории Б.В. Флоринского, представляющий собой отсек реактора, состоящий из 16 графитовых колонн, сложенных из штатных брусков. Для размещения стенда со всем оборудованием была использована лифтовая клетка 5-этажного здания, включая подвальное и чердачное помещения НИИхиммаша.

После организации НИКИЭТ и передачи ему помещений и территории арматурного завода им. Маленкова на Красносельской улице появилась возможность сооружения экспериментальных и испытательных стендов, позволяющих проводить экспериментальную проверку и обоснование принятых конструкторских решений и испытывать изготовленные изделия.

В середине 1953 г. в НИКИЭТ на базе отдела № 9 НИИхиммаша было организовано три отдела: № 2 (начальник отдела П.А. Деленс), № 3 (начальник отдела П.И. Алешенков) и № 22 (начальник Д.Н. Попов).

Отдел № 22 состоял из двух лабораторий – 30 и 47 (зав. лаб. № 47 – Б.В. Флоринский); конструкторской группы (руководитель группы П.И. Бугаков) и мастерской (руководитель А.Р. Михайловский). В 1955 г. мастерская отдела была передана во вновь организованный отдел № 24. В 1957 г. отдел № 22 был переименован в отдел № 26, начальником отдела № 26 был назначен П.И. Бугаков (с 1965 г. начальник отдела – Е.Б. Бурлаков), а его заместителем – Б.В. Флоринский.

В составе отдела № 26 были организованы:

- две лаборатории – теплофизики (начальник лаборатории д.т.н. В.Н. Смолин) и комплексных испытаний (начальник лаборатории Н.П. Гуров, а с 1987 г. к.т.н. С.В. Шпанский);
- конструкторское бюро (начальник КБ Н.Е. Васин, а с 1972 г. – А.Я. Семыгин);
- экспериментальная группа (начальник А.Н. Малышев, в дальнейшем Г.Н. Линин).

В 1956–1967 гг. были проведены испытания и отработка конструкции исполнительных механизмов СУЗ, не имеющих аналогов в мировой практике. В стендовом зале был сооружен теплофизический стенд-модель контура циркуляции БАЭС, на котором проводились исследования критической тепловой мощности, теплогидравлической устойчивости каналов, пусковых режимов и др. Этот период совпал с освоением новых площадей – был создан большой стендовый зал, включая стенды в высотной шахте.

В дальнейшем по проектам КБ отдела в стендовом зале были сооружены стенд для исследования критических тепловых потоков и стенд-модель контура циркуляции реактора РБМК электрической мощностью 2000 кВт, а также стенд-модель прямоточного реактора АМБ-2000 на сверхкритические параметры.

Для реактора РБМК одновременно с теплофизическими исследованиями проводились исследования работоспособности механизмов СУЗ, технологического инструмента, различного типа уплотнений, расходомеров и т.п., а в КБ отдела был выполнен проект установки для диффузионной сварки переходников ТК. Установки, изготовленные в НИКИЭТ по этому проекту, работают на Чепецком механическом заводе и по сей день.

Параллельно проводились исследования для установок ВАУ-6, АРБУС, «Руслан», был создан участок для проведения климатических испытаний.

Для реактора «Руслан» наряду с теплотехническими исследованиями была отработана конструкция шагового двигателя и регулирующего стержня. Активное участие сотрудники отдела приняли в подготовке к пуску аппарата.

Были проведены исследования и доведена до работоспособности сложная конструкция механизмов аппарата ИБР-2, отработана конструкция механизмов СУЗ аппарата 60ИК.

Реакторная и стендовая экспериментально-испытательные базы НИКИЭТ нашли успешное применение в проектах всех установок, разработанных коллективом института за многие годы с момента его основания. Более подробное описание работ, выполненных на реакторе и стендах НИКИЭТ, приведено в других разделах данного сборника.

Воспоминания участников становления производственного корпуса «Калошино»

Интересно обратиться к воспоминаниям ветеранов, в молодости побывавших в самой гуще событий на первом этапе освоения производственной площадки в тогдашней деревне Калошино. Самые исчерпывающие воспоминания, несомненно, принадлежат главному никiezтовскому «идеологу» и поборнику высокотехнологичной сварки Владимиру Максимовичу Иванову, в прошлом начальнику опытного сборочно-сварочного производства (ОССП). Они изло-

жены в его монографии «Сварочные технологические процессы в НИКИЭТ», изданной в институте в 2007 г. Читатель, несомненно, получит удовольствие от прочтения монографии, цитирование которой лишит воспоминания В.М. Иванова их неповторимой целостности. Поэтому мы отсылаем заинтересовавшегося читателя непосредственно к первоисточнику.

Однако имеются воспоминания других ветеранов, вполне укладывающиеся по объему в формат данного сборника. Эти воспоминания сознательно не подвергались редактированию, чтобы сохранить стиль и настроение их авторов.

Вспоминает Оленев Виктор Павлович (стаж 48 лет), ответственный за технику безопасности и охрану труда, ныне пенсионер

Первый десант из 20 сотрудников был направлен в начале января 1965 г. Затем началось освоение производственных площадей и расстановка оборудования. На первом этапе эти работы проводились под руководством К.М. Ильина.

Впоследствии, когда создавались отделы, производством сначала командовал А.Л. Круглов, а затем М.Г. Золотов.

Службой отдела кадров первоначально руководила С.С. Иванова, затем Н.В. Калущий, которым приходилось принимать участие в комплектовании рабочими и инженерно-техническими сотрудниками вновь созданный коллектив. Учитывая выполнение НИКИЭТом ответственных государственных заданий, была предоставлена отсрочка от службы в армии молодежи, и это было большим подспорьем в обеспечении выполнения сложных работ для экспериментальных научных разработок и оборонных заказов. В соответствии с КЗОТом все вновь поступающие работники проходили предварительный медицинский осмотр в поликлинике № 3 Министерства здравоохранения РФ, и повторно при участии медсестры здравпункта А.Н. Анохиной и инженера по охране труда В.П. Оленева, а также проходили ежегодный повторный медосмотр, который и сейчас проходят все сотрудники Калозино в поликлинике № 84 Медико-биологического центра РФ. В период становления было обращено большое внимание на институт наставничества — это было организовано администрацией совместно с общественностью (парторг, профорг). Сначала осуществляли индивидуальные воспитательные работы с молодыми вновь поступившими работниками. Наставники согласно договору в ОК (с индивидуальным подходом к каждому) обучали молодежь получаемой профессии (станочников, сварщиков, лаборантов, конструкторов и других профессий): опытные рабочие, такие как слесарь Никитский, токарь Соколов, фрезеровщик Безруков, передавали опыт молодым. Занятия по теоретической подготовке проводили опытные инженеры Т.П. Зеленко, М.В. Попов, Ю.В. Рыбаков, Н.Г. Фролов, П.П. Поминов, В.П. Гордо и др.

За первые пять лет в производстве были освоены сложные сварочные процессы: электронно-лучевая сварка, сварка трением, аргонодуговая, лазерная сварка; все виды контроля: рентгеновский, ультразвуковая и цветная дефектоскопия. Все станочное оборудование было установлено и принято согласно требованиям ГОСТа. Комиссия включала начальника ОП-3 В.И. Макарова, проводился 3-ступенчатый контроль, на что даже технический инспектор ЦК профсоюзов Ф.А. Фуйко обращал внимание как на положительный

фактор. Акт обязательно утверждал зам. директора В.Ф. Гусев. В комиссии принимали участие начальник отдела главного механика В.И. Котов, начальник ОТК В.Н. Тресков, главный энергетик Н.А. Сомов, инженер по технике безопасности В.П. Оленев. Сбор сведений о санитарно-техническом состоянии проверялся председателем санэпидемиологической службы.

Все эти формы работы отражал Главный инженер Г.Е. Маслов при подведении итогов работы за квартал (наказывая руководителей, плохо относящихся к аттестации рабочих мест на вверенных им участках работы). После В.Ф. Гусева директором ПК «Калошино» долгое время был Г.Р. Алявдин.

В производственном корпусе качественная и своевременная работа отмечалась награждением ряда сотрудников, ИТР и рабочих государственными, правительственными и ведомственными наградами и поощрениями.

За отличную творческую работу были присвоены звания «Заслуженный технолог РФ» С.В. Онищенко, «Заслуженный машиностроитель РФ» Б.М. Палдину.

По итогам работы смотра культуры производства в честь 100-летия В.И. Ленина Институту была присвоена первая премия, в результате чего многим работникам были выделены грамоты и денежные премии, включая внештатного технического инспектора ЦК Профсоюза В.М. Иванова, который и по сей день совместно с администрацией института и нынешним директором ПК В.И. Ханьгиным решает вопросы аттестации рабочих мест и приведения в надлежащее санитарно-гигиеническое состояние помещений всего корпуса (ремонт душевых, туалетов, установка кондиционеров, ремонт крыши, замена оконных рам и т.д.).

Военно-патриотической работе уделял большое внимание много лет герой Советского Союза Н.В. Калущий, который своими книгами воспитывал молодежь.

В корпусе работают к.т.н.: М.И. Плышевский, В.М. Иванов, А.П. Панфилов, В.П. Гордо, Г.В. Дубинин.

Вспоминает Рассошкина Нина Степановна (стаж работы 45 лет), инженер-технолог отдела по разработке сварных соединений активных зон

После окончания 10-го класса учебы в школе в 1966 г. по совету моих дяди Морозова Василия Ивановича и тети Клопковой Анны Ивановны, которые в это время работали в п/я 788, пришла работать в конце октября 1966 г. в отдел научно-технической информации, возглавляемый начальником отдела Старостиным Александром Михайловичем, на должность картотетчицы. С 1 января 1967 г. п/я 788 стал называться Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (НИКИЭТ). В отдел научно-технической информации входила научно-техническая библиотека, которой руководила Козлова Нина Дмитриевна и в которой была единственная портативная пишущая машинка. На этой машинке печатали карточки о поступлениях научно-технической литературы в эту библиотеку, на которой я и научилась сама печатать эти карточки, а также служебные письма, исполняя обязанности секретаря и табельщицы отдела. А также в этом отделе работали сотрудники, которые переводили с иностранных языков зарубежные

издания научно-технической литературы по тематике института на русский язык, руководителем группы переводчиков была Черная Августа Васильевна. Все рукописные документы отдела и переводы научно-технической литературы печатали в машинобюро института. Так как это составляло очень большой объем печати, ведь в машинобюро института печатали документы всех отделов, Старостин Александр Михайлович решил организовать в отделе научно-технической информации свое мини-машинобюро. В этом мини-машинобюро поставили пишущие машинки с русским и латинским шрифтом, освоив которые я стала работать в должности машинистки со знанием латинского шрифта. Вместо карточек я стала печатать бюллетени о поступлениях в научно-техническую библиотеку отечественной и зарубежной литературы по тематике института, которые потом большим тиражом размножали в отделе стандартизации, а я передавала в отделы института и рассылала организациям нашей отрасли. Также я печатала все документы своего отдела и переводы статей по тематике института из зарубежных источников литературы на русский язык и с русского языка на иностранный.

В отделе научно-технической информации также работала с Венедиктовой Галиной Ивановой, которая была референтом директора НИКИЭТа академика Доллежалея Николая Антоновича. Некоторые несекретные документы, которые Г.И. Венедиктова писала для Н.А. Доллежалея, мне тоже приходилось печатать; в частности, был напечатан большой обзор отечественной и зарубежной литературы по тематике института.

Продолжая работать в НИКИЭТе, я поступила в Московский энергетический институт на вечернее отделение по специальности «Теплофизика», но, поняв, что мне эту специальность постигнуть очень трудно, меня заинтересовало материаловедение. И тогда я перевелась в Московский вечерний металлургический институт на специальность «Металловедение и термическая обработка металлов». После окончания 3-го курса в 1971 г., чтобы лучше вникнуть в специфику своей специальности, мне необходимо было из отдела научно-технической информации перейти в металлведческий отдел. В это время я работала на основной территории института, а в филиале НИКИЭТа, производственном корпусе «Калошино» был образован отдел топливных каналов реактора под руководством канд. техн. наук Парфенова Бориса Григорьевича, в который меня перевели в должности лаборанта-металлографа 4-го разряда в металлведческую лабораторию. Под непосредственным руководством Руденской Людмилы Тимофеевны, которая очень во многом мне помогла, я научилась готовить макро- и микрошлифы для металлографических исследований макро- и микроструктуры металла труб и сварных соединений из этих труб, как в исходном состоянии после сварки, так и после различной термообработки на оптических микроскопах: МИМ-7, МИМ-8, МБА и Неофот-2, а также микротвердомерах ПМТ-3 и Виккерс. Работая с Плышевским Михаилом Ивановичем, который занимался разработкой и внедрением в промышленное производство технологии ЭЛС и последующей обработки сварных соединений труб из сплавов циркония (в том числе поверхностной пластической деформации – ППД) для технологических каналов (ТК) реакторов типа РБМК и др., проводила исследования макро- и микрошлифов сварных соединений, как в исходном

состоянии после сварки, так и после термической и термомеханической обработки (ТМО).

В 1972 г. я была включена в состав бригады, осуществлявшей внедрение ЭЛС и ТМО на Чепецком механическом заводе (г. Глазов, Удмуртская республика). Как известно, внедрение прошло успешно, и в октябре 1973 г. состоялся пуск реактора РБМК на первом блоке Ленинградской атомной станции (ЛИАЭС).

Учитывая мой опыт и высокую квалификацию (в конце 1972 г. мне был присвоен 5-й квалификационный разряд), я сама уже могла обучать и помогать молодым лаборантам.

Закончив институт в 1974 г. и получив диплом инженера-металлурга по специальности «Металловедение и термическая обработка металлов», я продолжала работать в НИКИЭТе в отделе в должности инженера и проводила испытания и металлографические исследования сварных соединений из циркониевых, стальных, титановых и других сплавов, выполненных различными методами сварки: электроннолучевая, магнитно-импульсная, аргонодуговая, диффузионная и др. для получения качественных и надежных изделий для атомной промышленности. Сейчас я работаю в должности инженера-технолога 3-й категории, продолжая испытания и исследования диффузионных и электронно-лучевых сварных соединений труб из сплавов циркония, стали, молибдена, титана и др. в соответствии с разработками профилирующих отделов Института.

В настоящее время отдел имеет № 122 и руководит им А.Н. Семенов. За время работы в отделе я принимала участие в выпуске большого количества отчетов по НИР, а также являюсь соавтором многих статей по проведенным работам по тематике отдела и института.

За время работы в отделе мне также тесно приходилось сотрудничать и многому учиться у таких сотрудников, как Тюрин Василий Никитович, Базлова Инна Николаевна, Бубликов Алексей Лаврентьевич, Шутько Игорь Григорьевич, Чиркин Андрей Васильевич, Федорович Лидия Павловна, Монаков Василий Матвеевич, Улетов Николай Иванович, Шевелев Герман Николаевич, Руссиян Надежда Константиновна, Новожилов Сергей Николаевич и многих других сотрудников, как своего отдела, так и других отделов.

Отдельно хочется много теплых слов сказать о большой помощи в моей работе Парфенову Борису Григорьевичу, Семенову Александру Николаевичу и Плышевскому Михаилу Ивановичу не только как руководителям отдела, но и грамотных исследователям по тематике отдела. С благодарностью к ним хочется отметить также их доброе и сердечное отношение ко всем сотрудникам отдела в любых вопросах, как в работе, так и во всех жизненных ситуациях.

Вспоминает Плышевский Михаил Иванович, к.т.н. (стаж работы 43 года), зам. начальника отдела ПК «Калошино»

Я пришел в НИКИЭТ в 1968 г. непосредственно в ПК «Калошино» после окончания МВТУ им. Н.Э. Баумана и пяти лет работы в проектных институтах (так называемых «шарашках»).

ПК «Калошино» сразу меня поразила своей производственной мощью, высокой трудовой дисциплиной, настоящим профессионализмом в работе. Я был

принят в отдел сварки, начальником которого был Александр Александрович Иппо, а конкретно: в лабораторию электронно-лучевой сварки (ЭЛС) под начало незабвенного Василия Никитовича Тюрина. Под руководством В.Н. Тюрина я проработал 35 лет, защитил кандидатскую диссертацию.

После ознакомления с оборудованием (в лаборатории были три электронно-лучевые сварочные установки) моей первой работой было экспериментальное изучение тепловых процессов при ЭЛС циркония по различной технологии (с высоким ускоряющим напряжением и с более низким). Результаты работы позволили определить распределение температур и скоростей охлаждения металла по зонам сварных соединений и, таким образом, прогнозировать структурное состояние этих зон. Это способствовало выбору последующей термической обработки, проводящейся с целью повышения эксплуатационных свойств сварных соединений циркониевых сплавов.

В 1971 г. в связи с завершением работ по созданию ядерного реактора РБМК был образован отдел топливных каналов реактора, который был призван осуществить разработку технологии их сварки и последующей обработки сварных соединений с дальнейшим внедрением на «Чепецком механическом заводе» (г. Глазов, Удмуртская республика). Начальником отдела академик Николай Антонович Даллежалъ (директор НИКИЭТ) назначил ныне здравствующего Парфенова Бориса Григорьевича.

Для внедрения работ на указанном заводе была сформирована специальная «бригада», куда входили: Б.Г. Парфенов (руководитель), В.Н. Тюрин (заместитель), Г.Н. Шевелев, Ю.М. Черкашов, Н.И. Улетов, М.И. Плышевский, И.Г. Шутько, С.Н. Новожиллов, А.И. Мазаев, Н.Г. Смирнова, Н.Ф. Белоус, Н.С. Рассошкина, В.И. Иноземцев.

Вся указанная «бригада», работу которой курировал заместитель директора НИКИЭТа Юрий Михайлович Булкин, весь 1972 г. провела «на перекладных», постоянно курсируя из Москвы в Глазов и обратно (причем длительность командировок была значительно больше времени «перерывов» в Москве).

Работы по внедрению таких процессов изготовления ТК, как ЭЛС, механическая обработка, поверхностная пластическая деформация (ППД) сварных соединений, термическая обработка, химическая обработка, автоклавирование проводились строго по плану: каждый рабочий день заканчивался оперативкой, которую проводил Б.Г. Парфенов. Я же отвечал за внедрение операции ППД сварных соединений (обкатки роликом). Поначалу работа не ладилась: обкатка приводила к искривлению труб обрабатываемых макетов. Поджигали сроки, и работники завода обвиняли меня в затягивании внедрения, в чем я сам чистосердечно и признавался. Потом я внес изменение в технологию, и процесс обкатки «пошел».

Одновременно с нами на заводе в Глазове трудились командировочные бригады из ВНИИНМ, НИКИМТ, ВИАМ, МПК и др.

Досуг члены разных бригад проводили по-разному: у нас был «сухой закон», превалировал спорт (главным образом, футбол). У нас были определенные спортивные достижения, например, в матче по мини-футболу сборная НИКИЭТ уступила хоккеистам профессиональной местной команды мастеров со счетом 20:21.

Выходные дни, как правило, мы проводили на природе. Нам выделяли специальный микроавтобус, и мы ездили к водоемам чудесной природы Удмуртии (Предуралье), где отдыхали и жгли костры.

Наконец, в сентябре 1972 г. после автоклавных испытаний была извлечена первая партия топливных каналов, но, к сожалению, сварные швы характеризовались более низкой коррозионной стойкостью, чем основной металл труб из сплава циркония.

Приехавший нам на помощь сотрудник ленинградского института И.И. Воронин предположил: поскольку перед обкаткой поверхности сварных швов подвергались зачистке по наружной и внутренней поверхностям с применением абразивных материалов, то, видимо, нужно проводить после такой обработки химическое травление в реактиве с содержанием плавиковой кислоты.

Данная рекомендация была опробована непосредственно на штатных технологических каналах, что дало прекрасные результаты: поверхности зон сварных соединений (как и основной металл труб) были покрыты черной блестящей оксидной пленкой, свидетельствующей о высокой коррозионной стойкости. Завод же стал выпускать технологические каналы в плановом порядке.

Зимой-весной 1973 г. проводились работы по внедрению ЭЛС с последующей обработкой сварных соединений трактов датчиков энерговыделения (ТДЭВ). Эта технология была аналогична применявшейся для технологических каналов с уточнениями, обусловленными малым диаметром циркониевых трубок. В частности, были применены фторопластовые упоры при однороликовой обкатке, а также трехроликовые обкатники, применение которых позволило повысить производительность труда.

Западнее Ленинграда была сооружена АЭС электрической мощностью 4 млн кВт, состоящая из 4 уран-графитовых реакторов канального типа РБМК-1000, охлаждаемых кипящей водой.

Физический пуск реактора первого блока этой АЭС был осуществлен 12 октября 1973 г., а энергетический – в декабре 1973 г.

Второй блок Ленинградской АЭС был сдан в эксплуатацию в конце 1975 г. За 1975 г. Ленинградская АЭС выработала 6 млрд 260 млн кВт·ч энергии. Установленный на 1976 г. план по выработке 10 млрд кВт·ч был перевыполнен на 550 млн кВт·ч. В 1977 г. план в 12 млрд кВт·ч был перевыполнен более чем на 0,5 млрд кВт·ч. В 1978 г. электрической энергии было получено 12,6 млрд кВт·ч, в 1979 г. – 13,4 млрд кВт·ч. В декабре 1979 г. к электрическим сетям Ленинграда был подключен третий блок РБМК-1000. План на 1980 г., с учетом работы трех блоков РБМК, был установлен в 17 млрд кВт·ч, а выполнен на 18,8 млрд кВт·ч.

Значение этой станции для будущей ядерной энергетики России было огромно. Она является головной из серии АЭС такого типа, которые производят существенную долю электроэнергии в европейской части РФ.

Ленинградская АЭС имеет два главных корпуса, в каждом из которых по 2 энергетических блока электрической мощностью 1000 МВт каждый. Они имеют общий машинный зал и отдельные помещения для реакторов, систем транспорта топлива, пультов управления и общее помещение для газоочистки и очистки воды первого контура. В каждый энергетический реактор РБМК-1000 с контуром циркуляции, вспомогательными системами, паровой и конденсатно-

питательный тракты и два турбогенератора мощностью 500 МВт каждый. Контур циркуляции на каждом блоке состоит из двух параллельных петель, в которые входят по два барабана-сепаратора, четыре циркуляционных насоса с обвязкой из клапанов и труб (средний диаметр которых – 300 мм, большой диаметр – 800 и 1000 мм) и 22 раздаточных групповых коллектора, питающих каналы реактора.

Технологические каналы и тракты датчиков энерговыделения, изготовленные при авторском надзоре НИКИЭТ, успешно эксплуатируются на первом энергоблоке Ленинградской АЭС.

За 33 года эксплуатации технологических каналов на Ленинградской АЭС и позднее построенных станциях не было случаев выхода из строя технологических каналов по причине дефектности сварных швов.

За самоотверженный труд по внедрению технологии изготовления узлов реактора РБМК на Чепецком механическом заводе были удостоены правительственных наград следующие сотрудники ПК «Калошино»: Б.Г. Парфенов стал лауреатом Государственной премии, Г.Н. Шевелев награжден орденом Трудового Красного Знамени, В.Н. Тюрин – медалью «За трудовую доблесть».

С момента организации института по мере усложнения и увеличения объема решаемых задач его экспериментально-производственная база непрерывно развивалась и совершенствовалась. Руководство НИКИЭТ продолжает претворять в жизнь концепцию Николая Антоновича Доллежалея о комплексном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте.

В настоящее время одной из важнейших структурных единиц экспериментально-производственной базы НИКИЭТ является Инженерно-производственное отделение. Этот комплекс высокотехнологичного металлообработывающего и сборочно-сварочного производства вместе с технологическими подразделениями и лабораториями контроля качества конструкционных материалов и сварных соединений, с метрологической лабораторией, отделом технического контроля, а также с планово-экономическим отделом, отделом материального обеспечения и отделом ремонта металлообработывающего и сварочного оборудования изготавливает изделия ядерного класса как для действующих установок, так и для вновь проектируемых.

Изготавливаемая продукция уникальна, поэтому производство постоянно пополняется высокотехнологичным интеллектуальным механообработывающим, сварочным и лабораторным оборудованием. Подбираются молодые специалисты, проявляющие склонность к анализу, освоению новых технологий, материалов, имеющих желание к дальнейшему совершенствованию процесса создания ядерных объектов и установок.

При создании многих элементов ядерных установок были разработаны принципиально новые материалы и технологические процессы, методы контроля, отраслевые стандарты. Уровень разработок подтвержден многочисленными авторскими свидетельствами, патентами, в том числе зарубежными, отмечен медалями многих выставок. Опытное производство НИКИЭТ имеет лицензии на изготовление оборудования ядерного класса военного и гражданского назначения.



Административно-технологический «портрет» производственного корпуса «Калошино»

Исторически сложилось так, что инженерно-производственные подразделения НИКИЭТ занимаются изготовлением наиболее сложных узлов и систем для исследовательских реакторов и реакторных установок ВМФ, созданием различных сложных стендов и экспериментальных сборок, разработкой технологических процессов и изготовлением каналов, датчиков контроля тепло- и энерговыделения для промышленных реакторов, производством уникального технологического оборудования (установки для электронно-лучевой сварки, диффузионной сварки переходников, плазменной резки, плазменного нанесения покрытий, станы холодной периодической прокатки для изготовления датчиков теплоэнерговыделения, сварочные полуавтоматы для сварки титановых сплавов по щелевой разделке и др.).

Уникальное производство НИКИЭТ и уникальные технологические процессы были сохранены даже в самые трудные постсоветские времена. Это удалось сделать благодаря разумной политике преемственности, последовательно проводимой директором института Е.О. Адамовым и другими руководителями НИКИЭТ.

Самое главное, что в тяжелейшие годы институт не только сохранил инженеров и рабочих, наиболее ценных для производства, но и пополнился высококвалифицированными специалистами с тех предприятий оборонной промышленности, которые были вынуждены сократить или прекратить выпуск своей продукции.

На сегодняшний день производственная база института включает два опытных производства, стендовую базу и обеспечивающие подразделения.

Опытное производство 1 (ОП-1)

ОП-1 оснащено современным металлообрабатывающим оборудованием и квалифицированными специалистами, которые участвуют в изготовлении узлов реакторных установок высокого качества, соответствующих требованиям, предъявляемым к оборудованию АЭС по линии Ростехнадзора и Министерства обороны РФ.

Оборудование ОП-1 насчитывает более 280 единиц и размещено на двух площадках: основной и в ПК «Калошино». Помимо станочного оборудования ОП-1 располагает:

- кузнечно-термическим участком;
- заготовительным участком;
- участком сборки электротехнических изделий;
- участком сборки приводов СУЗ;
- сварочным постом и слесарным участком.

Опытное производство 2 (ОП-2)

ОП-2 предназначено для проведения сборочно-сварочных работ и целиком расположено на площадке ПК «Калошино».

В состав ОП-2 входят:

- участок сборки датчиков внутриреакторного контроля;
- три участка аргонодуговой сварки больших корпусных конструкций из Ti;
- участок сварки длинномерных конструкций;
- участок лазерной сварки;



Участок сборки датчиков ОП-2

- участок сварки разнородных материалов (Al, Ti, Zr и др);
- участок для нанесения плазменных и ионно-плазменных покрытий;
- лаборатория контроля качества сварных соединений;
- стационарная камера для проведения рентгенографического контроля;
- участок для проведения испытаний на прочность и плотность;
- участок ультразвуковой отмытки сварочной проволоки и изделий.

На балансе ОП-2 находится более 300 единиц различного оборудования. Более 80 единиц оборудования проходят ежегодный планово-предупредительный ремонт, более 20 единиц приборов и оборудования проходят поверку в Ростесте.



Горизонтально-расточной станок ВРТ

Сварочный персонал аттестован на право проведения сварочных работ с нержавеющей и титановыми сплавами применительно к оборудованию для АЭС.

Инженерно-технический персонал ОП-1, ОП-2 и вспомогательных отделов, участвующих в производстве, проходит периодическую проверку знаний НТД по ядерной и радиационной безопасности по ведомству Ростехнадзора и Министерства обороны РФ.

В отделении функционирует «Руководство по обеспечению качества при изготовлении изделий для объектов атомной энергетики» РОК ОИП (инв.№ Е.ОИП-3401), согласованное с представительством Министерства обороны РФ.



Обработка центр SW400



Фрагмент корпуса реактора ИБР-2 в процессе изготовления

Основная продукция:

- датчики внутриреакторного контроля;
- пены хранения облученного (отработавшего) ядерного топлива;
- детали для планово-профилактического ремонта РБМК;
- переходные соединения (Al, Ti, Zr);
- поплавковые клапаны системы аварийного охлаждения реактора РБМК;
- обратные клапаны Ду300, Ду800;
- расходомерные вставки;

*Обратные клапаны Ду300**Статоры шагового двигателя*

- сервоприводы аварийной защиты РБМК;
- приводы кластерной группы и аварийной защиты системы управления и защиты;
- корпуса реакторов;
- центральные сборки реакторных установок (РУ);
- линии связи аппаратуры управления РУ;
- изделия с напылением жаропрочных материалов.

Со времени основания НИКИЭТ было сооружено много стендов различного назначения, в значительной степени определивших успех разработок института. К заслугам коллектива НИКИЭТ следует отнести то, что, несмотря на трудности первых постсоветских лет, институту удалось сохранить большинство стендов, которые потенциально могли быть востребованы для решения новых задач.

Действующие экспериментальные установки (стенды)

В настоящее время в состав экспериментально-испытательной базы НИКИЭТ, предназначенной обеспечивать экспериментальное сопровождение ядерной энергетики, отраслевой науки и подготовки кадров, входят:

- исследовательский реактор ИР-50;
- подкритический стенд ФС-2;
- материаловедческий комплекс;
- полномасштабный стенд «Комплексная система контроля течи трубопроводов» (КСКТ);
- экспериментальная стендовая база по системам контроля, управления и защиты реакторных установок;
- теплофизический комплекс.

Исследовательский реактор ИР-50

Тип ИР – гетерогенный, погружной, на тепловых нейтронах. Назначение – исследования по физике и технике реакторов. Дата ввода в эксплуатацию – 20 февраля 1961 г. Номинальная мощность – 50 кВт.

В настоящее время реактор ИР-50 эксплуатируется в соответствии с лицензией Ростехнадзора в режиме временного останова. Имеется запас свежего топлива низкого обогащения, обеспечивающий длительную (десятилетия) эксплуатацию реактора на номинальной мощности.

Возможны несколько сценариев дальнейшей судьбы реактора ИР-50:

- снятие с эксплуатации;
- «чистое» исследовательское использование после проведения реконструкции и модернизации (включая создание медицинского канала для реализации и отработки технологии нейтронозахватной терапии онкологических заболеваний);
- создание на базе реакторной установки демонстрационно-информационного центра Росатома России.

Подкритический стенд ФС-2

Подкритический стенд ФС-2 с твердогомогенной активной зоной создан на базе подкритического нейтронного размножителя СО-2 и предназначен:

- для проведения активационных измерений;
- для калибровки датчиков и отработки аппаратуры контроля плотности потока нейтронов в пусковых диапазонах для реакторов различного назначения;
- для отработки методов измерения подкритичности;
- для проведения лабораторных работ со студентами кафедры Э-7 МГТУ им. Н.Э. Баумана, единственной в России кафедры по подготовке инженеров-конструкторов для реакторостроения.

ПКС ФС-2 введен в эксплуатацию в 1972 г., в 1978 г. переведен в режим подкритического размножителя. С 1998 г. ПКС ФС-2 находится в режиме длительного останова.

В настоящее время оборудование ПКС ФС-2 модернизируется. Эта работа выполняется в рамках Федеральной целевой программы по ядерной и радиационной безопасности.

Материаловедческий комплекс

Материаловедческий комплекс состоит из двух самостоятельных объектов, предназначенных для решения ряда научных задач.

Объект	Установки	Функции
Комплекс оборудования для исследования длительной прочности и ползучести конструкционных материалов, изделий и конструктивных элементов под внутренним давлением, допущенных к применению в атомной энергетике	Стенд из 60 исследовательских ячеек на базе испытательных машин АИМА 5-2 и ИП-4М и системы управления круглосуточной работой стенда	1. Получение расчетных характеристик ползучести и длительной прочности конструкционных материалов при рабочих температурах для обоснования продления срока эксплуатации до 60 лет. 2. Получение экспериментальных данных для уравнений состояния конструкционных материалов при перегревах. 3. Аттестация конструкционных материалов для различных реакторов
Комплекс исследований конструкционных материалов АЭС, включая электрохимические исследования и коррозионные испытания (общая коррозия, межкристаллитная коррозия, коррозионное растрескивание, питтинговая коррозия)	Стенд из 30 исследовательских автоклавов и системы управления круглосуточной работой стенда	1. Получение расчетных значений по учету коррозии при проведении расчетов на прочность конструкций ядерных энергетических установок. 2. Получение данных для выбора и обоснования водно-химических режимов теплоносителей паропроизводящих установок для объектов ВМФ. 3. Исследование коррозионного поведения конструкционных материалов при повышенных температурах.

Полномасштабный стенд «Комплексная система контроля течи трубопроводов»

Стенд КСКТ находится в рабочем состоянии и используется для разработки и проверки новых алгоритмов программной обработки сигналов течей, получаемых от подсистем контроля, работа которых основана на различных физических принципах регистрации течи (акустический сигнал, влажность, аэрозольная активность, лазерный мониторинг счетной концентрации аэрозольных частиц (золей) и др.).

Экспериментальная стендовая база по системам контроля, управления и защиты реакторных установок

1. Стенд-полигон СУЗ

Стенд представляет собой комплекс технических и программных средств, ориентированный на комплексные системы управления и защиты и предназначенный для экспериментального сопровождения работ по модернизации и эксплуатации СУЗ на АЭС.

В специально оборудованном помещении НИКИЭТ установлены:

- аппаратура опытных образцов СКУЗ в объеме, позволяющем реализовать все режимы и функции системы;
- представительные образцы однотипного оборудования СКУЗ, которые в реальной системе используются индивидуально (независимо друг от друга) в значительном количестве (например стойки индивидуального управления сервоприводами, сервоприводы стержней и т.д.);
- имитатор пульта и щита ведущего инженера управления реактором (ВИУР) с полным набором органов управления и средств отображения информации СКУЗ на реальных пультах и щитах оператора;
- сервоприводы СУЗ с имитаторами стержней (представительные образцы каждого типа стержней-поглотителей);
- имитатор сигналов датчиков СКУЗ, используемый в реальной системе на АЭС для комплексной проверки системы;
- комплекс кабельных соединений, позволяющих собирать систему в полном объеме или в составе, требуемом для конкретных испытаний или исследований;
- моделирующий комплекс, обеспечивающий:
 - моделирование динамики работы реактора (в том числе датчиков СКУЗ и стержней СУЗ) в реальном времени; комплекс работает совместно с аппаратурой СКУЗ стенда и позволяет отобразить информацию от СКУЗ и о параметрах моделируемого реактора на видеокадрах;
 - возможность исследований с моделированием работы СКУЗ наряду с реактором как в ускоренном, так и в замедленном времени.

Выполнена аттестация стенда метрологическим подразделением НИКИЭТ. На стенде проводятся работы в поддержку внедрения комплексной системы контроля, управления и защиты реактора (КСКУЗ) на 2-м энергоблоке ЛАЭС. Стенд поддерживает авторское сопровождение КСКУЗ 1-го и 2-го энергоблоков Курской АЭС и СКУЗ-ВСО 1-го энергоблока Ленинградской АЭС. Кроме того, на этом стенде выполняются отдельные исследования для еще не модернизированных СУЗ энергоблоков с реакторами РБМК.

В перспективе стенд будет применяться для поддержки эксплуатации СУЗ реакторов РБМК, проведения комплекса работ по внедрению КСКУЗ на всех энергоблоках РБМК. Будут также выполнены работы по оснащению тренажеров АЭС программно-замещающими модулями оборудования спецсистем реакторной установки.

2. Стенд для проведения аттестационных и квалификационных испытаний программного обеспечения управляющих систем безопасности ядерных реакторов

Стенд представляет собой набор комплексов компьютерных средств, объединенных локальными вычислительными сетями разных типов.

Кроме того, в составе стенда имеется оборудование для испытаний функций человеко-машинного интерфейса: плазменная панель диагональю 42 дюйма, монитор с сенсорным экраном.

Специальное программное обеспечение стенда позволяет реализовывать следующие функциональные возможности:

- имитация различных источников данных для испытываемых систем;
- имитация загрузки локальных вычислительных сетей заданными объемами данных;
- обмен информацией через шлюзовые станции между различными комплексами;
- архивирование информации о функционировании испытываемых систем.

В состав программного обеспечения стенда входят лицензионные версии операционных систем Windows, Solaris, Linux, MCBC, QNX, VxWorks.

Разработаны методики, позволяющие проводить:

- испытания работоспособности технических средств;
- испытания совместимости аппаратных и программных средств;
- испытания интерфейсов обмена и передачи данных во всех режимах эксплуатации;
- стресс-тесты в условиях экстремальной загрузки системы, например в переходных режимах эксплуатации;
- испытания динамических характеристик выполнения функций;
- испытания потребительских функций системы;
- испытания средств самодиагностики;
- испытания систем регистрации информации;
- испытания систем защиты информации и обеспечения целостности данных при авариях;
- испытания синхронизации времени в распределенных гетерогенных системах.



Пульт управления стенда приводов

На стенде в настоящее время проводятся работы по квалификации программного обеспечения управляющих систем безопасности реакторов РБМК и установок «Руслан» и «Людмила».

В перспективе на этом стенде целесообразно проводить работы по верификации программного обеспечения управляющих систем безопасности и автоматизированных систем управления технологическими процессами вновь вводимых в работу реакторов ВВЭР.

Теплофизический комплекс

Этот комплекс состоит из ряда специализированных стендов, обеспечивающих возможность проверки характеристик испытываемого оборудования при штатных параметрах элементов и устройств РБМК. Универсальность стендов НИКИЭТ позволяет при минимальных затратах проводить необходимые испытания любого оборудования, в том числе по программам АЭС-2006, АЭС-2009.

Экспериментально-испытательная база активно используется подразделениями главных конструкторов как при разработке новых реакторных установок, так и для сопровождения жизненного цикла действующих объектов, сооруженных по проектам института.

В перспективе планируется коренная модернизация ряда существующих стендов и сооружение новых стендов, которые могут понадобиться при разработке реакторных установок, для которых НИКИЭТ является организацией Главного конструктора. На данный момент к числу таких установок относятся энергетический реактор БРЕСТ, многоцелевой исследовательский реактор МБИР, ядерная энергетическая установка для космического транспортно-энергетического модуля и паропроизводящие установки для объектов ВМФ. Обновления экспериментально-испытательной базы могут также потребовать работы, выполняемые институтом в рамках международного проекта по термоядерному реактору ИТЭР.

4.10. Научно-исследовательское сопровождение и расчетно-программное обеспечение работ института

С самых первых дней было организовано научно-исследовательское сопровождение и обоснование всех разработок НИКИЭТ. В 1953 г. появились первые инженеры-физики – пять выпускников инженерно-физического факультета Московского механического института, переименованного впоследствии в Московский инженерно-физический институт (МИФИ). Это были А.П. Веселкин, В.В. Демидов, А.Д. Жирнов, Ю.И. Корякин и Ю.И. Митяев. В 1954 г. физики были объединены в группу отдела № 2, занимавшегося под руководством П.А. Деленса разработкой первой ЯЭУ для ВМФ, а через два года физиков выделили в самостоятельный отдел № 5 под руководством А.Д. Жирнова, в прошлом боевого летчика Великой Отечественной войны.

С приходом молодых физиков в институте начались систематические исследования по проблемам физики реакторных установок различного назначения: транспортных, промышленных (многоцелевое производство

изотопов), энергетических (для производства электроэнергии и тепла) и исследовательских. Были усовершенствованы методики физических расчетов, разработаны эффективные инженерные методики расчетов физических характеристик реакторов и биологической защиты реакторов различных типов (В.Н. Артамкин, В.А. Быков, А.П. Веселкин, П.А. Гаврилов, И.Х. Ганев, А.Д. Жирнов, В.П. Ковтуненко, М.Е. Нетеча, А.В. Никитин, В.Н. Орлов, Л.Н. Подлазов, В.Д. Симонов, И.А. Стенбок, О.Л. Щипакин);

В НИКИЭТ с самого начала придавалось большое значение вопросам динамики и безопасности реакторных установок. Уже в 1959 г. был издан приказ – «создать расчетно-теоретический отдел с задачами проведения комплексных исследований явлений, имеющих в установках, а также проведения вычислительных и моделирующих работ на машинах УРАЛ и БАЙКАЛ». Из имеющегося состава коллектива был создан отдел динамики, управления и безопасности, в который вошли будущие ведущие специалисты по исследованиям динамики ЯЭУ – Л.Н. Подлазов, Б.Н. Селиверстов, В.Д. Пугач, Т.Д. Огина и др. Они стали первопроходцами, на плечи которых легли основные трудности становления расчетных исследований по динамике, управлению и безопасности в атомной энергетике и последующего широкого внедрения их в практику проектирования и эксплуатации ЯЭУ.

Первые математические модели и методы решения были ограничены возможностями имевшейся в то время вычислительной техники, в частности, электрическими арифмометрами REINMETALL, MERSEDES и др., а также малыми аналоговыми вычислительными машинами типа МН-2 и цифровыми машинами с быстродействием 100 операций в секунду типа УРАЛ. Но даже при таких ограниченных вычислительных возможностях уже в то время под руководством Л.Н. Подлазова делаются первые попытки комплексного моделирования реакторных установок, проводятся работы по созданию и отработке систем управления и обоснованию безопасности.

С конца 1970-х гг. начинают широко развиваться методы пространственного моделирования нейтронной кинетики активных зон ЯЭУ. Используемые ранее одноточечные модели нейтронной кинетики уже не обеспечивали необходимой точности моделирования при разработке систем управления и обоснования безопасности. Активные зоны больших реакторов требовали детального изучения распределения потоков нейтронов в активной зоне и их учета при создании систем управления и защиты. Под руководством Л.Н. Подлазова создается и успешно эксплуатируется программный комплекс DINA, который обеспечивает исследования пространственных эффектов в активных зонах реакторных установок различного типа. Создаются и успешно эксплуатируются локальные регуляторы нейтронной мощности и защиты реактора РБМК.

В этот период создаются расчетные программы, которые позволяют проводить комплексные исследования динамики переходных и аварийных режимов совместно с системами контроля, управления и защиты, отрабатывать алгоритмы ведения режимов и настройки систем автоматического регулирования. Характерным примером таких программ может служить программа PRISET, которая позволяет проводить комплексные исследования для установок различного назначения. Программа построена по блочному принципу,

может совершенствоваться и расширяться за счет разработки новых блоков. Для ускорения времени счета в программе использованы методы расчета, оптимально использующие расчетные возможности вычислительной техники. Определяющую роль при разработке таких программ сыграл руководитель группы Б.И. Раскатов и сотрудники его группы Т.Л. Адамчук, Э.Д. Шахова, М.Д. Перфильева и др. Программа PRISET модифицировалась для адекватного описания проектируемых и действующих реакторных установок (Ю.А. Долгов, В.В. Тюков, С.Н. Тимофеев).

За минувшие с тех пор годы при активном участии «собственных» физиков НИКИЭТ было выполнено множество важнейших работ, в том числе:

- проведены работы по пуску Первой в мире АЭС (А.Д. Жирнов, Ю.И. Митяев, Ю.И. Корякин);

- исследованы физические характеристики двухцелевого промышленно-энергетического реактора ЭИ-2 для Сибирской АЭС (А.Д. Жирнов, Ю.И. Корякин, В.В. Демидов);

- физически обоснован первый в мировой практике реакторостроения теплоемкостный импульсный твердоомогенный реактор с максимальным пиковым потоком нейтронов ИГР (РВД) для физических исследований; решение проблем теплофизической работоспособности графитовой кладки с растворенным топливом, обеспечение необходимых параметров импульсов различной длительности, компенсации реактивности, пуска и остановки реактора (И.Л. Чихладзе, А.Д. Климов);

- решены проблемы обеспечения требуемых параметров импульса, вывода нейтронных пучков, динамической устойчивости импульсного реактора ИБР-2; подготовлен пуск модернизированного реактора ИБР-2М (В.С. Смирнов, А.В. Лопаткин, В.Г. Муратов, И.Б. Лукасевич, И.В. Зайко);

- решены проблемы получения высоких потоков нейтронов теплофизической работоспособности бассейнового реактора ИВВ-2М, обладающего в своем классе рекордным по величине потоком нейтронов и предназначенного для физических и материаловедческих исследований; физически обоснована разработка для этих целей новых высокоэффективных твэлов и ТВС, обеспечено равномерное энергораспределение в активной зоне с большим числом нейтронных ловушек и внешних пучков, обеспечены компенсация большого запаса реактивности и необходимые условия экспериментов, создан уникальный источник «холодных» нейтронов (И.А. Стенбок, А.С. Терехов, С.А. Соколов);

- предложена новая физико-конструктивная схема бассейнового реактора большой мощности для промышленного производства радиоактивных изотопов «Руслан» (В.Н. Артамкин, Ю.И. Колесников); решены задачи разделения нейтронных спектров в областях деления и поглощения нейтронов и оптимизированы условия облучения сырьевых материалов, содержащихся в стержнях регулирования реактора, и управления запасом реактивности; решены проблемы ядерной безопасности при перегрузках реактора;

- для серии энергетических реакторов РБМК-1000 (Россия) и РБМК-1500 (Литва) решены проблемы обеспечения безопасности эксплуатации реакторных установок в соответствии с современными требованиями и нормами; разработан

эффективный программный комплекс SADCO (М.И. Рождественский, А.П. Жирнов, В.М. Панин, П.Б. Кузнецов, С.В. Баринев, Б.И. Раскатов) для исследований статических и динамических физических характеристик и обоснования безопасности;

- решены проблемы создания кипящего реактора на естественной циркуляции с очень большой кампанией активной зоны для стендовой и объектовой ядерно-энергетических установок ВАН-6, в том числе устойчивости работы реактора с большим отрицательным паровым эффектом, обеспечена необходимая эффективность аварийной защиты, разработаны методики расчетных и экспериментальных исследований статических и динамических физических характеристик (И.А. Стенбок, В.Н. Орлов);

- разработана энергетическая установка с реактором на органическом теплоносителе АРБУС; выбран тип теплоносителя, обладающий необходимыми нейтронно-физическими и теплофизическими свойствами и радиационной стойкостью;

- обоснованы физические характеристики и безопасность уникальных ядерно-энергетических установок транспортного назначения нового поколения (А.М. Евдокимов, Н.П. Котелков, Б.Ф. Лапин, И.А. Стенбок, В.А. Царюк).

Специалисты НИКИЭТ разрабатывали биологическую защиту для АПЛ проектов 627, 661, 60ИК, Э9, Э17, для АЭС с реакторами РБМК, для реактора «Руслан», для целого спектра исследовательских реакторов (А.П. Веселкин, М.Е. Нетеча, А.В. Никитин, Ю.Э. Хандамиров, Г.А. Хачересов), включая СМ-2, МИР, ПИК, ИБР-2, ТАЖУРА, ИВВ-2М, и реактора ИВГ для космической программы. Приказом Министра от 12.07.1971 г. № 161 на НИКИЭТ были возложены функции Головного предприятия по разработке и внедрению новых высокоэффективных материалов биологической защиты. Всего было разработано более 25 новых материалов, в том числе серпентинитовый и железосерпентинитовый бетоны, материалы на основе полиэтилена и полиамида (высокотемпературная пластмасса), гидридов титана, циркония и лития; бориды титана и бориды вольфрама, обедненного урана и др. Материалы прошли полный комплекс испытаний, освоены промышленностью и нашли широкое применение на корабельных ЯЭУ, на ядерных космических аппаратах, на АЭС и исследовательских реакторах. Использование новых защитных материалов позволило сократить массу и габариты транспортных ЯЭУ на 15-25 %, повысить их надежность, улучшить условия эксплуатации. Работы по созданию и внедрению новых защитных материалов продолжаются совместно с рядом предприятий и в настоящее время.

На исследовательском реакторе ИР-50 был выполнен большой объем исследований по изучению защитной эффективности разрабатываемых в отделе новых материалов защиты и макетов узлов конструкций и оборудования реакторных установок.

После аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС началось комплексное усовершенствование всех математических моделей и программ, включая статические нейтронно-физические расчеты и подготовку на новой расчетной

базе малогрупповых нейтронных констант. Это позволило уже во второй половине 1986 г. создать связанный программный комплекс TRIADA (НИКИЭТ) с трехмерным моделированием нейтронной кинетики и одномерной теплогидравликой в каждой расчетной ячейке реактора (коллектив по руководством Л.Н. Подлазова), совместно с моделированием основного оборудования АЭС и действия систем контроля, управления и защиты, который широко использовался для анализа первой фазы аварии на ЧАЭС и для обоснования мер повышения безопасности на РБМК до начала 1990-х гг.

На основе опыта создания, отработки и использования комплекса TRIADA с учетом наметившейся устойчивой тенденции по ужесточению требований к безопасности АЭС к концу 1980-х гг. сформировалась концепция развития связанного комплексного математического моделирования динамики и безопасности АЭС.

Массовый ввод в эксплуатацию в середине 1970-х гг. прошлого века АЭС с реакторами типа РБМК потребовал экспериментального подтверждения безопасности проектных решений в части обеспечения радиационной безопасности персонала станций, населения и окружающей среды. С этой целью директор института академик Н.А. Доллежалъ выделил из отдела № 16 лабораторию и создал отдел № 24 под руководством д.т.н. профессора Ю.А. Егорова.

Круг задач, поставленных перед коллективом отдела, был весьма широк и актуален. С расстояния прошедших десятилетий можно отметить поистине «средмашевский» размах и глубину проводимых исследований. В период максимальной активности численность коллектива отдела достигала 65 чел.; большую часть времени занимали исследования на действующих энергоблоках сначала Ленинградской, потом Чернобыльской, а с 1980-х гг. – Игналинской АЭС.

Направления работ подразделялись на исследования внутристанционные и в окружающей среде. В процессе экспериментальных работ на энергоблоках детально изучались следующие проблемы:

- образование и перенос радиоактивных продуктов коррозии;
- формирование радиоактивных отложений на различных участках трубопроводов и оборудования контура циркуляции теплоносителя;
- формирование дозовых полей возможного облучения персонала;
- оптимизация методов контроля и пути уменьшения доз облучения персонала, планирование дозовых затрат;
- контроль и определение негерметичных твэлов, исследование эффективности системы КГО твэлов и разработка методов повышения ее чувствительности;
- образование и перенос радиоактивных продуктов деления;
- установление и поддержание проектных пределов повреждения твэлов, рекомендации по управлению радиационным состоянием активной зоны реактора;
- изучение вклада твэлов с различной степенью негерметичности в радиационное состояние активной зоны реактора и газоаэрозольный выброс;
- исследование физико-химических свойств радионуклидов в теплоносителе контура циркуляции;
- изучение возможных каналов формирования газоаэрозольных выбросов в окружающую среду;

– изучение возможных каналов формирования поступления радионуклидов в окружающую среду с жидкими сбросами.

Экспериментальные исследования в окружающей среде были направлены на изучение накопления и миграции радионуклидов в объектах окружающей среды при газоаэрозольных выбросах и жидких сбросах. Зарождалось понятие экологической безопасности АЭС, вырабатывались критерии экологической безопасности.

Неотъемлемой частью всех экспериментальных исследований являлась разработка методик представительного отбора проб, содержащих радионуклиды, подготовки проб к измерению, непосредственно измерений и статистической обработки результатов измерения. Конечная цель состояла в определении значений γ -, β - и α -активности радионуклидов в единице массы (объема) пробы с минимальной погрешностью. Большую работу в этом направлении, а также по созданию уникальных по тому времени радио- и спектрометрических комплексов выполняли сотрудники лаборатории Ю.В. Панкратьева.

Результаты многих экспериментов легли в основу физических моделей и расчетных кодов (И.В. Жуков), описывающих образование, перенос и ряд других явлений, происходящих с радионуклидами в АЭС с РБМК: в твэлах с двуокисным топливом; в контуре циркуляции теплоносителя; в системе локализации аварий; в вентсистемах энергоблока; в атмосфере; в водоеме-охладителе.

Большой опыт и профессионализм были проявлены сотрудниками отдела № 24 при исследовании радиационных последствий аварии с разрывом ТК на Чернобыльской АЭС в 1982 г., при ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и повторном запуске в эксплуатацию 1, 2, 3-го энергоблоков ЧАЭС в 1987–1988 гг.

С начала 1990-х гг. много внимания уделялось анализу радиационной безопасности энергоблоков АЭС с РБМК в аварийных условиях. Результаты работы дали возможность в рамках международных проектов обосновать радиационную безопасность Игналинской АЭС, 3-го энергоблока Чернобыльской АЭС, а затем использовались при подготовке отчетов по углубленной оценке безопасности энергоблоков Курской, Ленинградской и Смоленской АЭС.

Тематика проводимых в НИКИЭТ исследований отнюдь не была ограничена проблемами физики реакторов. Большой объем исследований приходился на теплофизику, которой в институте занимались отделы № 26 и № 27, а также специалисты объектовых отделов. Первые работы отдела № 26, созданного в 1953 г. (до 1957 г. это был отдел № 22), были связаны с созданием энергетического реактора для Первой в мире АЭС, в обоснование проекта которого группа сотрудников (Б.В. Флоринский, В.Н. Смолин, П.М. Нехорошев, З.А. Шапаровская, Л.Н. Туркина и др.) проводили испытания твэлов, каналов и графитовой кладки на теплофизических стендах института, в лабораториях и на реакторе МР в ИАЭ. Отдел также выполнил большой объем работ для проектов реакторов Сибирской АЭС.

В течение 1956–1967 гг. исследования отдела были связаны с реакторами СМ, МИР, ИВВ-2 и комплексом работ для БАЭС. В стендовом зале был сооружен теплофизический стенд-модель контура циркуляции БАЭС, на

котором проводились исследования критической тепловой мощности, теплогидравлической устойчивости каналов, пусковых режимов и др.

В дальнейшем по проектам конструкторского бюро отдела № 26 в стендовом зале были сооружены стенд для исследования критических тепловых потоков и стенд-модель контура циркуляции реактора РБМК электрической мощностью 2000 кВт, а также стенд-модель прямоточного реактора АМБ-2000 на сверхкритические параметры.

Предварительные теплофизические эксперименты на стенде критических тепловых потоков (1971 г.) показали возможность увеличения мощности реакторов РБМК за счет применения интенсификаторов теплообмена в 1,5 раза, что позволило конструкторам приступить к разработке проекта АЭС с реактором РБМК-1500. Проведенные впоследствии исследования на наших стендах, на стендах Института атомной энергии и в реакторных условиях подтвердили эту возможность. На стенде-модели РБМК были проведены исследования ремонтных, пусковых и аварийных режимов аппарата и исследования теплогидравлической устойчивости каналов, на основе которых была разработана соответствующая методика расчета.

В лаборатории комплексных испытаний отдела (С.В. Шпанский) на созданных в конце 1980-х гг. специализированных стендах были проведены исследования по анализу разрушения твэлов и канальных труб технологических каналов РБМК с целью оценки критериев их целостности (И.И. Крючков).

Конструкторским бюро отдела были выполнены проекты стендов для проведения межведомственных испытаний реакторов 60ИК и Э9, а экспериментаторы отдела провели целый комплекс теплотехнических исследований различных систем реактора Э9, подтверждающих правильность конструкторских решений. Был спроектирован, изготовлен в НИКИЭТ и смонтирован на 2-м блоке Игналинской АЭС стенд инспекции ТВС РБМК.

Директор НИКИЭТ Н.А. Доллежал, организовывая в 1959 г. отдел № 27, поставил перед его начальником Б.В.Флоринским задачу – работать в обоснование текущих проектов и зондировать перспективные направления интенсивно развивающейся отрасли. В своих представлениях о разделении работ в институте директор исходил из того, что отдел № 26 предназначен для экспериментальной отработки опытно-конструкторских разработок, а отдел № 27 – для проведения научно-исследовательских работ. В соответствии с этим формировалась и их экспериментальная база. Отделу № 26 был выделен большой стендовый зал, в котором располагались крупногабаритные стенды, способные воспроизводить условия работы натурных изделий, а отделу № 27 – малый стендовый зал, модельные стенды которого позволяли изучать специфические вопросы теплофизики и гидродинамики.

Основной инженерный состав лабораторий отдела № 27 с момента его создания составляли выпускники столичных вузов МВТУ, МЭИ, МГУ и др., которые перед трудоустройством в отдел, как правило, проходили собеседование с руководством института (И.Я. Емельянов, М.П. Сергеев). Отдел рос быстро, в 1970 г. в составе отдела было около 90 сотрудников, а в 1992 г. – даже 130 чел.

В лаборатории № 271 в первое десятилетие проводились исследования по контактному теплообмену (Е.А. Ганин), по нестационарной гидродинамике

и теплообмену (И.С. Коченов, Ю.Н. Кузнецов, Ю.М. Никитин), по теплообменным устройствам и процессам в теплотехническом оборудовании – (В.В. Васильев, В.К. Прозоров, О.Ю. Новосельский), по теплотехнической надежности (А.И. Клемин, М.М. Стригулин и Е.Ф. Поляков), по электромоделированию и численным расчетам температурных полей (В.С. Удалов, А.Я. Лонинов).

Специалисты лаборатории № 272 выполнили большой объем работ по теплогидравлическим расчетам (В.Д. Виленский, Ю.В. Миронов, Ю.С. Молочников), по исследованиям гидравлических устройств и механизмов (Р.Р. Ионайтис, В.Н. Стобецкий, Ю.А. Аристов), по аэродинамическому и гидравлическому моделированию (В.П. Тищенко, В.А. Решетов, В.П. Смирнов, М.С. Фомичев), по струйным преобразователям энергии, сепарационным устройствам, истечению двухфазных потоков и интенсификации теплообмена (Э.К. Карасев, В.В. Вазингер, В.Б. Карасев, Е.В. Сакович, В.К. Сафонов, Б.А. Габараев, А.Н. Рябов, А.И. Емельянов, В.В. Перемышев и др.).

После 1986 г. тематика работ отдела № 27 была несколько скорректирована, что организационно нашло отражение в создании четырех лабораторий:

- лаборатория теплофизических проблем безопасности ядерных энергетических установок (начальник лаборатории Ю.В. Миронов), в задачу которой входило создание средств анализа аварийных процессов реактора РБМК и выполнение соответствующих расчетов;

- лаборатория теплофизики активных зон (начальник лаборатории Ю.С. Молочников), основным средством экспериментальных исследований которой по разработке методик расчетов ТВС с перегревом пара стал созданный динамический автоматизированный стенд ЭУ (С.Ю. Булахов);

- лаборатория теплофизики высокотемпературных процессов и конвективного теплообмена (начальник лаборатории В.П. Смирнов), задачей которой было создание методик и средств анализа теплогидравлики сборок газоохлаждаемых реакторов, реактора со свинцовым теплоносителем и реактора с расплавленным циркулирующим топливом (идея реактора предложена В.А. Решетовым);

- лаборатория теплогидравлики элементов контура реакторных установок (начальник лаборатории О.Ю. Новосельский), задачей которой было прежде всего усовершенствование внутрикорпусных устройств барабана-сепаратора РБМК и других сепарирующих устройств, а также освоение средств расчета систем локализации аварий.

Одной из наиболее важных задач, успешно решенных при активном участии теплофизиков НИКИЭТ, является проблема множественного разрыва топливных каналов реактора РБМК, т.е. возможность так называемого «эффекта домино». Вопрос о доказательстве невозможности превращения одиночного разрыва топливного канала РБМК во множественный, о доказательстве в соответствии с действующими нормами и правилами встал после чернобыльской аварии, не в последнюю очередь в связи с необходимостью защиты реакторов РБМК от нападков с требованиями прекращения их эксплуатации. Кстати, некоторыми западными экспертами авария на реакторе 4-го энергоблока ЧАЭС рассматривалась как множественный разрыв топливных каналов.

К решению задач множественного разрыва труб топливных каналов РБМК были привлечены НИКИЭТ, ФЭИ, филиал ВТИ «Зуевская экспериментальная ТЭЦ», замененный на ЭНИЦ (г. Электрогорск) после распада СССР. Руководителем этих работ от НИКИЭТ был назначен начальник лаборатории, к.т.н. О.Ю. Новосельский. Работы были начаты в конце 1980-х гг. с экспериментального исследования разрыва трубы топливного канала РБМК в условиях аварийного перегрева.

Результаты экспериментов и обширный опыт исследований поведения труб топливных каналов при аварийных условиях позволили сформулировать критерии целостности труб топливных каналов РБМК, а также создать расчетный код КАТРАН2 (В.Н. Филинов), предназначенный для моделирования термомеханического деформирования и разрушения труб в условиях аварийного разогрева. Код позволяет оценивать целостность труб топливных каналов РБМК в теплоотводных авариях. Код КАТРАН2 неоднократно был использован в анализах безопасности РБМК в рамках отчетов по углубленной оценке безопасности энергоблоков РБМК-1000.

С 2002 г. в ЭНИЦ началась работа по вновь разработанной программе и методике, которые включали создание методических стендов ТКР-Ф и ТКР-М и подготовку полномасштабных опытов с разрывом трубы топливного канала в модуле реакторной кладки стенда ТКР. Результаты экспериментов, совместно выполненных на этих стендах специалистами НИКИЭТ и ЭНИЦ, показали невозможность разрушения соседних труб топливных каналов.

Все эти и некоторые другие данные составили верификационную базу интегрального кода U_STACK, разработанного Л.М. Парафило, Д.В. Крючковым (ФЭИ), О.Ю. Новосельским и А.А. Семченковым (НИКИЭТ). Результаты верификации показали, что код позволяет с приемлемой точностью рассчитать поведение графитовой кладки РБМК при разрыве одного или нескольких топливных каналов. При этом прочностные характеристики труб окружения рассчитываются в каждый момент времени динамического процесса.

Применение кода U_STACK в обосновании проектных решений по системам реактора 5-го энергоблока КуАЭС выявило важную особенность работы системы контроля целостности топливных каналов, а именно главенствующую роль гравитационной составляющей импульса в формировании состава среды в отводящих трубопроводах системы. При малых течах (меньше 10 л/ч) определение координат течи сильно затруднено тем, что более тяжелый водяной пар (трехатомный газ) просто «тонет» в легкой гелиево-азотной смеси, растекаясь в стороны по щелям кладки.

Вопросы научно-исследовательского сопровождения и обоснования разработок НИКИЭТ в иных областях знаний, которые не нашли отражения в настоящей главе, освещены в других разделах данного сборника.

Расчетно-программное обеспечение проектов НИКИЭТ

В настоящее время, несмотря на многие трудности, с которыми приходилось сталкиваться институту во время перестройки и в первые годы после распада СССР, в НИКИЭТ сохранился высокий потенциал расчетно-программного обеспечения проектирования новых реакторов и сопровождения эксплуатации действующих установок.

В НИКИЭТ расчетно-теоретические работы проводятся в следующих областях:

- физика активных зон и биологическая защита;
- гидродинамика и теплофизика;
- прочность проектируемого оборудования и обоснование назначенного срока службы;
- надежность и безопасность РУ;
- динамика и управление РУ;
- водно-химические режимы;
- вероятностный анализ безопасности;
- верификация и аттестация расчетных кодов в Ростехнадзоре России.

При выполнении расчетно-теоретических работ в институте используют современные математические алгоритмы, программы и методики расчетов на ЭВМ. Многие алгоритмы, программы и методики разработаны самими специалистами НИКИЭТ.

Для расчета физики и безопасности проектируемых и действующих реакторов в институте имеется более 20 программных средств: MCU-5, MCNP-4A, WVEM, MEGERA, САПФИР-95 с библиотекой констант БНАБ-78/С-95, САПФИР-BBP-95, ПК SADCO (версия 5.7), FACT-BR, Призма-М, Metaprizma, DINA, ПЕРЕНОС (версия 2), FOOD (версия 2), DINAR, DORT, LUCKY, ТАРУСА-9, РАПК-7, SAM, КОНТУР, TRIGEX, PRISET, СМАРАГД, REFP 2 и др.

Теплофизические расчеты в обоснование проектных решений и безопасности реакторов могут выполняться в НИКИЭТ с применением более десятка отечественных и зарубежных программ, в том числе: RELAP5/mod3.2, Containment Code System (COCOSYS), IRA.SI, ПУЧОК-ЖМТ (модификация кода ПУЧОК БМ), ПУЧОК-КОСМОС (модификация кода ПУЧОК БМ), ПУЧОК-ПИК, ПУЧОК ППСТ, ПУЧОК БМ-ДФ-F (ред. 2009 г.), UNCELM, ПТЕНЕЦ, МОНСТР, FLOWVISION, ANSYS (FLUENT, CFX), U_STACK.

Для расчетов прочности и целостности конструкций имеется несколько программных комплексов: конечно-элементный комплекс «Зенит-95», конечно-элементный комплекс CAN 2.2, конечно-элементный комплекс CANPIPE 1.0, расчетная программа «Цикл 2.0», конечно-элементный комплекс ANSYS.

Работы НИКИЭТ по вероятностному анализу безопасности и риска выполняются с применением программы RiskSpectrum PSA, версия 1.10.

В институте проводится технико-экономический анализ ядерной отрасли России, для чего используются программы DENEM ('Development of Economic of Nuclear Energy' Model – модель экономического развития ядерной энергетики), UCM-1 (программный комплекс для системного исследования развития ядерной энергетики), СМАРТЭК (системная модель для анализа развития топливно-энергетического комплекса), СМАК (системная модель атомного комплекса).

Ниже дана краткая характеристика нескольких программ из числа разработанных специалистами НИКИЭТ для расчетно-программного обеспечения проектирования новых реакторов и сопровождения эксплуатации действующих установок.

Программы ТАРУСА-9 и ТАРУСА-10

В программах серии ТАРУСА решается задача накопления и массопереноса продуктов деления ядерного топлива в сложной динамической системе, состоящей из последовательной цепочки зон, первая из которых является, как правило, ядерным топливом и источником поступления в последующие зоны (теплоноситель, газовый контур, помещения).

Методика решения основана на решении системы линейных дифференциальных уравнений, описывающих баланс ядер радионуклидов-членов цепочки радиоактивного распада во всех зонах задачи (коллектив под научным руководством А.В. Никитина).

Программы серии ТАРУСА снабжены набором библиотек ядерно-физических констант TARLIB.

Программы ТАРУСА позволяют рассчитывать для переменных режимов работы реактора не только активность продуктов деления во всех зонах задачи, но и ее функционалы, такие как:

- интенсивность источников фотонного, бета- и нейтронного излучений, обусловленную рассчитанной активностью продуктов деления;
- мощность дозы от источников фотонного излучения.

Программа ТАРУСА-9 верифицирована для реакторов типа ВВР.

Программа РАПК-7

Программа РАПК-7 выполняет расчет загрязнения первого контура водо-водяных реакторных установок радиоактивными продуктами коррозии (коллектив под научным руководством А.В. Никитина).

Программа моделирует процессы образования, переноса и накопления стабильных (Fe, Ni, Cr, Co) и активированных продуктов коррозии (^{59}Fe , ^{58}Co , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{60}Co) на внутренних поверхностях оборудования и в теплоносителе первого контура в зависимости от конструктивных характеристик этого оборудования и от переменных во времени параметров водно-химического режима и плотности нейтронного потока в активной зоне при работе реакторной установки и после ее вывода из действия.

Программные средства для анализа радиационных последствий аварий на блоках АЭС с РБМК

Для выполнения работ по анализу радиационных последствий аварий на блоках АЭС с РБМК созданы и верифицированы 3 расчетных кода (И.В. Жуков, Е.В. Чулкова, Д.А. Припачкин):

1. ПС REFP2 – осуществляет расчет количества радионуклидов продуктов деления в топливе и зазоре твэлов (герметичных, газонеплотных и с прямым контактом топлива с теплоносителем), а также в теплоносителе контура циркуляции в режиме нормальной эксплуатации.

2. ПС ПЕРЕНОС (версия 2) – осуществляет расчет переноса ПД в системе локализации аварий (СЛА) и выноса в окружающую среду. Область применения – проектные аварии.

3. ПС FOOD (версия 3) – осуществляет расчет рассеяния радиоактивных примесей в атмосфере и доз облучения персонала на площадке АЭС и населения

от границы санитарно-защитной зоны до границы зоны наблюдения. Область применения – кратковременные выбросы в атмосферу.

Программное средство ПРИЗМА-М

Программное средство ПРИЗМА-М предназначено для оперативного эксплуатационного расчетного обеспечения контроля параметров активной зоны реакторной установки с РБМК-1000 (коллектив под научным руководством В.В. Постникова), к числу которых относятся:

- мощность каждого технологического канала (ТК);
- коэффициент K_z неравномерности плотности потока нейтронов и энерговыделения по высоте каждого ТК;
- температура графита кладки;
- максимальная линейная нагрузка на ТВЭЛ;
- оперативный запас реактивности на стержнях системы управления и защиты;
- коэффициенты коррекции внутриреакторных детекторов в КСКУЗ и СКУЗ-ВСО.

Тип объекта использования атомной энергии: реакторная установка РБМК-1000, оснащенная информационно-измерительной системой «СКАЛА-Микро».

Рассматриваемые режимы: стационарный режим нормальной эксплуатации на уровнях мощности реактора от 0,02 до 105 % от номинальной мощности.

Код PRISET

В этом коде имеется математическая модель реакторной установки, включая уравнения нейтронной кинетики и теплогидравлики в активной зоне в одномерном и трехмерном приближениях, теплогидравлики в разветвленных контурах первого контура охлаждения установки с учетом моделей элементов оборудования и арматуры. Рассчитываемые характеристики: мощность, одномерное распределение температур элементов активной зоны (топливо, оболочка ТВЭЛА, теплоноситель), распределение температур, давлений, расходов по расчетным участкам первого контура.

Код PRISET (Ю.А. Долгов, В.В. Тюков, С.Н. Тимофеев) используется с 2000 г., верифицирован (в модификациях) под различные реакторные установки (исследовательские реакторы, РУ для космической ЯЭДУ, РУ специального назначения). Его модификация применительно к реактору БРЕСТ (PRISET-БРЕСТ) используется для обоснования проектных решений ректора БРЕСТ-ОД в плане исследования его динамики и безопасности.

Программа DINA

Трехмерная программа DINA (коллектив под научным руководством Л.Н. Подлазова) предназначена для стационарного и динамического расчетов пространственной нейтронной кинетики в многогрупповом диффузионном приближении. Рассчитываемые характеристики: 3D-поле энерговыделения, K_g , K_z , интегральная мощность, температурные обратные связи. Область применения – программный модуль в полномасштабных расчетных комплексах

или проведение автономных расчетов. Используется в комплексных программах с 1994 г.

Одна из модификаций кода DINA (DINA-BREST) обеспечивает стационарный и нестационарный расчеты реактора БРЕСТ в многогрупповом диффузионном приближении. В коде заложен метод решения нестационарного уравнения переноса нейтронов с учетом запаздывающих нейтронов и обратных связей, разработаны и интегрированы в нейтронно-кинетический код модули, реализующие моделирование показаний датчиков системы контроля и расчета параметров и характеристик, важных для безопасности, по которым установлены проектные пределы безопасной эксплуатации. Рассчитываемые характеристики: 3D-поле энерговыделения, K_g , K_z , коэффициенты реактивности, интегральная мощность. Применяется в обоснование проекта БРЕСТ-ОД, в данной модификации (гексагональная геометрия) используется с 2009 г. (Ю.А. Долгов, В.В. Тюков, А.Г. Муратов, Е.Н. Данилова, Ф.Ю. Кашеваров).

Расчетный комплекс DINAR

Развитием кода DINA является полномасштабный динамически связанный нейтронно-физический и теплогидравлический программный расчетный комплекс DINAR. В состав комплекса входят коды DINA-БРЕСТ и PRISET-БРЕСТ. Рассчитываемые характеристики: 3-мерное распределение энерговыделения, температуры элементов активной зоны и теплоносителя, распределения температур, давления, расходов по расчетным участкам первого контура. Используется для обоснования проектных решений реактора БРЕСТ-ОД в плане исследования динамики и безопасности РУ.

Расчетный комплекс DINA-РБМК

Этот комплекс создан (коллектив под руководством В.Н. Васекина) для нестационарного расчета реактора типа РБМК в 2-групповом диффузионном приближении. Рассчитываемые характеристики: трехмерное поле энерговыделения, K_g , K_z , ОЗР, коэффициенты реактивности, интегральная мощность. Код используется с 2000 г., впоследствии неоднократно модифицировался, верифицирован. Используется для научных исследований, формирований прогнозов, расчета важных для безопасности характеристик в штатных и переходных режимах на реакторной установке РБМК.

Код MODUS_cipher_model

Код MODUS_cipher_model является цифровой моделью реакторной установки как объекта управления и разработан в качестве составной части стенда для проведения испытаний опытно-поставочных образцов модернизированной системы СУЗ «Модус-М». Математическая модель объекта управления описывает следующие группы динамических процессов в реакторе: динамику нейтронно-физических процессов в активной зоне реактора, теплогидравлические процессы в активной зоне, процессы переноса тепла в парогенераторе и в тракте циркуляции теплоносителя первого контура в целом. В цифровой модели изделия ЯЭУ реализован режим реального времени. Осуществляется моделирование всего спектра штатных эксплуатационных режимов, включая пусковые режимы,

режимы разогрева, расхолаживания и энергетические режимы с маневром мощности и изменением расхода теплоносителя и питательной воды. Реализована технология сопряжения цифровой модели с реальной аппаратурой стенда испытаний системы СУЗ «Модус-М». Код верифицирован и испытан в работе с реальной аппаратурой (В.И. Грачев, А.Г. Муратов, А.Д. Ярочкин).

Комплексный код U_STACK

Этот интегральный код позволяет с приемлемой точностью рассчитать поведение графитовой кладки реактора РБМК при разрыве одного или нескольких топливных каналов в реакторном пространстве. При этом прочностные характеристики труб окружения рассчитываются кодом U_STACK (коллектив под научным руководством О.Ю. Новосельского) в каждый момент времени динамического процесса. Код верифицирован на результатах нескольких экспериментальных исследований, в том числе проведенных на стенде СИМТ в НИКИЭТ, методических стендах ТКР-Ф и ТКР-М и полномасштабном стенде ТКР, воспроизводящем модуль реакторной кладки РБМК.

На базе программ PRISET и DINA разработаны полномасштабные расчетные комплексы MOUNT для быстрого реактора со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-300 и СМАРАГД для промышленного реактора «Руслан». Использование этих расчетных комплексов позволило оптимизировать характеристики оборудования, провести исследования переходных и аварийных режимов с учетом работы систем автоматического управления и защиты и обосновать безопасность эксплуатации реакторных установок (Ю.А. Долгов, С.Н. Тимофеев).

С использованием представленных выше программных средств были проведены работы по модернизации исследовательского реактора ИБР-2, по обоснованию конструкции и физического пуска нового исследовательского реактора ПИК. Выполнен ряд расчетов по разработке активной зоны ядерной энергетической установки мегаваттного класса для космического транспортно-энергетического модуля, ведутся работы по проектированию многоцелевого исследовательского реактора МБИР, а также выполняются расчетные исследования по ряду иных проектируемых реакторных систем.

4.11. Комплексные системы контроля, управления и защиты реакторных установок

Оставаясь верным своей концепции комплексного подхода к формированию структуры нового института, Николай Антонович Доллежал принял на работу сотрудников ОКБ-12, которые работали по «урановой проблеме» с «Гидросектором» НИИхиммаша.

Эти специалисты и явились основой для создания специализированных отделов нового института, которые занимались вопросами контроля и управления ядерными установками. Возглавил в НИКИЭТ это направление Иван Яковлевич Емельянов, переведенный из ОКБ-12. Вместе с ним перешли работать в новый институт А.Г. Филиппов, С.Л. Уманская и др.

26 декабря 1953 г. был организован специализированный отдел для создания систем контроля и управления реакторных установок, разрабатываемых в НИКИЭТ. Начальником отдела, получившего № 8, с 1 января 1954 г. был назначен Н.Ф. Яцкевич, а с 11 сентября 1954 г. отдел возглавил А.Г. Филиппов. В 1987 г. начальником отдела № 8 стал В.В. Кондратьев.

Комплекс работ, проводимых отделом № 8, был очень разнообразен. Отдел занимался датчиками контроля физических и теплотехнических параметров реактора, приводами в системах управления и защиты, электронной аппаратурой контроля и управления, диагностическими системами состояния реакторного оборудования. Без привлечения сторонних специализированных организаций выполнить такой большой комплекс работ было невозможно. Продолжалась специализация и в рамках института, по мере появления молодых специалистов и специалистов высокой квалификации из других институтов, проектных организаций и заводов.

В феврале 1957 г. на базе отделов № 8 и № 22 приказом по институту в составе конструкторского сектора был организован отдел № 10. Начальником отдела стал Д.Н. Попов, а его заместителем – В.В. Вазингер. С 1976 по 2011 гг. начальником отдела являлся Б.В. Лысков. С 1961 по 1993 гг. заместителем начальника отдела работал В.А. Андреев. «Костяк» нового отдела составили квалифицированные специалисты из отделов №№ 8 и 22: Л.Ф. Громов, Ю.А. Иванов, И.И. Гайдар, Л.К. Киселев, М.Е. Бардюков, А.Д. Ярочкин, Е.К. Щеголева, А.А. Соколова, В.В. Матросов, М.И. Домчев и др. Уже к июлю 1957 г. были сформированы конструкторское бюро, лаборатория, проектная группа и бюро контрольно-измерительных приборов, в которых работали опытные сотрудники и молодые специалисты. При лаборатории функционировала экспериментальная производственная мастерская. Основной тематикой отдела № 10 являлась разработка теплотехнических приборов контроля и управления реакторными установками и экспериментальными стендами, создаваемыми в институте для отработки технологического оборудования и систем управления реакторов. Позднее в отделе № 10 начались работы по диагностике реакторных установок. Была создана соответствующая лаборатория, которую возглавил Б.П. Стрелков. В 1994 г. эта лаборатория была переведена в отдел главного конструктора РБМК, а в 1997 г. преобразована в Инженерный центр диагностики (ИЦД НИКИЭТ).

С 1956 г. в НИКИЭТ образовались подразделения, обеспечивающие полный цикл создания приборов для управления и защиты реакторов: макетирование и экспериментальную отработку, разработку принципиальных схем и полного комплекта конструкторской документации, изготовление, наладку, промышленные испытания опытных образцов и изготовление поставочных образцов.

В апреле 1956 г. в НИКИЭТ пришла большая группа молодых специалистов, выпускников МИФИ и МЭИ, в число которых входили М.А. Егорова, А.С. Еремин, Л.А. Санталов, В.П. Смирнов, Е.А. Старостин, Н.Г. Челинцев, В.И. Шубин и др., большая часть которых стала заниматься разработкой приборов для систем управления и защиты (СУЗ) реакторов в составе группы под руководством С.Л. Уманской, уже имевшей опыт практической работы по созданию и внедрению подобных изделий на промышленных реакторах.

В 1958 г. из отдела № 8 выделился отдел № 25, начальником которого был назначен Е.В. Можаров, ранее бывший заместителем начальника отдела № 8. Под руководством Е.В. Можарова отдел работал до 31 декабря 1975 г.; затем начальником отдела стал В.И. Шубин. С ноября 1998 г. и по настоящее время начальником отдела № 25 (ныне 314) является С.Б. Николаев. Основным назначением отдела является разработка аппаратуры контроля, управления и защиты реакторных установок.

Изучением динамических характеристик ядерных установок занимались физики, работавшие в НИИ-8. Специалисты этого направления и составили отдел № 14, который был организован в феврале 1960 г. на базе отделов №№ 5 и 25. Начальником отдела был назначен П.А. Гаврилов. В отдел № 14 из отдела № 5 были переведены 22 сотрудника, а из отдела № 25 – 8 сотрудников. Основными задачами отдела № 14 стали теоретические исследования комплексных явлений, происходящих в установках, а также вычислительные и моделирующие работы.

В 1968 г. в связи с расширением круга задач из состава отдела № 14 был выделен отдел № 28, на который возлагалась задача организации вычислительного центра и создания автоматизированных систем управления институтом. Возглавил отдел № 28 Е.А. Старостин, а общее число сотрудников отдела составило 25 человек.

Позднее, в связи с увеличением в отделе № 14 объема работ по созданию компьютерных управляющих систем для ядерных энергетических установок, было решено сконцентрировать усилия на этом направлении, организовав самостоятельный отдел для работ по динамике ядерных энергетических установок. В развитие этого решения в октябре 1984 г. на базе лабораторий №№ 141 и 142 был образован отдел № 13 во главе с Владиславом Сергеевичем Степиным.

Для улучшения координации и концентрации работ по созданию систем автоматизации ядерных энергетических установок 16 ноября 1987 г. на базе отделов №№ 8, 10, 14 и 25 приказом директора НИКИЭТ Е.О. Адамова было образовано Отделение управления, контроля и диагностики, директором которого стал М.Н. Михайлов с одновременным исполнением обязанностей начальника отдела № 14. В качестве основных задач отделения были определены: разработка, внедрение и авторский надзор за эксплуатацией комплексных автоматизированных систем управления, контроля и диагностики для объектов, разработанных НИКИЭТ. В приказе было также отмечено, что создание систем управления, контроля и диагностики должно осуществляться в соответствии с современными требованиями к научно-техническому уровню разработок и обеспечению безопасности реакторных установок, применять новейшие методы и средства разработки и проектирования систем и предусматривать использование перспективной унифицированной элементной и конструктивной базы, а также широкое применение микропроцессорных средств.

Практически с момента официального создания НИИ-8 в институте действовало подразделение, задачей которого было создание систем управления и защиты для всех типов реакторов, разрабатываемых в НИКИЭТ. При этом СУЗ рассматривалась как система в целом, включающая в себя детекторы нейтронного потока (в основном ионизационные камеры), вторичную контрольно-измерительную аппаратуру, устройства формирования исполнительных сигналов и исполнительные механизмы.

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ
ЗНАКАМ

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL
PROPERTY, PATENTS
AND TRADEMARKS



В номинации «100 лучших изобретений России»
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Научно-исследовательский и конструкторский институт
энерготехники имени Н.А. Доллежалея»
за разработку «Способ изготовления слоистого материала»
(патент Российской Федерации № 2267550)



Руководитель

Б.П. Симонов

Диплом в номинации «100 лучших изобретений России»

Специалисты НИКИЭТ участвовали во всех стадиях разработки СУЗ, начиная с технического задания и заканчивая комплексными испытаниями на объектах, вводимых в эксплуатацию, и последующим авторским сопровождением. Создаваемые институтом реакторные установки, как правило, представляют собой уникальные сооружения, имеющие конструктивные особенности и индивидуальные нейтронно-физические характеристики. В связи с этим и СУЗ каждого реактора требует индивидуального подхода и специального оборудования.

Для испытаний опытных образцов элементов СУЗ и комплексных испытаний СУЗ в целом лаборатория В.В. Шевченко была оборудована типовыми электронными приборами СУЗ и аналоговой вычислительной машиной. Были предусмотрены электрические связи с сервоприводами, размещаемыми в соседней лаборатории отдела. При испытаниях, помимо характеристик отдельных элементов оборудования, проверялась работа замкнутой системы автоматического регулирования мощности, в которой кинетика реактора моделировалась на аналоговой вычислительной машине.

Силами лаборатории проводились исследования новых для своего времени принципов действия систем управления. Так, на реакторе АМ Первой в мире АЭС испытывалась работа прибора аварийной защиты по скорости разгона до 10 с (М.И. Вятхо, Н.М. Алексеев, В.В. Шевченко).

На стенде транспортной установки проверялась идея А.П. Александрова о возможности саморегулирования реактора (М.В. Ярош, В.В. Шевченко). Здесь же испытывалась одна из первых систем автоматического вывода реактора на заданную мощность (В.И. Шубин, В.В. Шевченко).

Система автоматического пуска реактора была опробована на одном из промышленных уран-графитовых реакторов. Для нормальной работы системы нейтронный поток заглушенного реактора надо было увеличить. С этой целью в один из технологических каналов в качестве фотонейтронного источника был помещен бериллий (Б.И. Кочетов, Б.А. Сливицкий, В.В. Шевченко).

На большом промышленном уран-графитовом реакторе впервые в стране была опробована в опытном порядке система автоматического выравнивания перекосов энерговыделения, в которой средняя мощность поддерживалась штатным автоматическим регулированием, энерговыделение по зонам выравнивалось по массовым значениям температурных показаний технологических каналов (В.В. Шевченко).

На том же реакторе проведены испытания совместной работы двух регуляторов мощности. По сигналам боковых ИК работал штатный регулятор с периферийными стержнями регулирования. Стержень центрального регулятора управлялся по сигналам безынерционных внутризонных датчиков, расположенных в центральных каналах. По существу, впервые была показана возможность независимой работы автономных зонных регуляторов мощности (сотрудник МИФИ П.Т. Потапенко, В.В. Шевченко).

Работа СУЗ с использованием бесконтактных логических элементов впервые в СССР была опробована и внедрена на реакторе ИВВ-2 (М.В. Ярош, В.П. Потапова).

После пуска реактора РБМК 1-го энергоблока ЛАЭС, когда оказалось, что энергораспределение в пределах активной зоны нестабильно, была в экстренном

порядке разработана и внедрена система локального автоматического регулирования (ЛАР) и локальной аварийной защиты (ЛАЗ), работающая по сигналам внутризонных детекторов. Впоследствии все реакторы типа РБМК были оснащены штатными системами ЛАР-ЛАЗ. На тех же реакторах было применено такое техническое новшество, как автоматическое экстренное снижение мощности в определенных ситуациях до заранее установленного уровня (В.В. Шевченко, В.П. Потапова, С.Г. Ухаров).

Важным направлением всегда было создание приводов и исполнительных механизмов СУЗ. Приводы СУЗ для первой атомной подводной лодки разрабатывало ОКБ-12 под непосредственным руководством С.А. Франкштейна. В НИКИЭТ разработка приводов СУЗ для транспортных установок началась в 1956 г. под руководством начальника отдела № 2 П.А. Деленса.

В 1956–1957 гг. отдел № 2 был разделен на несколько самостоятельных. Конструирование приводов было поручено отделу № 8. Руководил группой В.К. Зверев. После В.К. Зверева группу возглавил А.К. Бялко.

До этого группа В.К. Зверева разрабатывала приводы для аппарата СМ-2. В приводах для СМ-2 начальником лаборатории В.П. Перфильевым был впервые предложен герметичный шаговый электродвигатель, получивший впоследствии широкое распространение в приводах транспортных установок. Для этих же приводов была применена шариковинтовая пара (ШВП) нержавеющей стали, конструкцию которой разработал В.А. Алексеев. Конструкция ШВП оказалась настолько совершенной, что применяется до настоящего времени без существенных изменений. Очень трудоемким оказался выбор материала винта и гайки ШВП. После долгих поисков и экспериментов в качестве материала для ШВП был выбран специальный сплав, который был применен для всех ШВП приводов транспортных паропроизводящих установок, разработанных в институте. Выбор сплава осуществлен благодаря настойчивости и целеустремленности В.К. Зверева.

В проекте «Золотая рыбка» впервые для автоматического регулирования (АР) использовался привод КГ, что позволило исключить привод АР и тем самым уменьшить количество приводов и повысить надежность паропроизводящей установки. Для привода КГ по предложению В.П. Перфильева был разработан и изготовлен линейный датчик положения КГ, выполненный на дросселях насыщения, благодаря чему привод КГ (особенно центральный) получился очень компактным. Для привода аварийной защиты также В.П. Перфильевым был предложен линейный асинхронный трехфазный двигатель. Конструкцию этого привода разработали Н.В. Уласевич и В.А. Алексеев.

Приводы проекта «Золотая рыбка» были изготовлены в опытном производстве НИКИЭТ и прошли испытания на стендах института в условиях, приближенных к реальным. Конструкторская документация была передана на Ленинградский металлический завод, который изготовил комплект поставочных приводов.

Параллельно работам над приводами проекта «Золотая рыбка» началась разработка приводов для реактора ВАУ-6. В приводе КР для ВАУ-6 была применена ШВП, размещенная внутри реактора, что потребовало очень больших экспериментальных работ по обеспечению работоспособности ШВП и шарикоподшипников. В этом приводе для передачи вращения в среду под

давлением было применено сальниковое уплотнение, что позволило выполнить все узлы привода в обычном, не «погружном» исполнении. Конструкцию привода разработали Г.П. Смирнов, Ю.П. Волков и В.А. Алексеев. Привод АЗ тросового типа разработал И.Ф. Григорьев.

Очень большой объем работ по выпуску конструкторской документации для реакторов СМ-2, В-5, ВАУ-6 и последующих установок выполнили инженеры-конструкторы Н.И. Барсукова, В.С. Левтеев, Н.Е. Панина, В.Д. Смирнов и Н.В. Уласевич. Установки В-5 и ВАУ-6 отработали весь положенный ресурс на военно-морском флоте. Неисправностей в приводах СУЗ за все время эксплуатации не было.

Для последующих установок были выбраны приводы реечного типа. Приводы КГ (центральный и периферийный) были разработаны Г.П. Смирновым и Ю.П. Волковым. Привод АЗ разработали В.Д. Смирнов и И.Ф. Григорьев.

Дальнейшим развитием приводов СУЗ транспортных установок явились приводы, выполняющие функции компенсации и аварийной защиты (приводы КГ-АЗ). Предложение о создании привода такого типа было выдвинуто группой сотрудников в составе В.А. Алексеева, А.К. Бялко, Ю.П. Волкова, В.К. Зверева и А.Г. Филиппова. На указанный тип привода было оформлено авторское свидетельство.

Опытные образцы приводов были изготовлены на нашем предприятии и успешно прошли предварительные и межведомственные испытания. Изготовленные штатные приводы были поставлены на Адмиралтейский завод (г. Ленинград). Монтаж приводов осуществлялся под авторским надзором сотрудников отдела № 8, в связи с чем надо отметить хорошую работу В.А. Алексеева и Ю.П. Волкова.

Разработкой приводов СУЗ для исследовательских и энергетических реакторов занималась группа В.А. Суроегина, из которой выделилась вторая конструкторская группа с руководителем В.В. Воскобойниковым.

С середины 1950-х по 1960-е гг. разрабатывались исполнительные механизмы для Белоярской АЭС и реактора РВД. Эти работы были выполнены Б.А. Поляковым и И.Н. Деминым. Большую работу они провели также при наладке и пуске разработанных ими механизмов непосредственно на реакторах.

В группе В.В. Воскобойникова тогда же был создан привод, работающий в режимах аварийной защиты, компенсации и автоматического регулирования. Этот привод, разработанный для промышленных уран-графитовых реакторов, послужил в дальнейшем базой для создания приводов СУЗ практически всех исследовательских реакторов (МИР, ИР-50, ИВВ и др.). Огромную работу здесь выполнили А.Н. Колябин, а также В.В. Виноградов, Ю.И. Тимофеев, Ю.В. Чельшев, А.М. Подолов, Б.С. Червяков.

В конце 1950-х и начале 1960-х гг. в связи с модернизацией промышленных уран-графитовых реакторов была разработана новая конструкция подвески ИК. Эта конструкция была экспериментально отработана на химкомбинате «Маяк», а затем на ГМЗ был освоен промышленный выпуск таких изделий. Подвесками такого типа были оснащены все ПУГР. Эта разработка послужила также основой для создания подвесок ИК исследовательских реакторов и некоторых транспортных установок. Здесь надо отметить Ю.И. Тимофеева, А.Н. Зинкина, И.П. Куликова.

Во всех вышеперечисленных работах активное участие принимали работники лаборатории В.П. Перфильева – А.С. Ходасевич, Н.В. Трубникова, А.В. Кольцов.

В 1970-х гг. в группе В.В. Воскобойникова была создана уникальная конструкция привода для реактора «Руслан». Отработка его узлов проводилась в лаборатории В.П. Перфильева.

С 1970-х по 1980-е гг. на основе накопленного опыта по разработке и расчету шаговых электродвигателей был создан ряд приводов для работы под давлением 1-го контура, в частности для реакторов СМ-3, ИВГ, ПИК и транспортных установок.

Стремлением избежать выпуска отдельной модификации привода для каждого конкретного реактора было обусловлено создание универсального малогабаритного привода СУЗ, построенного на основе линейного шагового двигателя с продольным магнитным полем. Такая конструкция была разработана в 1980-х гг. в группе А.Н. Зинкина специалистами Н.И. Галышевым, А.Ф. Линевой, А.Н. Бакушиным и является базовой для различных модификаций приводов исследовательских реакторов. Использование принципа устройства ШД с продольным магнитным полем легло в основу разработки нового привода для установки ВК-300 А.Л. Трофимовым в 2005 г.

В последние годы выполнены большие работы по модернизации исполнительных механизмов СУЗ реакторов РБМК. Под руководством О.П. Мельникова и при участии И.Н. Демина и М.Ю. Кудрявцева разработаны и испытаны сервоприводы нескольких типов (аварийной защиты, ручного регулирования, укороченных стержней-поглотителей), разработана принципиально новая конструкция рабочего органа СУЗ – кластерный регулирующий орган, а также проведен комплекс работ по ее отработке и внедрению на всех АЭС.

При создании первого промышленного реактора система управления реакторной установкой разрабатывалась одновременно с конструкцией реактора. Специальных промышленных датчиков, приводов, приборов контроля и управления цепной реакцией в реакторе еще не существовало. Необходимые средства для управления реактором создавались в процессе разработки реакторной установки. Существовавший парк приборов по основным техническим характеристикам – ресурсу, надежности, инерционности и другим показателям – оставлял желать лучшего. Поэтому была выбрана стратегическая линия для создания реакторных датчиков, которая заключалась в следующем: основные теплотехнические и физические параметры ядерного реактора надо измерять непосредственно в его активной зоне. Начало этой работы в 1960-х гг. связано с модернизацией системы контроля температуры теплоносителя на выходе из технологических каналов на промышленных реакторах.

В дальнейшем номенклатура создаваемых в отделе № 10 средств контроля и управления реакторными установками значительно расширилась.

Была разработана конструкция малогабаритной (менее 1 мм в сечении) микротермопары ТМ-2 для оснащения ТК промышленных аппаратов. После изготовления опытных партий термопар на комбинате «Маяк» была смонтирована и прошла промышленные испытания система контроля температуры «Т» на

реакторе «А», позволяющая продлить срок эксплуатации реактора. Совместно с Ленинградским институтом химии силикатов АН СССР были разработаны и внедрены в промышленность композиционные радиационно стойкие кремнийорганические соединения, работающие в условиях активной зоны реактора.

Усилиями НИКИЭТ и ВНИИ кабельной промышленности были созданы различные типы радиационно стойких кабелей с магнезиальной изоляцией в металлической оболочке для изготовления датчиков физического и технологического контроля (температуры, уровня, энерговыделения) и прокладки линий связи от датчиков к измерительным системам.

Совместно с отделом сварки института и ВНИИметмаш создавались принципиально новые высокопроизводительные станы для холодной прокатки радиационно стойкого кабеля. Для изготовления специальных радиационно стойких кабелей на заводе «Кирскабель» было организовано серийное производство. На базе новых кабелей типа КТМС (ХА) были разработаны датчики для системы контроля температуры промышленных аппаратов, устанавливаемые непосредственно на выходе из ТК реакторов АВ и АД (система «КТ»).

Впервые были разработаны и оригинальные многозонные датчики контроля температуры графитовой кладки реактора. Разработка была запатентована в семи странах. В этих работах участвовали Б.В. Лысков, В.К. Прозоров, Ю.Н. Шабанов, А.Ф. Шакшанов, Т.Н. Емолаки, Ю.В. Рыбаков, В.И. Донецкий, В.А. Алещенко и др.

Специальные кабели с магнезиальной изоляцией, помимо атомной промышленности, нашли широкое применение во многих других отраслях.

Для обеспечения потребностей экспериментальной стендовой базы института в нестандартных средствах контроля и управления основными технологическими параметрами в НИКИЭТ была создана группа по разработке малоинерционных первичных преобразователей температуры, давления, перепада давления, расхода и уровня. Руководство этой группой поручили Б.В. Лыскову. В состав группы вошли опытные специалисты отдела Ю.Н. Шабанов, Н.А. Уланов, А.Ф. Шакшанов, И.Л. Белов, Н.Н. Николаева. Активное участие в работах принимали талантливые производственники мастерской отдела М.П. Полетаев, Б.Н. Егоров, Н.Г. Петров, М.И. Смирнов и др.

В 1966 г. НИКИЭТ как организации главного конструктора была поручена разработка проекта АЭС с канальным реактором электрической мощностью 1000 МВт (РБМК-1000). Для нового реактора требовались и новые подходы к контролю и управлению. Поэтому была поставлена непростая задача – организовать разработку и промышленное производство совершенно новых средств теплотехнического, технологического и физического контроля ядерной установки, способных длительное время безотказно функционировать в условиях активной зоны реактора.

При создании реактора РБМК-1000 были разработаны и внедрены новые приборы контроля расхода (расходомеры ШТОРМ), специальные датчики температуры и физического контроля, датчики и системы контроля целостности технологических каналов. В этих работах активно участвовали Л.Ф. Громов, В.К. Орлов. Группа В.П. Степанова разрабатывала средства диагностики

реакторных установок и курировала разработку ВНИИЭМ – систему централизованного контроля «СКАЛА» для реакторов РБМК. Впоследствии работы по диагностике реакторных установок возглавил Б.П. Стрелков. Руководитель группы Б.А. Кузнецов внес значительный вклад в создание средств контроля расхода для реакторных установок, разработанных НИКИЭТ.

И.В. Ковалев возглавил в отделе направление по разработке приборов технологического контроля. Группа под его руководством разработала широкий спектр оригинальных средств контроля расхода, уровня и т.д. для различных реакторных установок.

Значительным этапом в творческой жизни отдела явилась разработка оборудования и средств контроля для установок ВАУ-6с и ВАУ-6. Разработка и участие в испытаниях установок ВАУ-6с и ВАУ-6 стали хорошей школой для многих ведущих сотрудников отдела – В.П. Степанова, В.К. Зайцева, С.П. Безменова, С.А. Соловьева и др.

Очень много оригинальных работ для технологического контроля реакторных установок было выполнено И.И. Гайдаром, В.К. Прозоровым, В.И. Донецким, П.А. Дьяковым, Н.С. Лаврухиным, Л.Ф. Громовым, И.В. Ковалевым, С.А. Соловьевым.

Много новых конструкторских проработок, воплощенных в металл, создали конструкторы отдела – С.И. Горшков, А.В. Николаев, В.П. Сизов, В.П. Орлов, В.В. Матросов, Э.С. Зизиков, А.Е. Горшков, М.И. Николаева, Э.В. Фомин и др.

Сотрудники отдела № 10 всегда принимали активное участие в делах института: участвовали в научно-технических конференциях, выступая с докладами, писали статьи в научно-технические журналы. В 1980-е гг. Б.В. Лысов организовывал всесоюзные семинары по метрологии «реакторной термометрии». Специалисты отдела разрабатывали ОСТы и ГОСТы на изделия, созданные в отделе, защитили 4 диссертации, написали 4 книги и выпустили несколько препринтов по температурному и технологическому контролю реакторов. Многие приборы, разработанные в НИКИЭТ, защищены авторскими свидетельствами и патентами. На общесоюзных и международных выставках демонстрировались разработанные в отделе приборы.

Отдел № 10 сделал немало для атомной промышленности нашей страны, не подвел институт и в тяжелое время после чернобыльской аварии. Сотрудники НИКИЭТ, участвуя в ликвидации последствий аварии на АЭС, спроектировали и изготовили систему для контроля температуры плиты, которую должны были «подводить» под реактор, оснастили датчиками контроля, линиями связи и приборами температурного и физического контроля специально изготовленную в Киеве на заводе Антонова «крышку», которой планировалось закрыть разрушенный реактор. Замеряли температуру на разрушенном реакторе и еще многое другое делали для ЧАЭС сотрудники отдела Б.В. Лысов, А.Ф. Шакшанов, Б.А. Кузнецов, П.А. Дьяков, В.И. Донецкий, В.В. Матросов, В.К. Орлов и др.

Один из первых приборов, разработанных и изготовленных в НИКИЭТ – усилитель аварийной защиты по скорости нарастания мощности в диапазоне токов ионизационных камер от 10-11 до 10-4А. Впервые в отрасли усилитель внедрен в 1960 г. на реакторах химкомбината «Маяк», затем на Сибирском химическом и Горно-химическом комбинатах, положив начало целой серии

приборов, примененных в СУЗ исследовательских и энергетических реакторов. Значительный вклад в это внесли М.И. Вятыхо, Н.М. Алексеев, А.М. Потехин, а впоследствии В.А. Рузанов, Е.Д. Тужилов и Б.С. Сливицкий, работа которого легла в основу его кандидатской диссертации.

На основе логарифмирующих устройств разрабатывались приборы управления пуском реакторной установки. Один из таких приборов, разработанный Н.Г. Челинцевым, испытывался в 1959–1960 гг. в реальных условиях на стенде 27ВМ в ФЭИ.

Учитывая нужды промышленности, одной из основных задач НИКИЭТ стала модернизация СУЗ первых реакторов, сопровождаемая переходом на полупроводниковую технику, совершенствованием алгоритмов и повышением уровня автоматизации управления. Все эти разработки сопровождалось широким использованием встроженных схем контроля исправности, что вело к существенному повышению надежности СУЗ в целом и систем аварийной защиты в частности. В разработке и внедрении модернизированных СУЗ активно участвовали А.И. Хлудов, В.И. Шубин и др.

В начале 1960-х гг. на прототипе антарктической установки АРБУС в НИИАР был реализован интересный проект использования в СУЗ приборов, целиком выполненных на магнитных усилителях, полный цикл изготовления которых был освоен в производстве НИКИЭТ. Применение магнитных усилителей существенно повысило надежность и долговечность приборов. Ведущими исполнителями этой работы были Г.Н. Горбачев, Л.Н. Лаптев, В.И. Шубин.

В 1960-х гг. в НИИАР был внедрен комплекс приборов СУЗ на новом исследовательском реакторе МИР, где активно проявил себя В.В. Малов. В этот же период приборы, разработанные в отделе, были внедрены на других исследовательских реакторах (ИР-50, РГ-1, ИВВ-2).

Одним из важных направлений было создание технических средств для управления шаговыми двигателями, которые разрабатывались в институте для приводов регулирующих стержней реакторов различных типов, например для установки 300. В СУЗ установки «Руслан» (1979 г.) использованы приводы с линейными шаговыми двигателями, каждый из которых имеет индивидуальный блок управления, в СУЗ реактора ИБР-2 (1977 г.) использован шаговый двигатель в приводе автоматического регулятора. В этих работах основными исполнителями были Н.М. Лукин, З.Н. Осадченко, В.Н. Шкарин, В.И. Шубин.

В конце 1960-х гг. начались работы, которые на долгое время определили основное направление производственной деятельности отдела: создание системы управления и защиты реактора РБМК. Применительно к первому (головному) энергоблоку Ленинградской АЭС (пуск в 1973 г.) был разработан комплекс, имеющий единое конструктивное исполнение, единую элементную базу, близкие схемотехнические решения, но гораздо более обширный по номенклатуре, чем используемые ранее. Это было связано прежде всего с резервированием и автоматическим контролем исправности каналов аварийной защиты, с разветвленной схемой регулирования, с внедрением режимов автоматического снижения мощности до безопасных уровней при нарушениях нормальных условий эксплуатации. С учетом значительных геометрических размеров реактора была разработана многоканальная система контроля распределения

нейтронного потока по высоте и радиусу активной зоны с использованием сигналов внутриреакторных датчиков. Разработкой основных элементов и внедрением приборов на ЛАЭС занимались В.Н. Болтинский, В.Я. Гурович, Н.Н. Игнатенко, А.Н. Карцев, Е.Д. Тужилов, Б.П. Фролов.

После пуска реактора и исследований его характеристик выявилась необходимость разработки дополнительной системы локальных автоматических регуляторов и каналов локальной аварийной защиты. Применение принципиально новых схемных решений и переход на модульный принцип компоновки позволили реализовать систему ЛАР-ЛАЗ в двух стандартных приборных стойках. После внедрения опытного образца на 1-м энергоблоке Ленинградской АЭС были изготовлены еще 7 комплектов, внедренных на других энергоблоках с РБМК-1000. В разработке и внедрении аппаратуры ЛАР-ЛАЗ участвовали Н.М. Лукин, В.Н. Шкарин, С.Н. Рыбаков, В.Я. Гурович, С.Б. Николаев. Опыт разработки ЛАР-ЛАЗ был использован при создании аппаратурных комплексов системы управления и защиты и системы контроля распределения энерговыделения для двух энергоблоков Игналинской АЭС и 3-го энергоблока Смоленской АЭС.

В этот же период А.С. Левчук выполнил комплекс теоретических и экспериментальных работ по внедрению импульсного пускового канала контроля мощности. Результаты работы были представлены в успешно защищенной кандидатской диссертации.

В настоящее время практически все работы выполняются с использованием программного пакета AutoCAD-2000. Сотрудники КБ, помимо основной деятельности, принимали участие в становлении опытного производства НИКИЭТ, в создании нормативной базы и технологического обеспечения, в освоении норм и правил, принятых на приборных предприятиях отрасли и зачастую существенно отличающихся от действующих в институте.

Важным направлением работы КБ всегда была разработка печатных плат. Энтузиасты этого направления Л.И. Кравченко и М.П. Рукавишников освоили последовательно несколько версий P-CAD на персональных компьютерах.

В процессе освоения были разработаны базы данных, порядок ведения архива описаний на машинных носителях и нормативные документы, регламентирующие порядок разработки и изготовления печатных плат в институте. В отделе освоен программный пакет PROTEL.

В конце 1980-х гг. началась модернизация системы управления реакторов РБМК с целью приведения ее в соответствие новым нормам и правилам обеспечения ядерной безопасности. В 1991–1994 гг. на реакторах первой очереди Ленинградской АЭС были введены в эксплуатацию модернизированные комплексы СКУЗ-М. В разработанном комплексе более последовательно и широко проведены принципы «троирования» и независимости в основных цепях управления и защиты, в каналах аварийной защиты реализовано автоматическое изменение порогов срабатывания при изменении текущей мощности, полностью исключены электромеханические узлы из устройств задания уставок мощности и применена специальная схема, исключаяющая влияние на нормальную работу сбоев в отдельных устройствах.

Для 1-го энергоблока Курской АЭС в 2000–2002 гг. была разработана и поставлена аппаратура для двухкомплектной комплексной системы контроля,

управления и защиты. Наряду с традиционной для НИКИЭТ аппаратурой, в составе первого комплекта были разработаны аппаратура аварийной защиты реактора по технологическим параметрам, аппаратура для управления двухмуфтовыми приводами (в цепях системы останова реактора, выполняющей функции аварийной защиты), для гальванической развязки цепей информационных сигналов от цепей регулирования и защиты, а также для передачи информации в локальные сети. В аппаратуре широко применены элементы вычислительной техники (в т.ч. промышленные компьютеры), новый конструктив (фирмы Rittal), новая номенклатура электрорадиоэлементов и соединителей.

На разных этапах модернизации ведущими исполнителями по своим направлениям создания аппаратуры были С.Б. Николаев, В.Н. Болтинский, В.Н. Шкарин, А.Н. Карцев, Е.Д. Тужилов, С.В. Скакунова, В.И. Гудков. Нельзя не отметить активное участие специалистов молодого поколения, таких как С.И. Арбузов, С.Н. Сорокин, Д.И. Боровков.

Результаты научно-технической деятельности в данном направлении:

- получено 32 авторских свидетельства СССР и патента Российской Федерации;
- решения по основным принципиальным вопросам опубликованы в сборнике статей «Вопросы атомной науки и техники» и представлены в материалах научно-технических конференций;
- разработки отдела представлялись в экспозиции павильона «Атомная энергия» и отмечались медалями ВДНХ;
- разработка приборов повышенной надежности для контроля специальных технологических процессов, выполненная совместно с другими предприятиями отрасли, отмечена Государственной премией СССР за 1973 г.;
- участие сотрудников НИКИЭТ в создании объектов атомной энергетики отмечено правительственными наградами.

Одной из важных разработок 1968–1976 гг. была система автоматизации установки 300, которая завершилась успешным внедрением. Среди участников этой работы следует отметить Е.Н. Горюнову, Ю.А. Долгова, М.Н. Михайлова, Т.Р. Неймановой, Н.А. Сазонова, А.Г. Тропольского, В.В. Чигарева, А.Д. Ярочкина.

На первой очереди Ленинградской АЭС с 1976 по 1981 гг. создавался экспериментально-измерительный комплекс на базе двух вычислительных машин типа М 6000. Система была сдана в эксплуатацию в мае 1981 г. В этой работе основными участниками от отдела № 14 были А.Н. Алексаков, В.В. Захарова, М.Н. Михайлов, В.Д. Рогова, Н.А. Сазонов, В.И. Ширнин.

Около 1980 г. интенсивно развернулись работы по созданию информационно-вычислительной системы (ИВС) ТИТАН для Игналинской АЭС. Одним из кардинальных событий стало решение Минсредмаша в конце сентября 1983 г., т.е. за 3 месяца до планируемого пуска 1-го энергоблока Игналинской АЭС, о возложении на НИКИЭТ функций головного разработчика программного обеспечения реакторной части ИВС ТИТАН. Задача была успешно решена специалистами нескольких отделов НИКИЭТ. Нужно особо отметить в этой

работе большой вклад А.И. Горелова, М.Н. Михайлова, Ю.Б. Нуштаева, Н.А. Сазонова, А.М. Сарычева, В.И. Ширнина.

В период интенсивного внедрения средств вычислительной техники в области управления технологическими процессами энергетических объектов работниками НИКИЭТ выполнялись работы по следующим основным направлениям:

- внедрение программно-технических комплексов для автономных систем, связанных с обеспечением безопасности энергоблоков АЭС с РБМК-1000;
- внедрение распределенных компьютерных систем, представляющих собой интегрированные системы автоматизации, создаваемые на базе локальных вычислительных сетей.

Внедрение программно-технических комплексов и компьютерных систем предусматривало реализацию полного цикла разработки, автономной и комплексной наладки на специально созданных стендах и полигонах, а также непосредственно на объекте внедрения. Для некоторых компьютерных систем, внедренных на объектах, в отделе было разработано и изготовлено наиболее ответственное оборудование, требующее особых характеристик функционирования.

Для обеспечения качественного электроснабжения аппаратуры программно-технических комплексов и компьютерных систем на объекте в отделе освоены и успешно функционируют следующие дополнительные к основной тематике направления:

- разработка и внедрение комплексных систем автономного электроснабжения (систем бесперебойного электроснабжения – БЭС);
- разработка, изготовление отдельной аппаратуры СВТ и низковольтных комплектных устройств.

С 1995 г. отделом № 14 разработаны и внедрены следующие системы, которые могут быть отнесены к классу распределенных информационно-вычислительных систем:

- системы представления параметров безопасности на Курской и Чернобыльской АЭС;
- компьютерные системы верхнего уровня на энергоблоках второй очереди Ленинградской АЭС;
- комплекс вывода информации в составе комплексной системы контроля управления и защиты реактора;
- комплекс вывода информации в составе управляющих систем безопасности технологических систем безопасности;
- локальная сеть верхнего уровня в составе автоматизированной системы контроля и управления установки ЛФ-2 на ПО «Маяк».

Большой вклад в работу НИКИЭТ по данным направлениям внесли М.Н. Михайлов, А.И. Горелов, Ю.Г. Юркевич, В.Г. Назарян, В.С. Лаврухин, В.А. Прошин, Р.М. Рябов, С.В. Васильев, Т.В. Чернова и др.

Бюро разработки программного обеспечения под руководством В.Е. Голованева разработало комплекс распределенных средств сетевой обработки (КРОСС) – программный комплекс, предназначенный для создания на его основе автоматизированных систем контроля и управления технологическими

процессами, программно-технических комплексов вывода информации, устройств комплексной функциональной проверки оборудования. Программное обеспечение КРОСС имеет модульную, конфигурируемую структуру и развитые инструментальные средства разработки. На основе КРОСС была разработана и внедрена система ВИ для КСКУЗ энергоблоков АЭС с РБМК-1000. В 2011 г. были завершены разработка и внедрение АСКУ установки ЛФ-2 на комбинате «Маяк» также на основе программного обеспечения КРОСС.

Сотрудники бюро разработки программного обеспечения (Ф.И. Баум, К.В. Кораблев, Д.Б. Санарин, А.А. Трифонов) разработали новую технологию и инструментальные средства для программирования систем, важных для безопасности, соответствующие современным тенденциям разработки подобных систем. При помощи этих инструментов было разработано и внедрено в 2011 г. на 1-м энергоблоке Смоленской АЭС программное обеспечение для 1 комплекта СКУЗ.

В 1989 г. был разработан и утвержден министром среднего машиностроения Л.Д. Рябевым документ «Комплексная автоматизация ядерных объектов разработки НИКИЭТ (предложения по организации)», в котором на основе анализа отечественного и зарубежного опыта сформулированы следующие основные положения:

1. На предприятие главного конструктора реакторных установок необходимо возложить функции главного конструктора по комплексной автоматизации ядерных объектов, разрабатываемых данным предприятием.

2. Проблема комплексной автоматизации ядерных объектов может быть успешно решена только путем организации сквозного автоматизированного (основанного на новейших средствах и технологиях) процесса проектирования, изготовления, автономных и комплексных испытаний с выпуском всей необходимой документации.

В последующие годы поэтапно проводилась реализация сформулированных предложений. Наиболее значимые результаты по созданию комплексных систем:

– внедрение в 1993–1996 гг. модернизированной системы контроля, управления и защиты (СКУЗ-М) на первой очереди Ленинградской АЭС и создание стенда для отработки и испытаний опытного образца системы, а также для последующего авторского сопровождения эксплуатации на АЭС (С.Г. Ухаров, В.П. Потапова, В.Л. Чернов, А.М. Фомин и др.);

– создание автоматизированной системы разработки документации и контроля связей между всеми устройствами СКУЗ-М (база данных и программный комплекс АТЛАНТ), ориентированной как на этап проектирования, так и на сопровождение при последующей эксплуатации СКУЗ-М (Е.Б. Патрин, В.П. Потапова);

– разработка и внедрение в 1997–1999 гг. на 2-м энергоблоке Курской АЭС и 3-м энергоблоке Чернобыльской АЭС системы представления параметров безопасности, а также разработка и внедрение в 2000 г. компьютерной системы блока на 3-м и 4-м энергоблоках Ленинградской АЭС, реализованных на базе программно-технических средств разработки американской фирмы Westinghouse (А.И. Горелов, Ю.Г. Юркевич, В.Г. Назарян, В.Е. Голованев, Р.М. Рябов, С.В. Васильев и др.);

- разработка, изготовление, поставка и внедрение на 1–4-м энергоблоках Курской, 1–4-м Ленинградской и 1-м Смоленской АЭС комплексной системы контроля, управления и защиты, проведенные в 2000–2011 гг. (большой коллектив во главе с С.Г. Ухаровым);

- разработка, изготовление, поставка и внедрение на 2–4-м энергоблоках Курской, 1–4-м Ленинградской и 1-м Смоленской АЭС программно-технического комплекса управляющих систем безопасности для технологических систем (ПТК УСБ-Т), проведенные в 2000–2011 гг. (С.В. Васильев и др.);

- разработка, изготовление, поставка и внедрение на энергоблоках Курской, Ленинградской и Смоленской АЭС систем бесперебойного электроснабжения для КСКУЗ и ПТК УСБ-Т, проведенные в 2000–2011 гг. (Р.М. Рябов, Т.В. Чернова и др.).

Ключевой системой комплекса управляющих систем, созданных за последние годы в профильном отделении НИКИЭТ, является КСКУЗ, которая принята в качестве базовой для модернизируемых реакторов РБМК.

Программно-технический комплекс управляющих систем безопасности для технологических систем базируется на тех же технических и программных средствах, что и КСКУЗ. В качестве обеспечивающих используются системы БЭС, поставляемые в комплекте с основными системами.

Внедрение КСКУЗ позволяет обеспечить надежную и безопасную эксплуатацию реакторов РБМК до выработки ими ресурса с соответствием требованиям нормативно-технической документации России и нормам МАГАТЭ по безопасности, в том числе и требованиям, связанным с отказами по общей причине.

Важно отметить, что создан стенд-полигон, который предназначен для проведения межведомственных испытаний оборудования опытных образцов, функциональных испытаний поставочных образцов и использования для авторского сопровождения систем в течение всей их жизни на АЭС.

Отметим наиболее существенные достижения за последние годы.

Важнейшим является предложенный и обоснованный в 2008 г. применительно к энергоблокам Смоленской АЭС переход на микропроцессоры в обоих комплектах аппаратуры КСКУЗ. До этого в первом комплекте систем контроля, управления и защиты, уже внедренных или внедряемых на восьми энергоблоках Курской и Ленинградской АЭС, использовалась аппаратура, выполненная на базе традиционных электронных элементов, что было оправдано большим опытом использования именно такого вида аппаратуры.

Предложенный вариант был основан на новом опыте, полученном в ходе разработки и эксплуатации микропроцессорных систем, который интегрально оценивался на тот момент примерно в 20 системо-лет (включая и программно-технические комплексы управляющих систем безопасности, а если пересчитать на стойки, то сотни стойко-лет). Он базируется на эволюционном подходе развития КСКУЗ, и имеет ряд значимых преимуществ перед традиционными вариантами.

В 2011 г. система контроля, управления и защиты с двумя микропроцессорными комплектами внедрена на 1-м энергоблоке Смоленской АЭС; все заявленные преимущества подтвердились. Кроме того, в системе использованы



Блочный щит управления

новые защищенные патентом алгоритмы контроля периода (скорости) изменения нейтронной мощности.

Еще одним достижением является создание стенда проверки системы контроля, управления и защиты, позволяющего выполнять подробные исследования работы системы, в том числе анализ возможных инцидентов, а также предназначенного для обучения персонала цеха ТАИ на этапах до внедрения системы и ее последующей эксплуатации на АЭС. Один комплект стенда используется в НИКИЭТ, а другой поставлен на Смоленскую АЭС. На базе алгоритмических, технических и программных решений, реализованных в данном стенде, был создан тренажер «СКУЗ – реактор – ВИУР» (ТСРВ), предназначенный для тренировки операторов реактора до внедрения на Смоленской АЭС полномасштабного тренажера. В составе ТСРВ установлены реальные пульт и щит зоны оператора реактора со штатными органами управления и средствами отображения информации. Этот тренажер был поставлен на Смоленскую АЭС примерно за год до окончания внедрения КСКУЗ и позволил операторам реактора достаточно глубоко изучить и освоить особенности управления при наличии новой системы еще до пуска реактора после модернизации.

Рассмотренные системы автоматизации и оборудование уже внедрены на всех энергоблоках Курской и Ленинградской АЭС и на первом энергоблоке Смоленской АЭС, а для остальных двух энергоблоков Смоленской АЭС внедрение предусмотрено в течение ближайших лет. Внедренные системы прошли международную экспертизу и получили положительное заключение.

Специалисты НИКИЭТ накопили многолетний опыт разработки, изготовления, внедрения и сопровождения эксплуатации управляющих систем и оборудования на АЭС, промышленных, исследовательских и других ядерных энергетических установках. В настоящее время разрабатываются комплексные системы автоматизации для исследовательского реактора МБИР, АЭС с реактором БРЕСТ и некоторых других объектов. Весь полученный опыт и достижения, несомненно, будут востребованы и в других проектах модернизированных и новых реакторных установок.

4.12. Прочностное, водно-химическое и материаловедческое обеспечение проектов НИКИЭТ

Вопросы прочностного, водно-химического, материаловедческого и нормативно-технического обеспечения актуальны при разработке реакторной установки любого назначения. Учитывая это, основатель и первый директор института Николай Антонович Доллежалъ включил в состав конструкторских подразделений специалистов по прочности.

За 5 лет группа прочнистов, которую в 1952 г. возглавила Ольга Анатольевна Шатская и в которую входили Б.П. Папковский, Г.А. Станиславский, Г.И. Гречко и др., стала одним из самых многочисленных отделов НИКИЭТ в составе 7 лабораторий (5 лабораторий прочности, возглавляемых А.А. Цветаевым, Б.В. Серебренниковым, Б.И. Тараториным, И.Г. Коровянским, М.И. Егоровым; лаборатория поглощающих материалов – Р.В. Гребенников; лаборатория материаловедения и коррозии – И.С. Лупаков). В декабре 1960 г. из отдела № 23 выделился отдел № 21 (материаловедения) в составе 5 лабораторий: материаловедения и термической обработки – И.С. Лупаков; металлургии и поглощающих материалов – Р.В. Гребенников; неметаллических материалов – В.С. Казаков; аналитической химии – Н.И. Родионова; коррозии – В.В. Герасимов. На базе последней в 1975 г. был организован отдел № 34 (отдел коррозии) в составе 3 подразделений: лаборатория коррозии энергетических и специальных РУ – А.И. Громова, лаборатория промышленных и исследовательских РУ – В.А. Шувалов, группа химии теплоносителей – О.Т. Коновалова. В 1971 г. в отделе О.А. Шатской на базе лаборатории термической усталости металлов были образованы две новые: циклической (В.М. Филатов) и конструкционной (Е.Ю. Ривкин) прочности.

Тесные деловые связи установились у «прочнистов» НИКИЭТ с ведущими специалистами ИАЭ им. И.В. Курчатова (ныне НИЦ «Курчатовский институт»), ИМАШ РАН, ЦНИИ-48 (ЦНИИ КМ «Прометей»), ЦНИИТМАШ, других организаций, с работниками заводов различных отраслей промышленности. Одной из таких совместных работ, ознаменовавшейся крупным достижением отечественного реакторостроения, стала разработка и внедрение для изготовления корпусов ядерных реакторов теплоустойчивой стали типа 48ТС. В 1963 г. за эту работу применительно к реакторам транспортных установок О.А. Шатская в составе группы специалистов была удостоена Ленинской премии.

Определились приоритетные направления работ – обоснование выбора применяемых материалов и технологий изготовления элементов реакторных установок, создание новых материалов для использования в условиях нейтронного облучения, обоснование длительной работоспособности конструкций реакторных установок, разрабатываемых в НИКИЭТ.

В результате совместных работ сотрудников отделения со специалистами ВНИИНМ, ВИЛС и др. были разработаны циркониевые сплавы марок ЭИ10 и ЭИ25, которые до настоящего времени являются одними из основных материалов элементов конструкций активных зон реакторов (оболочки твэлов, детали ТВС, канальные трубы и др.) В лаборатории Р.В. Гребенникова были разработаны бористые стали и сплавы, которые нашли применение в стержнях регулирования

АМБ-1, АМБ-2, БиАЭС и стержнях дополнительных поглотителей при пусках всех запускаемых РБМК. Изготовленные из бористой стали СБЯ-2 направляющие втулки стержней регулирования реакторов ВВЭР-440 успешно работают до сих пор. Специально для элементов биологической защиты была разработана и внедрена в промышленность боросодержащая коррозионно-стойкая аустенитная сталь 0X18H10P (ЭП287). В дальнейшем в лаборатории И.С. Лупакова были разработаны и включены в перечень допущенных к применению материалов мартенситостареющая сталь ЭП898, экономнолегированная ЭП53 и др.

Следует отметить работы лаборатории Р.В. Гребенникова (а в дальнейшем В.Б. Посельского) в области разработки эффективных поглощающих композиций: гафниевых сплавов, керамических диспрозиевых поглотителей РЗКТ-18/6 и 18/8, гадолиниевого и гадолиний-графитового поглотителей. В последние годы все большее применение находят титанат-диспрозиевые поглотители, в отработке технологических процессов изготовления изделий из которых и обеспечении их длительной работоспособности принимала непосредственное участие лаборатория В.Б. Посельского.

Если в общей проблеме освоения сплавов циркония ведущими являлись ВИАМ и НИИ-9 при участии НИКИЭТ, то создание переходника «сталь-цирконий» решалось НИКИЭТ самостоятельно. Сварка плавлением таких разнородных материалов, как хромоникелевая сталь и сплав циркония, оказалась невозможна, и было решено создавать переходники диффузионной твердофазной сваркой. Была сконструирована печь-агрегат с индукционным нагревом, с устройством, позволяющим осуществлять подсадку для устранения зазора, образующегося при нагреве вследствие разницы коэффициентов термического расширения этих материалов. Был выполнен комплекс исследований по изучению температурно-временных условий, структуры, фазового состава диффузионного слоя. По результатам исследований разработаны режимы сварки и термической обработки, которые в дальнейшем вошли в Технические условия завода-изготовителя.

По мере накопления информации, получаемой в результате расчетных и экспериментальных исследований, в том числе и на моделях, обобщения получаемых результатов, коллективом отдела прочности, возглавляемым О.А. Шатской, были разработаны методики подтверждения статической прочности (на основе установления допустимых значений напряжений разных категорий), местных напряжений, включая зоны их концентрации, циклической прочности элементов ядерных реакторов, хрупкой прочности (с учетом режимов эксплуатации) корпусов реакторов, их радиационного ресурса.

При участии О.А. Шатской специалистами отдела была создана методика, позволяющая оценивать прочностной ресурс работы оборудования с учетом факторов реакторного облучения, размеров изделий, рабочих температур и действующих напряжений. За разработку и внедрение научных основ расчета и повышения прочности энергооборудования по критериям трещиностойкости Ольге Анатольевне Шатской и Евгению Юрьевичу Ривкину в числе других специалистов в 1983 г. была присуждена премия Совета Министров СССР.

Интенсивное развитие атомной техники требовало от «прочнистов» создания единых правил и норм в обеспечение безопасной эксплуатации

ядерных установок. Инициатором создания таких правил в Минсредмаше стал отдел прочности НИКИЭТ. В их разработке участвовали все лаборатории отдела. Огромный вклад идей, предложений и фактического материала в нормативный документ внесли О.А. Шатская, начальники лабораторий кандидаты технических наук М.И. Егоров, В.М. Филатов, Е.Ю. Ривкин, Б.С.Родченков и др. Разработанные и утвержденные в 1973 г. «Нормы расчета на прочность элементов реакторов, парогенераторов, сосудов и трубопроводов атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок» получили статус государственного документа, а в 1986 г. было подготовлено его новое издание – ПНАЭ Г-7-002-86 (более подробно об этом рассказано в главе «Нормативное обеспечение безопасности ядерных установок и работоспособности их элементов»).

За большой личный вклад в становление и развитие ядерной энергетики в СССР О.А. Шатская награждена орденами Трудового Красного Знамени (1959 г.) и Ленина (1971 г.).

Приобретенный в прошлом столетии опыт сопровождения действующих ядерных установок позволил специалистам НИКИЭТ разработать методологию обоснования возможности продления сроков безопасной эксплуатации реакторных установок различного назначения и впервые реализовать ее для 1-го энергоблока Ленинградской АЭС. В дальнейшем данная методология была использована и для других типов реакторных установок.

С началом перестройки перед институтом и соответственно отделением прочности, материаловедения и коррозии встала проблема «выживания». По предложению начальника отдела прочности С.Е. Бугаенко, руководством НИКИЭТ в 1992 г. было принято решение об образовании Инженерного центра прочности (ИЦП МАЭ) на самостоятельном балансе. Это позволило не только сохранить специалистов отделения, но и подняться на новый уровень в решении вопросов прочности и долговечности элементов ядерных установок.

Специалисты ИЦП МАЭ подготовили ряд руководящих документов эксплуатирующей организации и активно участвовали в подготовке федеральных норм и правил по продлению сроков безопасной эксплуатации энергоблоков АЭС и исследовательских реакторов. ИЦП МАЭ под руководством С.В. Европина стал инициатором разработки Сводов правил и руководств (СПиР) обеспечения целостности элементов ядерных установок, взял на себя функции технического интегратора подготовки современной нормативно-технической документации по направлению обеспечения качества и долговечности конструкций атомной техники. В настоящее время СПиР для элементов ядерных установок с натриевым теплоносителем подготовлен и передан в Росатом для принятия решения о его применении в отрасли.

Начиная с 1999 г. в НИКИЭТ сформировалась практика проведения ежегодных форумов российских специалистов по расчетам напряженно-деформированного состояния, оценкам прочности, долговечности и надежности элементов конструкций, верификации программных продуктов, мониторинга и управления жизненным циклом. Проведено 7 семинаров «Прочность и надежность оборудования» и 6 конференций «Методы и программное обеспечение расчетов на прочность». В работе семинаров и конференций принимали

участие специалисты более 30 организаций отрасли, РАН, вузов, предприятий смежных отраслей промышленности. Без преувеличения можно констатировать, что работа данных форумов во многом сформировала сегодняшнее понимание решения задач прочностного обоснования длительной работоспособности (до 60 и более лет) элементов конструкций ядерных установок.

Далее для примера приведена информация о выполненных специалистами отделения целостности конструкций НИКИЭТ работах по экспериментальному подтверждению статической и динамической прочности элементов ядерных установок; необходимо отметить, что в расчетно-экспериментальном обосновании прочности и долговечности любой конструкции принимали участие все подразделения отделения.

Экспериментальное обоснование статической и динамической прочности

Вопросы обоснования прочности с учетом влияния вибраций на работоспособность конструкций ЯЭУ, трубопроводов и оборудования контуров циркуляции теплоносителя возникли с начала проектирования и эксплуатации Первой в мире АЭС (г. Обнинск). В те годы вибрационное состояние элементов активной зоны не определялось; отсутствовали необходимые для этого методики и измерительная техника. Но практический интерес к вибрациям элементов активной зоны, обтекаемых потоком теплоносителя, уже был немалый. Начальные исследования проводились с помощью обычного «слухача», играющего роль фонендоскопа, т.е. трубки с раструбом, которая помещалась внутрь реактора. Этим простейшим инструментом прослушивались акустические шумы, вызываемые колебаниями твэлов и потоком теплоносителя. Это, пожалуй, были самые первые шаги сотрудников только что созданного Института, которые воспользовались старым и проверенным «дедовским» методом оценки степени опасности вибраций. Возглавлял эти работы Б.В. Серебrenников – заместитель О.А. Шатской, а помогал ему сотрудник его лаборатории Е.Е. Лебедев.

Жизнь требовала новых методов исследований, новейшей измерительной аппаратуры, а объемы работы постоянно увеличивались. К весьма важному проекту этого направления следует отнести исследования вибронапряженного состояния твэлов ТВС для реактора РБМК-1000 в условиях теплофизического стенда 17П в ЭНИСЦ (г. Электрогорск, 1970–1971 гг.), на котором была подтверждена правильность выбранной конструкции тепловыделяющей сборки (В.Ю. Маточкин, В.Д. Сизарев). В 1975–1976 гг. аналогичная работа проводилась на том же стенде с полномасштабным имитатором тепловыделяющей сборки для реактора РБМК-1500. Требовалась разработка и внедрение уникальных методик исследований, которых практически не существовало на практике. Разработанные специалистами НИКИЭТ (В.Д. Сизарев, В.Н. Гаврилов) методики не имели аналогов, и в последующие годы каждая подобная работа являлась пионерной, рационализаторской и часто соответствовала уровню изобретений.

Широкомасштабные работы по исследованию вибрационного состояния подвижного отражателя развернулись в связи с созданием исследовательского реактора ИБР-2. Проведение тщательного анализа конструктивных особенностей и вибрационного состояния на стадии отработки первого отражателя позволили найти оптимальную конструктивную схему привода и режимов работы, которые

обеспечили снижение вибраций до уровней, не превышающих допустимые значения (В.Д. Сизарев, Е.Е. Лебедев, И.М. Баранов, В.С. Новиков, М.А. Дианов, Л.В. Якушина).

Участие в разработке исследовательского реактора ИБР-2 специалистов ОИЯИ и НИКИЭТ было отмечено премией Правительства РФ (1996 г.).

В начале 2000-х гг. в период работ по модернизации ИБР-2 и замены активной зоны было выполнено экспериментальное обоснование статической прочности криогенного замедлителя (1999 г.), корпуса и кожуха модернизированного реактора (И.М. Баранов, И.И. Воронин, Н.Д. Замятина, 2008 г.).

Длительные по времени, сложные по характеру и объему исследований задачи подтверждения прочности, в том числе в условиях вибрации трубопроводов и оборудования контура многократной принудительной циркуляции (КМПЦ), были решены для головного энергоблока с реактором РБМК на Ленинградской АЭС в 1973–1975 гг. В работе по исследованию вибрационного состояния принимали участие практически все сотрудники лаборатории № 232 (Н.Я. Николенко). Исследование напряженно-деформированного состояния КМПЦ обеспечивали сотрудники лаборатории № 234 (В.С. Дмитриев). Сооружение последующей серии энергоблоков с РБМК-1000 требовало исчерпывающих данных по напряженно-деформируемому и вибрационному состоянию КМПЦ. Был выполнен не имеющий аналогов по объему и сложности в практике Института монтаж систем статического и динамического тензометрирования и виброметрирования, охватывающих практически все трубопроводы разных типоразмеров и назначения, а также оборудование КМПЦ. В 1973–1975 гг. сотрудники отдела прочности, как и многие сотрудники НИКИЭТ, длительное время (в течение многих месяцев в году) находились в г. Сосновый Бор, на ЛАЭС, где проводили многочисленные измерения напряженно-деформированного состояния, параметров вибраций, вибродеформаций трубопроводов практически во всех режимах эксплуатации, реализуемых на этапе пусконаладочных испытаний и на начальном этапе эксплуатации энергоблока. На месте проводился экспресс-анализ результатов с выдачей заключений о работоспособности элементов контура многократной принудительной циркуляции (В.С. Дмитриев, А.Н. Лифантьев, В.Д. Сизарев), обеспечивали проведение измерений В.Ю. Маточкин, В.В. Поднебеснов, Е.Е. Лебедев, В.М. Ежелев, В.Н. Пронина, Т.В. Трунова, В.А. Данилин, Н.Д. Замятина, Э.Д. Яковлева, Ю.П. Адамович, Н.А. Шеенкова, А.И. Колганов и многие другие.

В процессе длительной эксплуатации энергоблоков с РБМК было обнаружено появление дефектов в сварных соединениях водоуравнительных трубопроводов барабанов-сепараторов, причина зарождения которых определялась с использованием метода натурного тензометрирования и создания системы контроля тепловых перемещений барабанов-сепараторов. Эксперименты, проводимые на КуАЭС, САЭС, ЧАЭС и ИАЭС, позволили систематизировать результаты и получить фактические данные для расчетных оценок напряженно-деформированного состояния от совместного взаимодействия водоуравнительных трубопроводов и барабанов-сепараторов, что позволило разработать модернизированную конструкцию таких трубопроводов без изменения гидравлических параметров (И.М. Баранов, В.С. Новиков,

И.И. Воронин, А.В. Малышев). Рекомендации по модернизации водоуравнительных трубопроводов были успешно внедрены на первом энергоблоке Курской АЭС (1991–1998 гг.). Также комплексно решалась проблема определения причин появления дефектов в сварных соединениях «донышек» раздаточного группового коллектора. Экспериментальные исследования вибронпряженного состояния металла коллектора в зоне «донышек» предусматривали одновременную регистрацию пульсации давления теплоносителя и реакцию корпуса коллектора (2004–2006 гг., 1-й энергоблок ЛАЭС, И.М. Баранов, В.С. Новиков, И.И. Воронин, А.В. Малышев).

Практический интерес представляла работа по обоснованию безопасности реакторов РБМК в аварийных ситуациях, которые создавались путем моделирования хрупкого разрушения технологического канала (ТК) на полномасштабном стенде ТКР («технологический канал – разрыв») ФГУП «ЭНИЦ», содержащем натурный фрагмент кладки с 25 ТК в графитовых колоннах. В эксперименте были реализованы наиболее неблагоприятные условия протекания аварии, вызванной разрывом одного ТК, для оценки возможности разрушения ТК соседних с аварийным. Эксперименты однозначно подтвердили отсутствие зависимых разрушений ТК в кладке РБМК при исходном событии: «хрупкое» разрушение одного ТК (2003–2009 гг., И.М. Баранов, В.С. Новиков, И.И. Воронин, А.В. Малышев, М.Е. Родин, В.Д. Сизарев, Л.В. Якушина, Н.Д. Замятина).

Масштабные работы по исследованию вибрационного состояния развернулись в 1978–1982 гг. в период проведения пусконаладочных работ на РУ «Руслан» (В.Н. Ершов, В.Д. Сизарев, И.М. Баранов, В.С. Новиков, Е.Е. Лебедев).

В 1987 г. после катастрофы на 4-м энергоблоке ЧАЭС (1986 г.) развернулись работы по подготовке к энергопуску 3-го блока, в планах которых стояли задачи по определению статических и динамических деформаций трубопроводов обвязки насосов, которые могли возникнуть в результате возможных подвижек фундамента насосных агрегатов после взрыва 4-го энергоблока. Требовалась также оценка вибрационного состояния главного циркуляционного насоса. По результатам экспресс-анализов уровней вибраций и деформаций выдавалось заключение о работоспособности КМПЦ, что позволило в установленные сроки пустить 3-й энергоблок в эксплуатацию. В чрезвычайно сложных и трудных условиях выполнения поставленной задачи, в нелегких условиях проживания работу вели сотрудники отдела № 23 В.С. Дмитриев, А.Н. Лифантьев, В.М. Ежелев, А.И. Колганов (статическое тензометрирование), В.Д. Сизарев, И.М. Баранов, В.С. Новиков, М.А. Дианов, Е.Е. Лебедев (виброметрирование). Практически все сотрудники были награждены памятными медалями участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС.

Разработка в НИКИЭТ всех проектов транспортных ППУ сопровождалась проведением работ по экспериментальному обоснованию вибропрочности и ударостойкости опытных изделий на вибрационных и ударных стендах. Экспериментальное обоснование динамической прочности разнообразных изделий ППУ, начиная с 1960-х гг. по настоящее время, проводили в разные годы С.А. Симаков, Е.Е. Лебедев, Н.А. Шеенкова, А.В. Панаева, В.Д. Сизарев, Ю.П. Адамович, М.А. Дианов, А.М. Маренков, Е.В. Цикунова, И.М. Баранов, В.С. Новиков, А.В. Малышев.

До 1988 г. экспериментальные работы по обоснованию статической и динамической прочности в рамках отдела № 23 велись силами двух лабораторий, № 232 (Б.В. Серебrenников в 1956–1969 гг., Н.Я. Николенко в 1969–1975 гг., В.Н. Ершов в 1975–1982 гг., Б.С. Родченков в 1982–1987 гг.) и № 234 (И.Г. Коровянский в 1962–1971 гг., В.С. Дмитриев в 1971–1987 гг.). В 1988 г. была изменена структура отдела № 23. Группа динамической прочности (В.Д. Сизарев) лаборатории № 232 была переведена в лабораторию тензометрии № 234 (В.С. Дмитриев), а руководителем обновленной лаборатории стал И.М. Баранов (1988 г.). Данная лаборатория и поныне успешно выполняет возложенные на нее функции.

Так же подробно можно было бы представить деятельность остальных подразделений Отделения прочности, материаловедения, химии теплоносителей и коррозии НИКИЭТ. В данном разделе книги ограничимся указанием руководителей подразделений и ведущих сотрудников:

- лаборатория аналитической химии – Н.И. Родионова, А.В. Женихова, И.Г. Шутько, А.В. Корнеев, А.Д. Иванов, Р.К. Переверзева, В.М. Довженко, Е.А. Попкова;

- расчетное бюро – М.И. Егоров, Б.И. Денисов, Н.М. Васнин, В.Л. Козырев, Е.Н. Синицын, Ю.Н. Головлев, Н.Б. Грачева, Е.В. Чуракова, А.В. Волков, А.П. Рахманов;

- лаборатория поляризационно-оптических методов исследований НДС – Б.И. Тараторин, С.Е. Бугаенко, Т.А. Глазкова, З.Д. Нестеркина, М.В. Бортников, А.И. Аржаев, М.В. Иванов, А.В. Казачкин, А.И. Соколовский;

- лаборатория циклической прочности – В.М. Филатов, В.Ю. Зубов, Ю.А. Анихимовский, В.Н. Добровольский, А.В. Ташкинов, В.Г. Васильев, А.В. Васютин, Д.В. Соловьев, В.И. Товарков, Л.В. Горынина;

- лаборатория конструкционной прочности – Е.Ю. Ривкин, А.М. Васнин, В.Е. Можаров, М.Е. Родин, В.А. Киселев, М.И. Колесов, Л.А. Парфенова, В.Ф. Кузьмин, В.И. Каталин, Д.А. Голицын;

- лаборатории ВХР и коррозии – А.И. Громова, В.Н. Белоус, С.В. Волхонский, Н.Я. Вралева, С.В. Великопольский, В.А. Гостева, И.К. Морозова, В.Г. Денисов, Ф.С. Павлова, О.Т. Коновалова, Л.Н. Караханьян, В.Н. Васина, А.Н. Зейгарник, В.А. Шувалов, М.И. Рябов, Т.И. Лукашова, Г.В. Андреева;

- лаборатория материаловедения – И.С. Лупаков, Ю.С. Кузмичев, Е.В. Чермашенцев, Г.М. Калинин, О.В. Гославский, В.Н. Вуколова, Т.Б. Храпкина, В.Я. Абрамов, В.Б. Золотарев, Б.С. Родченков, А.Б. Коростелев, Н.А. Васильев;

- лаборатория неметаллических материалов – В.С. Казаков, В.П. Александров, Н.А. Сударева, А.М. Щукин;

- лаборатория поглощающих материалов – Р.В. Гребенников, В.Б. Посельский, А.В. Чиркин, Ф.П. Шамашов, Б.С. Сергеев.

4.13. Нормативное обеспечение безопасности ядерных установок и работоспособности их элементов

В отечественной практике подготовка первого комплекта нормативных документов для атомной промышленности была возложена постановлением Совета Министров СССР 1971 г. на НИКИЭТ при научном руководстве Академии наук в лице ИМАШ РАН. Надо сказать, что решение о выборе НИКИЭТ в качестве основного разработчика Норм и Правил основывалось не только на достижениях института в области конструирования и сопровождения строительства и эксплуатации ядерных реакторов различного назначения, но и на опыте разработки норм расчета на прочность оборудования и трубопроводов паропроизводящих установок для военно-морского флота. Документ был подготовлен ведущими специалистами отдела прочности НИКИЭТ (М.И. Егоровым, Н.М. Васниным, В.Н. Ершовым, Е.Ю. Ривкиным, В.Д. Сизаревым, В.М. Филатовым, Т.А. Глазковой, О.А. Шатской и др.) в 1970 г., прошел межведомственное согласование и был введен в действие приказом Министерства среднего машиностроения в 1971 г. С тех пор документ неоднократно переиздавался, но только в 2001 г. было оформлено открытое опубликование.

В упомянутом выше постановлении задача ставилась шире, а именно: кроме норм расчета на прочность необходимо было подготовить нормативные документы по сварке, контролю, правилам устройства и безопасной эксплуатации элементов ядерных установок (атомных станций и исследовательских реакторов). Именно в такой комплексной постановке решение задачи нормативного обеспечения должно было обеспечить длительную работоспособность оборудования и трубопроводов и осуществление функций государственного надзора за ядерной и радиационной безопасностью эксплуатации объектов использования атомной энергии.

Уже в 1973 г. были введены в действие 4 документа: «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов...», «Общие положения по сварке и наплавке ...», «Правила контроля ...» и «Нормы расчета на прочность ...». Следует особо отметить коллектив разработчиков данных документов: О.А. Шатскую, Е.Ю. Ривкина, М.И. Егорова, В.М. Филатова, В.Д. Сизарева, И.С. Лупакова, Ю.С. Кузмичева и всех сотрудников отделов прочности и материаловедения НИКИЭТ. Неоценимый вклад в разработку вложили специалисты ИМАШ РАН, ЦНИИТМАШ, ЦНИИ «Прометей», ЦКТИ, ФЭИ, Курчатовского института, сотрудники «Котлонадзора». В согласительных совещаниях по документам принимали участие до 70 ведущих специалистов страны – конструктора, прочнисты, материаловеды, технологи, сварщики, контролеры, коррозионисты и химики.

После 1973 г. эта работа в НИКИЭТ была продолжена в кооперации с ведущими организациями Советского Союза и специалистами РАН, вузов, заводов, что позволило утвердить и ввести в действие в 1986–1989 гг. новые редакции перечисленных выше документов, которые действуют и в настоящее время. Второе издание документов охватывало не только реакторы с водой под давлением, но и реакторы с натриевым теплоносителем. Соответственно,

диапазон рабочих температур металла оборудования и трубопроводов увеличился до 600 °С, появились разделы по расчетам на длительную прочность и ползучесть, длительную циклическую прочность, характеристики материалов до 200 тыс. ч эксплуатации, были даны рекомендации по учету влияния нейтронного облучения и натриевого теплоносителя, двухчастотного нагружения и многое другое. Таким образом, 2-е издание нормативных документов аккумулировало результаты обширных экспериментальных исследований, выполненных на исследовательских реакторах в научно-исследовательских организациях Советского Союза (России, Украины, Литвы, Грузии и Казахстана), а также опыт эксплуатации ядерных установок с водным и натриевым теплоносителями. Следует отметить, что ни один зарубежный код (ASME, RCC, KTA и др.) до настоящего времени не содержит подобных рекомендаций, ограничиваясь лишь указанием, что перечисленные воздействия должны учитываться разработчиками оборудования и трубопроводов ядерных установок.

В подготовке 2-го издания нормативных документов, кроме указанных выше «маститых» специалистов, принимали участие Б.И. Денисов, А.М. Васнин, С.В. Европин, Н.Б. Грачева, Б.С. Родченков, В.Н. Ершов, Н.Я. Николенко, С.Е. Бугаенко, В.С. Дмитриев, И.М. Баранов и другие сотрудники отделения прочности, материаловедения и коррозии НИКИЭТ (в 1980-е гг. и последующие годы отделение возглавлял Владимир Геннадьевич Аден).

В 1995 г. был принят Федеральный закон «Об использовании атомной энергии», согласно которому ряд нормативных документов по обеспечению ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии был переведен постановлением правительства в ранг Федеральных норм и правил (ФНП), в перечень которых попали и документы, указанные выше. Фактически это означало, что любое изменение или дополнение действующего документа требовало согласования с пятью ведомствами, включая Минюст, и не допускало взаимной увязки с документами системы стандартизации. Таким образом, издание нормативных документов 1986–1989 гг. по своему техническому наполнению сохранилось в неизменном виде до настоящего времени, т.е. интервал пересмотра отечественной нормативно-технической и методической базы составляет более 15 лет, что нельзя признать соответствующим современным темпам создания образцов новой техники и технологий.

Прежде чем перейти к анализу сложившейся в текущем юбилейном для НИКИЭТ году ситуации с нормативным обеспечением инновационных проектов атомной энергетики и предложениям по ее преодолению, хотелось бы остановиться на вопросе продления сроков безопасной эксплуатации действующих ядерных установок. Актуальность решения данной проблемы обострилась в конце XX века во всех странах с развитой атомной энергетикой. В Российской Федерации задача обоснования возможности продления срока безопасной эксплуатации энергоблоков АЭС и создания соответствующего методического, технического и нормативного обеспечений легла на плечи НИКИЭТ, так как в 2003 г. истекал назначенный в проектной документации срок службы 1-го энергоблока Ленинградской АЭС. В рамках действующих ФНП задача не имела решения в силу вышеописанных условий внесения изменений и дополнений в них, поэтому

была достигнута договоренность с Ростехнадзором о подготовке и введении в действие новых документов федерального уровня о возможности продления срока безопасной эксплуатации энергоблоков АЭС (НП-024) и исследовательских реакторов (НП-017). Эти нормы и правила предписывали применение рассмотренных и одобренных Ростехнадзором технических и методических руководящих документов эксплуатирующей организации для обоснования увеличения срока службы оборудования и трубопроводов ядерных установок.



Нормативное обеспечение безопасности объектов использования атомной энергии и качества используемых изделий

Именно специалисты НИКИЭТ и ИЦП МАЭ (дочерняя организация НИКИЭТ) на рубеже третьего тысячелетия возглавили и успешно осуществили в кооперации с ВНИИАЭС, ЦНИИ КМ «Прометей», НИКИМТ и другими организациями разработку комплекса руководящих документов по техническому освидетельствованию, оценке результатов и обоснованию продления сроков службы элементов действующих энергоблоков АЭС и исследовательских реакторов (более 20 документов). В разработку методологии продления сроков службы и комплекса руководящих документов основной вклад внесли С.Е. Бугаенко, С.В. Европин, Ю.Н. Головлев, Е.Н. Синицын, А.В. Ташкинов, Н.А. Глебова, Е.В. Чуракова, Н.Б. Буданова, Б.С. Родченков, В.М. Филатов, Е.Ю. Ривкин, специалисты конструкторских подразделений НИКИЭТ.



Блок-схема обеспечения безопасности объектов использования атомной энергии и качества используемой продукции

Нельзя не упомянуть об отраслевом руководящем документе по обоснованию соответствия высокоэнергетических трубопроводов энергоблоков АЭС концепции безопасности «течь перед разрушением», основным разработчиком которого стал В.А. Киселев. Методический аппарат данной концепции позволил подтвердить зарубежным экспертам и инспекторам Ростехнадзора безопасность эксплуатации трубопроводов большого (свыше 300 мм) диаметра энергоблоков АЭС, в том числе и в период их дополнительного срока службы.

4.14. Диагностика целостности металла реакторных установок

Задача контроля и диагностики состояния металла трубопроводов и оборудования – гарантированно исключить возможности разрушения трубопроводов, оборудования и металлоконструкций в процессе эксплуатации АЭС на основе концепции глубокоэшелонированного контроля, в которую включены: мониторинг изменений механических свойств металла, мониторинг воздействия окружающей среды и технологических сред на металл, периодический неразрушающий контроль целостности металла.

При создании первых ядерных установок круг диагностических параметров был ограничен. В основном все сводилось к контролю герметичности технологических каналов (ТК). Однако в связи с широким распространением

с 1973 г. АЭС с реакторами типа РБМК повышение их безопасности и надежности стало основной задачей. Отсутствие контейнмента у реакторной установки и одноконтурная схема охлаждения делали особенно актуальным повышение безопасности эксплуатации оборудования и трубопроводов за счет своевременного обнаружения разгерметизации трубопроводов и исключения их мгновенного разрушения.

Из коммуникаций контура КМПЦ особо следует отметить технологические каналы как элементы, находящиеся в активной зоне реактора и в наибольшей степени подверженные радиационным, тепловым и механическим воздействиям. Опыт эксплуатации штатной системы контроля герметичности ТК, основанной на анализе параметров газовой смеси, показал необходимость поиска новых методов контроля. Для контроля герметичности ТК был применен метод, основанный на регистрации и анализе акустических шумов, возникающих при истечении теплоносителя в месте разгерметизации. Для исследования шумовых процессов, возникающих при разгерметизации, в НИКИЭТ был создан специальный стенд с натурным ТК и аппаратурным комплектом стандартных измерительных средств. Целью исследований было определение спектральной плотности шумов, возникающих при разгерметизации, их зависимость от параметров теплоносителя, характера и размера отверстия, окружающей среды, исследование распространения шумов по тракту канала.

Под научным руководством И.Я. Емельянова и Ю.М. Черкашова работы выполняли сотрудники отдела № 10 НИКИЭТ: Б.В. Лысков, В.К. Прозоров, В.П. Степанов, Б.П. Стрелков, С.П. Ледов, А.А. Арефьев. Обнадеживающие результаты стендовых исследований подтвердили целесообразность реакторных экспериментов и возможность разработки специализированных приборов для обнаружения протечек ТК. Сравнение стендовых и реальных реакторных измерений позволило считать контроль акустическим методом возможным по двум признакам: по повышению спектральной мощности шума и по дисперсии сигнала в диапазоне частот 70–110 кГц по сравнению с окружающими ТК. В результате был разработан «Индикатор течи ИН 8.000» и изготовлены опытные образцы прибора.

Дальнейшие работы в этом направлении позволили разработать и изготовить опытные образцы усовершенствованного многоканального прибора анализа акустических шумов. В процессе последующей опытной эксплуатации с помощью этих приборов на АЭС с РБМК и на промышленных реакторах сотрудники отдела № 10 Б.П. Стрелков, Н.В. Тимофеев, В.А. Овчинников, А.А. Арефьев, Э.М. Афонин выявили разгерметизированные коммуникации как в пределах реактора, так и вне его.

После аварии на Чернобыльской АЭС важность диагностирования потребовала новых усилий, и научных, и организационных, что хорошо понимал руководитель отдела Б.В. Лысков. В 1986 г. на базе одной из групп отдела была сформирована лаборатория диагностики металла ядерных установок. Начальником лаборатории был назначен Б.П. Стрелков.

Тогда же Советом Министров СССР был принят ряд постановлений и разработаны сводные мероприятия для повышения безопасности эксплуатации АЭС, в частности, было признано необходимым повысить надежность контроля

трубопроводов большого диаметра. Указанные мероприятия предполагали разработку, изготовление и испытания на АЭС с РБМК опытно-промышленных образцов систем дистанционного неразрушающего эксплуатационного контроля сплошности основного металла и сварных соединений трубопроводов большого диаметра (Ду800), сепараторов пара, напорного и всасывающего коллекторов – всего 14 систем контроля.

Системы предназначались для периодического неразрушающего контроля в процессе планово-предупредительных и капитальных ремонтов и определения состояния сварных швов и основного металла указанных выше элементов. В целях повышения надежности выявления дефектов и снижения роли человеческого фактора в результатах контроля, а также получения более достоверной информации по размерам, ориентации и глубине залегания выявленных дефектов совместно с НИКИЭТ были разработаны автоматизированные системы контроля. Системы имели одинаковую архитектуру и состояли из ряда ультразвуковых многодатчиковых сканеров, программно-аппаратного комплекса для анализа полученной информации, расчета параметров дефектов и осуществления функций по архивации собираемой информации. Применение многодатчиковых сканеров позволяло одну и ту же зону контролировать разными датчиками, существенно повышая надежность информации.

Совместно с НИКИЭТ новые системы были обкатаны на АЭС, в этих испытаниях принимали активное участие сотрудники вновь сформированной лаборатории А.А. Арефьев и С.В. Лукин. Однако испытания, проведенные на Ленинградской АЭС, показали, что реальные оборудование и трубопроводы значительно отличаются от требований КД по овальности и состоянию реальной поверхности, используемой для контроля. Указанные обстоятельства потребовали доработки автоматизированных систем контроля оборудования и трубопроводов большого диаметра.

В период с 1993 по 1997 гг. в рамках двустороннего международного проекта была реализована совместная российско-японская программа «Japan – Russia Cooperation Program on Leak Detection System and ISI for RBMK». В проекте принимали участие НИКИЭТ и Ленинградская АЭС с российской стороны и корпорации MARUBENI, Hitachi, PNC, RION, AKAI и Pesco с японской стороны. Российским соруководителем проекта был главный конструктор Ю.М. Черкашов. В ходе реализации этой программы была разработана и смонтирована на 1-м энергоблоке Ленинградской АЭС автоматизированная микрофонная система обнаружения течей теплоносителя оборудования и трубопроводов КМПЦ. В разработке алгоритмов обработки информации с микрофонов, в монтаже и наладке оборудования на Ленинградской АЭС принимали активное участие сотрудники лаборатории Б.П. Стрелков, С.В. Королев, С.Б. Шиманский, А.А. Арефьев и В.А. Овчинников.

В 1997 г. на базе подразделения НИКИЭТ, имеющего большой опыт разработки, внедрения и испытания систем контроля и диагностики оборудования на АЭС и реакторах промышленного назначения, был образован Центр диагностики НИКИЭТ, который занимается разработкой, системной интеграцией и внедрением систем диагностики и неразрушающего контроля оборудования АЭС, организацией и обеспечением инспекционного контроля оборудования АЭС и других предприятий.

Со дня образования Центра диагностики НИКИЭТ его сотрудники выполняли работы по внедрению на АЭС интегрированных средств контроля и диагностики состояния металла реактора РБМК. Указанные комплексные мероприятия выполнялись совместно со специалистами таких организаций, как НИКИЭТ, ИЦП МАЭ, ВНИПИЭТ, СПБАЭП, МоАЭП, НТЦ ЯРБ, ВНИИАЭС, ЦНИИТМАШ, НИКИМТ, НПЦ «Эхо+», ОКБ «Гидропресс» и др.

Приказом Министерства Российской Федерации по атомной энергии № 806 от 09.12.1998 г. Центру диагностики НИКИЭТ присвоен статус Отраслевого центра по контролю и диагностике состояния металла оборудования и трубопроводов АЭС.

В течение 1998–2005 гг. осуществлялась поставка оборудования неразрушающего контроля металла ТК, каналов СУЗ и графитовой кладки на Ленинградскую АЭС в рамках проекта Счета ядерной безопасности Европейского банка реконструкции и развития (компания-поставщик: Marubeni – Япония и Tescatom – Испания) и на Смоленскую АЭС в рамках программы TACIS (компания-поставщик Mitsui Babcock Limited – Великобритания). Работы, направленные на оказание помощи по внедрению поставленного оборудования, технические консультации и разработку методик контроля в соответствии с требованиями российских нормативных документов, были возложены на Центр диагностики НИКИЭТ. Поставляемое оборудование включало полуавтоматизированные и автоматизированные системы ультразвукового контроля металла оборудования и трубопроводов большого диаметра и системы контроля ТК и каналов СУЗ, вихретокового контроля для измерения геометрических размеров каналов ТК, каналов СУЗ и графитовой кладки, системы автоматизированного телевизионного контроля. Для внедрения систем, поставленных в рамках указанных проектов на АЭС, и включения их в типовые программы эксплуатационного контроля Центром диагностики НИКИЭТ была разработана, согласована, одобрена в установленном порядке и внедрена вся необходимая документация.

Проблема массового дефектообразования в 1997–1998 гг. в сварных соединениях трубопроводов Ду300 и РГК КМПЦ РБМК по механизму межкристаллитного растрескивания под напряжением (МКРПН) поставила новые задачи перед контролем и диагностикой. В решении этой проблемы большое внимание было уделено совершенствованию методик и средств ультразвукового контроля как основного метода контроля, как для выявления трещин МКРПН, так и для оценки их геометрических показателей по результатам выполненного контроля. Задача обнаружения массовых дефектов металла и связанные с ней работы по 100 %-ному эксплуатационному контролю сварных соединений трубопроводов Ду300 и РГК еще раз выявили наиболее острые проблемы эксплуатационного контроля аустенитных и других трубопроводов.

Наиболее актуальной задачей явилось создание полуавтоматизированных и автоматизированных систем и специализированных методик ультразвукового контроля, обеспечивающих эффективный контроль в условиях ограниченной контролепригодности оборудования с оценкой размеров обнаруживаемых дефектов. К решению поставленной задачи были привлечены специалисты, которые работали в сотрудничестве с другими организациями: ЦНИИТМАШ, ВНИИАЭС, МГТУ им. Баумана. В результате этих работ был создан целый ряд

систем и специализированных методик ультразвукового контроля, которые используются на АЭС и в настоящее время. Начиная с 1997 г. методики ультразвукового контроля, разработанные для условий двухстороннего доступа для УЗК, применялись на АЭС с РБМК-1000 и для контроля сварных соединений, имеющих односторонний доступ для УЗК в факультативном порядке.

Ужесточение требований к оценке реальных размеров дефектов для проведения прочностных расчетов и допуска сварных соединений в эксплуатацию с дефектами потребовали совершенствования разработанных и разработки новых средств и методик УЗК. Методики полуавтоматизированного 840.11-01М («ПАУЗК») и 840.28М («СКАТ-Р») и автоматизированного контроля 840.23М («СКАТ-А») были разработаны, согласованы и одобрены к применению в 2001–2005 гг. В их разработке принимали участие И.Ф. Щедрин, А.С. Мокроусов, А.В. Шершов и В.Р. Гусаров. В настоящее время на базе этих методик разработаны и внедрены их усовершенствованные варианты, позволяющие проводить ультразвуковой контроль с применением одного дефектоскопа и набором различных сканеров, обеспечивающих контроль трубопроводов с диаметром от 100 до 500 мм, выполнять односторонний дистанционный контроль сварных соединений, ранее не доступных для существующих методик и средств контроля.

В 1997–2007 гг. специалистами ЦНИИТМАШ, «Эхо-», НИКИЭТ, ЦНИИ КМ «Прометей», ВНИИАЭС разработано более 10 специальных ручных и автоматизированных методик УЗК для выявления и измерения размеров дефектов типа МКРПН, развивающихся в сварных соединениях аустенитных трубопроводов Ду300.

Разработка и ввод в действие руководящего документа «Росэнергоатома» РД ЭО 0489-03, позволяющего допускать в эксплуатацию сварные соединения трубопроводов Ду300 КМПЦ РБМК с дефектами без ущерба для безопасной эксплуатации, выдвинули дополнительные требования к вероятности выявления дефектов и точности измерения их геометрических размеров. Различные методы и схемы контроля, уровни чувствительности, способы настройки, различные погрешности измерения геометрических размеров дефектов, используемые в разработанных методиках, не позволили выполнить их сравнительную оценку и определить достоверность контроля и обеспечение необходимой погрешности измерений в соответствии с требованиями РД ЭО 0489-03 без проведения их экспериментальных испытаний на образцах сварных соединений аустенитных трубопроводов Ду300 с реальными дефектами.

Для экспериментальной оценки возможности методик выявлять и измерять размеры несплошностей, а также оценки достоверности контроля НИКИЭТ, с привлечением контролеров со всех АЭС с РБМК, в 2006–2007 гг. была выполнена программа экспериментальных испытаний «30 катушек» на образцах сварных соединений аустенитных трубопроводов Ду300 с реальными дефектами. Результаты работ по этой программе позволили обосновать возможность допуска в эксплуатацию сварных соединений трубопроводов Ду300 КМПЦ РБМК с дефектами без ущерба для безопасной эксплуатации.

Явления дефектообразования в верхних трактах ТК РБМК, позднее в трубопроводах Ду300 КМПЦ РБМК, недостаточная контролепригодность оборудования, трубопроводов и металлоконструкций, с одной стороны, а

также появление новых средств и методик ультразвукового, телевизионного и безобразцового контроля механических свойств металла, с другой стороны, потребовали коренной переработки существующих типовых инструкций и программ эксплуатационного контроля состояния металла.

Специалистами НИКИЭТ были разработаны, согласованы и утверждены в установленном порядке ряд типовых программ, регламентов и инструкций: ПЭКМ-ЛАЭС-99 (эксплуатационного контроля состояния металла оборудования и трубопроводов систем, важных для безопасности, энергоблоков Ленинградской АЭС), 840.16П (эксплуатационного контроля металла и сварных соединений металлоконструкций РБМК-1000), 4.042П (контроль металлоконструкций в период дополнительного срока эксплуатации), 4.036ПМ (оценки плотности (герметичности) газовых и водяных полостей металлоконструкций), типовая программа предэксплуатационного контроля состояния основного металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов систем, важных для безопасности, исследовательского реактора ПИК.

С развитием системы неразрушающего контроля как понятия, отражающего совокупность средств, методов и персонала, проводящего контроль, появилась тенденция перехода от альтернативной оценки контроля («годен – не годен») к оценке качества контролируемых элементов по количественному признаку с целью оценить его с достаточной точностью. Повышение качества и увеличение достоверности неразрушающего контроля в процессе эксплуатации систем контроля и диагностирования на АЭС проводится в трех направлениях: анализ, совершенствование и аттестация методик контроля, используемых на АЭС; совершенствование и аттестация (сертификация) аппаратных средств контроля; снижение вклада человеческого фактора в результаты контроля, качественное улучшение процесса аттестации персонала, проводящего неразрушающий и разрушающий контроль оборудования и трубопроводов.

На начальном этапе аттестации (или валидации) в 1995–1997 гг. средств и методик неразрушающего контроля, в рамках межправительственных соглашений, НИКИЭТ сотрудничал с Inspection Validation Center (Центр по валидации контроля) фирмы AEA Technology (Великобритания), впоследствии реорганизованной в Serco Assurance. Результатами этих работ явилась аттестация российских методик и систем неразрушающего контроля – для технологических каналов РБМК (СК-06) и системы контроля трубопроводов с повышенным разрешением серии «АВГУР».

В 1998 г. опубликование МАГАТЭ документа «Методология для аттестации систем эксплуатационного контроля для АЭС с реакторами ВВЭР» и ENIQ (Европейская сеть по аттестации эксплуатационного контроля) документа «Европейская методика аттестации неразрушающего контроля» подтвердили необходимость разработки подобных отечественных нормативных документов. По инициативе концерна «Росэнергоатом» и при поддержке Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Центр НИКИЭТ разработал и внедрил в установленном порядке пакет документов, необходимых для проведения процесса аттестации по указанным направлениям: РД ЭО 0487-2005 («Типовые требования к порядку разработки технического задания, проведению испытаний и условиям применения средств и методик

эксплуатационного неразрушающего контроля на объектах использования атомной энергии»), РД ЭО 0488-2003 («Методические рекомендации по оценке достоверности средств и методик неразрушающего контроля»), РД ЭО 0583-2004 («Аттестация персонала в области неразрушающего и разрушающего контроля оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок»).

Для регистрации сквозных дефектов в оборудовании и трубопроводах КМПЦ необходима система оперативного контроля герметичности. Кроме того, в рамках внедрения концепций «течь перед разрушением» и «исключение критических разрывов», которые являются важным элементом, обосновывающим и обеспечивающим безопасную эксплуатацию РУ, необходимо наличие автоматизированной системы, обеспечивающей оперативный контроль и надежное обнаружение сквозных дефектов КМПЦ.

Работы по созданию систем определения течи теплоносителя КМПЦ по изменению влажности начались в 1997 г. в рамках международного проекта Счета ядерной безопасности Европейского банка реконструкции и развития. С российской стороны в проекте принимали участие НИКИЭТ и ЛАЭС, со стороны США – корпорация Westinghouse. Американской стороной был поставлен комплекс оборудования, включающий высокочувствительные датчики влажности. Разработка проекта привязки, монтаж системы и проведение ее испытаний на реально работающем блоке были выполнены специалистами ЛАЭС и НИКИЭТ.

В рамках международной программы Nuclear Safety and Engineering Programme (NSEP) был осуществлен совместный российско-канадский проект «Техника и возможности для определения малых течей» по усовершенствованию методов и средств обнаружения течей в топливных каналах реактора РБМК на основе опыта эксплуатации подобных систем на реакторе CANDU (Канада). В проекте принимали участие сотрудники НИКИЭТ и Ленинградская АЭС с российской стороны и компания AECL с канадской стороны. В ходе реализации проекта была проведена оценка применимости на реакторе РБМК средств измерения влажности и алгоритмов раннего обнаружения течи по скорости нарастания влажности, используемых на реакторе CANDU.

С учетом положительного опыта указанных выше работ и в соответствии с требованиями нормативных документов НИКИЭТ разработана автоматизированная система обнаружения течи теплоносителя (АСОТТ) для типового блока АЭС с реакторами РБМК. АСОТТ предназначена для обнаружения, оценки величины и определения местоположения утечки теплоносителя. Цель внедрения системы – снижение аварийных ситуаций, связанных с возможной разгерметизацией и разрывом трубопроводов и оборудования контура многократной принудительной циркуляции реактора.

При разработке системы были выбраны следующие виды контроля в помещениях с оборудованием: мониторинг аэрозольной активности воздушной среды; мониторинг влажности воздушной среды; акустический мониторинг и мониторинг температуры. Сочетание и взаимное дополнение методов контроля по данным параметрам является оптимальным для удовлетворения всех предъявленных требований.

АСОТТ в различном объеме внедрена на всех энергоблоках с РБМК. Внедрение началось в 1997 г. с помещений, содержащих наиболее ответственные элементы

КМПЦ; модернизация АСОТТ продолжается и в настоящее время. Разработкой, изготовлением и внедрением АСОТТ на АЭС занималась большая группа сотрудников НИКИЭТ: Н.Г. Рошин, С.Б. Шиманский, Ю.В. Королев, в последние годы А.Л. Матвеев, А.Ю. Мишенин, В.Н. Рябинина, Д.А. Ресин, А.Л. Бурлаков. В настоящее время АСОТТ в составе трех подсистем, объединенных центральным вычислительным комплексом, работает на следующих энергоблоках: 1–4-й Ленинградской АЭС, 2–4-й Курской АЭС, 1-й и 3-й (в объеме проекта TACIS) Смоленской АЭС. За время эксплуатации систем АСОТТ на АЭС с РУ РБМК-1000 выявлено более 30 течей оборудования и трубопроводов КМПЦ на Курской, Ленинградской и Смоленской АЭС. С целью обеспечения АЭС инструментом для принятия обоснованного решения об останове РУ или возможности эксплуатации с течью в настоящее время развернуты работы по переводу систем АСОТТ в разряд измерительных по отношению к параметрам течи на всех энергоблоках с РУ РБМК.

Работы, выполненные в рамках решения проблемы эксплуатации трубопроводов Ду300, как в области неразрушающего контроля, так и в области мониторинга течи теплоносителя, позволили апробировать стратегию управления ресурсом, накопить опыт внедрения данной стратегии и распространить его на другие трубопроводы, оборудование и металлоконструкции реакторных установок. Конечным результатом такой работы является минимизация объемов неразрушающего контроля и ремонтных работ по устранению дефектов на действующих АЭС. Во исполнение данной стратегии разработана «Программа оптимизации эксплуатационного контроля оборудования и трубопроводов АЭС» АЭСПРГ-410К06. Указанная программа предусматривает внедрение новой методологии определения объемов и периодичности контроля, базирующейся на оценке риска разрушения оборудования и трубопроводов; оценку эффективности и достоверности результатов неразрушающего контроля, подтверждаемых аттестацией средств, методик и персонала, выполняющего контроль; использование различных норм оценки качества результатов контроля на стадиях изготовления и эксплуатации, при этом на стадии эксплуатации допуск больших по размеру несплошностей, чем при изготовлении по аналогии с западными кодами (ASME XI, KTA 3201.4, RSE-M).

Данный подход реализуется практически во всех вновь проектируемых в НИКИЭТ реакторных установках.

4.15. Энергетические реакторные установки для атомных станций малой и средней мощности

В рождении и становлении направления когенерационных ядерных энергетических установок в НИКИЭТ основополагающую роль сыграл Николай Антонович Доллежалъ, чьи слова о том, что «совершенно исключительной важности является вопрос о комбинированной выработке тепловой и электрической энергии», актуальны до сих пор. Он инициировал в НИКИЭТ разработку корпусных кипящих реакторов как наиболее перспективных для атомных когенерационных энергоблоков.

Предвидение Н.А. Доллежала полностью оправдалось при решении поставленной в указе Президента России задачи о замене атомной многоцелевой установки АДЭ-2 Красноярского горно-химического комбината (ГХК) на атомной теплоэлектростанции (АТЭЦ). Комиссия под руководством первого заместителя министра по атомной энергии Л.Д. Рябева выбрала для АТЭЦ Красноярского ГХК разрабатываемую в НИКИЭТ реакторную установку ВК-300.

В начале 1990-х гг. в СССР проводился конкурс на лучшую атомную станцию малой мощности (АСММ), активное участие в котором принял НИКИЭТ. Проекты НИКИЭТ были высоко оценены в соответствующих мощностных группах экспертами, рекомендованы для дальнейших проработок и реализации.

Ниже приведена детальная информация о реакторных установках, которые разрабатывались в НИКИЭТ для АТЭЦ и АСММ.

Реакторная установка ВК-300 для региональной энергетики

Разработка проекта РУ ВК-300 и энергоблока АТЭЦ Красноярского ГХК проводилась в соответствии с программой работ и техническим заданием, утвержденными министром. НИКИЭТ, выполняя роль головного разработчика, собрал команду специалистов из таких организаций, как НИКИЭТ, ИНЭИ РАН, РНЦ КИ, ФЭИ, ЭНИН, НИИАР, ОКБ ГП, ОКБМ, АЭП, СПб АЭП, ВНИПИЭТ, ВНИИНМ, «ВНИПИПромтехнологии», ВТИ, ВНИИАМ, АО «Ижорские заводы», ЛМЗ, СЕВМАШ, СЭИ, НТЦ МЧС, ПНИИС, НТЦ ГАН, «Атомтехэнерго», Ростехнадзор, ИВТАН, «ВНИПИЭнергопром», «Севмашпредприятие» и ЭНИЦ.

Эскизный проект РУ ВК-300 и энергоблока, а также обоснование инвестиций АТЭЦ Красноярского ГХК были одобрены в декабре 1997 г. Научно-техническим советом № 1 Минатома, после чего принято решение о разработке технического проекта РУ ВК-300 и проекта АТЭЦ Красноярского ГХК.

Технический проект РУ ВК-300 и проект технико-экономического обоснования АТЭЦ Красноярского ГХК были разработаны в соответствии с программой работ, утвержденной Министром атомной энергии на 1999–2007 гг., прошли экспертизы ОКБМ, РНЦ КИ, ФЭИ, СПб АЭП, ВНИПИЭТ, НТЦ ГАН, АО «Ижорские заводы», ЛМЗ, ВНИИАМ, а затем были одобрены и утверждены 19 октября 2000 г. на расширенном НТС НИКИЭТ. Была отмечена перспективность ВК-300 для АТЭЦ и рекомендовано подготовить предложения по включению направления АТЭЦ в «Энергетическую стратегию России».

Следует отметить участников проекта, обеспечивших столь быструю и эффективную разработку новой реакторной установки. Это в первую очередь ведущие специалисты НИКИЭТ В.И. Михан, А.А. Роменков, Ю.И. Токарев, О.А. Ярмоленко, О.М. Глазков, Ю.И. Митяев, В.И. Семенихин и многие другие.

К сожалению, проект АТЭЦ Красноярского ГХК, который должен был реализоваться на средства США, не осуществился из-за недостатка финансирования.

Вместе с тем, высокие технико-экономические показатели АТЭЦ Красноярского ГХК послужили основанием для решения Коллегии Минатома от 20.01.2001 («Разработать ТЭО АТЭЦ с реактором средней мощности ВК-300») и включением ВК-300 в Федеральную целевую программу «Энергоэффективная экономика». «Атомэнергoproject» и НИКИЭТ разработали «Основные положения

типового проекта АТЭЦ с РУ ВК-300», одобренные на расширенном НТС НИКИЭТ. Было отмечено, что технико-экономические показатели АТЭЦ с РУ ВК-300 следует считать вполне достоверными.

Высокая техническая безопасность реакторной установки ВК-300, размещение ее и турбинной установки под единой вторичной защитной оболочкой, обеспечивающей защиту от внешних воздействий, позволяют локализовать все последствия нарушений эксплуатации и аварийных ситуаций в пределах площадки АТЭЦ, обеспечивать высокий уровень радиационной безопасности для населения и окружающей среды, а также размещать АТЭЦ в непосредственной близости от населенных пунктов. Размер зоны планирования защитных мероприятий не превышает 3 км.

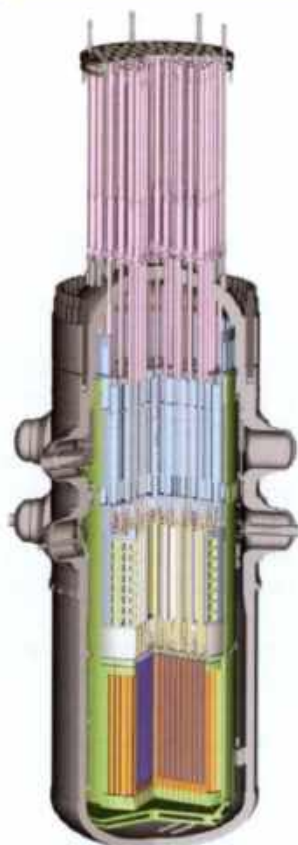
Решением руководства отрасли было определено направление «Использование атомных энергоисточников для теплофикации» и принята Отраслевая программа работ по данному направлению. Координируемые НИКИЭТ, многие из организаций, участвовавших в разработке технических проектов ВК-300 и АТЭЦ Красноярского ГХК, приняли участие в реализации Отраслевой программы работ, что позволило значительно лучше обосновать перспективность масштабного входа атомных когенерационных энергоисточников на базе РУ ВК-300 в самый крупный сектор Единой энергетической системы России – сектор региональной когенерационной энергетики.

В конце 2001 г. министр по атомной энергии и губернатор Архангельской области подписали «Декларацию о намерениях» сооружения АТЭЦ с ВК-300 в Архангельской области.

НТС № 10 Минатома рассмотрел 27.11.2003 г. разработанные при головной роли НИКИЭТ материалы «Обоснования инвестиций в сооружение АТЭЦ с РУ ВК-300 в Архангельской области» и в решении признал вполне обоснованными проектные технико-экономические и финансовые показатели АТЭЦ с РУ ВК-300, а также реализуемость проекта сооружения АТЭЦ с РУ ВК-300 в Архангельской области.

Обширный комплекс технико-экономических исследований, выполненный в 2006–2010 гг. коллективом НИКИЭТ с привлечением организаций отрасли, энергетики и Академии наук в рамках Отраслевой программы «Использование атомных энергоисточников для теплофикации» и Федеральной целевой программы «Развитие атомного энергопромышленного комплекса на период до 2020 года», а также по заказам концерна «Росэнергоатом», показал, что выход в сектор региональной энергетики на базе когенерационных атомных энергоблоков с ВК-300 может дать существенное расширение рынка сбыта электрической и тепловой энергии, повышение коммерческой эффективности сооружения атомных станций и возможность значительно повысить финансово-экономические показатели концерна «Росэнергоатом» в долгосрочной перспективе.

Для принятия решения о начале реализации направления региональной атомной когенерационной энергетики и сооружения пилотной ТЭЦ руководство концерна «Росэнергоатом» в 2011 г. поручило НИКИЭТ выполнение углубленного технико-экономического обоснования, результаты которого подтвердили несомненную перспективность для отрасли внедрения АТЭЦ с ВК-300 в сектор региональной энергетики.



Реактор ВК-300

В качестве пилотного проекта может рассматриваться сооружение Архангельской АТЭЦ с ВК-300. Сооружение Архангельской АТЭЦ включено в утвержденную Стратегию развития области до 2030 г. как безальтернативное решение топливно-энергетических проблем области, как база реализации Стратегии. Декларация о сооружении Архангельской АТЭЦ с ВК-300 была подписана руководством отрасли еще в конце 2001 г.

Выполненные в 2004 и 2010 гг. под руководством Ю.Н. Кузнецова «Обоснования инвестиций в сооружение Архангельской АТЭЦ с ВК-300» показали экономическую и коммерческую эффективность, высокую социальную значимость создания Архангельской АТЭЦ.

Данный пилотный проект получил поддержку заинтересованных ведомств, а также администрации и населения Архангельской области. Объединение усилий НИКИЭТ, ОКБ «Гидропресс», СПб АЭП, ФЭИ, НИИАР и других организаций отрасли может обеспечить завершение проектной стадии за 2–3 года.

При разработке реакторной установки ВК-300 для получения требуемых для энергоблоков АТЭЦ весьма высоких показателей экономики и безопасности был использован естественно реализуемый в технологии кипящих реакторов инновационный подход предельного упрощения конструкции и схемы реакторной установки, что позволяет упростить системы энергоблока и обеспечить пассивность работы реактора и систем обеспечения безопасности.

В реакторной установке ВК-300 применяются, в частности, следующие инновационные решения:

- интегральная компоновка при одноконтурной схеме РУ;
- инновационное построение внутриреакторной циркуляции и сепарации теплоносителя;
- верхнее расположение приводов СУЗ;
- принцип системы аварийного охлаждения активной зоны – при разрывах теплоноситель локализовать, сконденсировать и вернуть в корпус можно весьма простыми пассивными средствами без использования внешних источников воды и электропитания;
- первичная защитная оболочка сравнительно небольшого объема, являющаяся дополнительным барьером безопасности и позволяющая реализовать вышеописанный принцип системы аварийного охлаждения;
- бак аварийного расхолаживания атмосферного давления, расположенный вне первичной защитной оболочки и выполняющий, в частности, функцию конденсации теплоносителя и возврата в корпус при разрывах внутри защитной оболочки;

- пассивные отсекатели при разрывах вне первичной защитной оболочки;
- симптомно-ориентированная пассивная система компенсации снижения уровня теплоносителя;
- реактор в первичной защитной оболочке + турбина под единой вторичной защитной оболочкой.

Примененные инновационные конструкторские решения позволяют получить требуемые высокие показатели АТЭЦ.

Во всех режимах нормальной эксплуатации, а также при ее нарушениях, включая аварии, тепловыделяющие элементы охлаждаются пассивным способом за счет естественной циркуляции теплоносителя внутри реактора.

В аварийных режимах системами аварийного охлаждения ядерного топлива и отвода остаточных тепловыделений пассивно обеспечивается отвод тепла от активной зоны к конечному поглотителю (атмосферному воздуху). Последствия всех аварийных ситуаций локализуются в границах станции. Зона планирования защитных мероприятий не превышает 3 км, что позволяет разместить АТЭЦ в непосредственной близости от населенного пункта.

Отпуск тепла потребителям выполнен через промежуточный контур, давление в котором на всех режимах ниже давления сетевой воды и выше давления греющего пара. Такая организация отпуска тепла исключает возможность попадания радиоактивности с сетевой водой к потребителю.

Прототип РУ ВК-300 – реактор ВК-50 – более 40 лет успешно работает на АТЭЦ НИИАР.

Установленная электрическая мощность когенерационного энергоблока с ВК-300 в конденсационном режиме составит 250 МВт, а в теплофикационном режиме – 180 МВт, тепловая мощность оценивается до 400 Гкал/ч. Расчетный срок службы 60 лет.

Предельная простота конструкции и пассивность работы реактора ВК-300 и его систем, базирование на отработанном оборудовании ВВЭР-1000 и более чем 40-летнем опыте эксплуатации прототипного реактора ВК-50, а также на опыте разработки и эксплуатации около двухсот кипящих энергетических реакторов в мире обусловили относительно небольшой объем и стоимость НИОКР в обоснование проектно-конструкторских решений по РУ ВК-300 и теплофикационному энергоблоку.

Реакторная установка РУТА

Следует отметить, что для России – самой холодной страны мира – заметная доля в централизованном теплоснабжении (до 8 %) приходится на отопительные районные котельные установки. Для этой ниши НИКИЭТ под научным руководством ГНЦ РФ – ФЭИ разработал на основе технологии ядерных исследовательских установок реакторную установку для теплоснабжения с атмосферным давлением в первом контуре (РУТА).

В основе конструкции установки РУТА – хорошо отработанная и зарекомендовавшая себя технология сооружения бассейновых реакторов. Всего в мире построено свыше 250 реакторов бассейнового типа, в основном применяемых в исследовательских целях. Такие установки хорошо изучены,

их безопасность является практически гарантированной и «прозрачной», они позитивно воспринимаются общественностью. Многочисленные бассейновые реакторы исследовательского назначения размещаются в пределах населенных пунктов (например, реактор ИРТ-10 в Московском инженерно-физическом институте).

Ключевые особенности установки РУТА: принципиальная простота конструкции и, как следствие, низкая стоимость сооружения и эксплуатации таких установок; уникально высокий уровень безопасности, обеспечиваемый особенностями конструкции и использованием естественных механизмов защиты.

Проведены проектные и предпроектные проработки, выполнены опытно-конструкторские и научно-исследовательские работы, в частности разработан эскизный проект реакторной установки РУТА тепловой мощностью 55 МВт.

Эскизный проект РУТА был рассмотрен, одобрен и рекомендован для внедрения секцией №1 НТС Минатома России (Решение С1-497 от 15.10.93 г).

Атомная станция теплоснабжения с реактором РУТА заняла первое место в своей группе (мощность реактора 10–50 МВт) на конкурсе проектов атомных станций малой мощности (решение центрального жюри конкурса «АСММ-91»).

Выполненные к настоящему времени исследования показывают, что установки РУТА позволят обеспечить надежное, стабильное и экономически конкурентоспособное теплоснабжение объектов ЖКХ в различных регионах России.

Разумеется, необходимым этапом и первоочередной задачей для последующего коммерческого внедрения предлагаемой технологии ядерного теплоснабжения является сооружение головного демонстрационного образца установки РУТА.

В последнее время интерес к этой реакторной установке заметно возрос. В частности, по заказу концерна «Росэнергоатом» в 2010 г. был подготовлен инвестиционный замысел создания на базе РУТА-70 многоцелевого инновационного энерготехнологического и медицинского атомного комплекса на законсервированной площадке Воронежской АСТ, предназначенного:

- для обеспечения надежного, стабильного, конкурентоспособного, не зависящего от поставок и прогрессивного роста стоимости органического топлива теплоснабжения перспективного микрорайона Шилово;
- для лечения онкологических больных инновационными методами нейтронной и нейтронозахватной терапии;
- для производства радиофармпрепаратов для диагностики и лечения сердечно-сосудистых, онкологических, эндокринологических, урологических и других серьезных заболеваний;
- для производства трековых мембран для высокоэффективной очистки питьевой воды, промышленных газовых выбросов, создания лекарственных средств.

Реакторная установка ГРЭМ

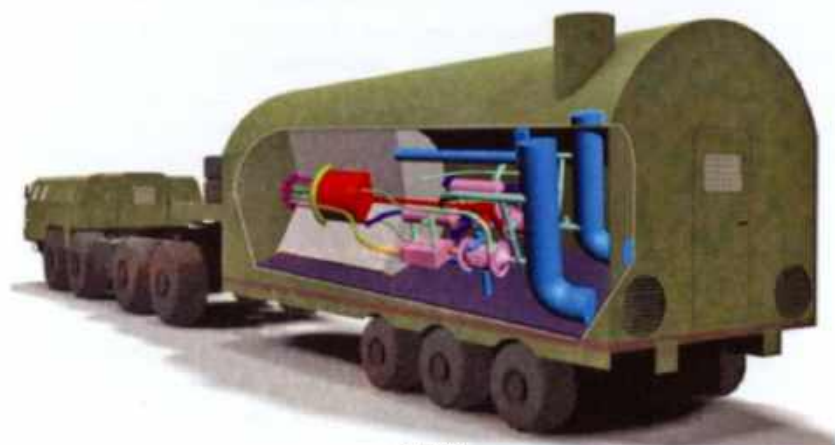
В 2009–2011 гг. в НИКИЭТ проводились работы по модернизации критического стенда «Гиацинт». Критический стенд «Гиацинт» располагается в

ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» Национальной АН Беларуси. Стенд предназначен для проведения экспериментальных исследований:

- в обоснование конструкции твэла с низкообогащенным топливом для исследовательских и энергетических реакторов малой мощности;
- по моделированию физических особенностей активных зон исследовательских и энергетических реакторов;
- влияния примесей в конструкционных и топливных материалах на нейтронно-физические характеристики реакторов;
- влияния технологических допусков при изготовлении твэла на нейтронно-физические характеристики реакторов.

Задачей НИКИЭТ являлась разработка конструкторской документации на топливные кассеты и экспериментальные твэлы с сердечником на основе низкообогащенного уранового топлива, замещающего вывозимое на переработку в Российскую Федерацию свежее ядерное топливо передвижной АЭС «Памир-630Д», для критического стенда «Гиацинт».

В 2009 г. в НИКИЭТ были начаты работы по созданию газоохлаждаемого мобильного реактора на быстрых нейтронах.



ГРЭМ

Исходя из условий размещения, мобильные реакторы должны отвечать ряду базовых требований:

- компактность, надежность и апробированность технологий;
- высокий уровень безопасности и экологичности, позволяющий приблизить установку к потребителю;
- приемлемые экономические показатели, обеспечивающие конкурентоспособность блочно-транспортных атомных станций по сравнению с альтернативными энергоисточниками в рассматриваемых регионах;
- минимальный объем трудозатрат на обслуживание и эксплуатацию;
- устойчивость к нераспространению, в том числе путем снижения обогащения топлива до 20 %;
- минимальный объем строительно-монтажных работ на месте дислокации установки;

- наличие минимальной инженерной инфраструктуры на месте расположения установки;
- обеспечение коротких сроков сооружения в заводских условиях;
- минимальная экологическая нагрузка на окружающую среду.

Проект ядерной энергетической установки (ЯЭУ) ГРЭМ зарегистрирован в базе данных МАГАТЭ по ЯЭУ малой мощности. Ведется работа по анализу правовых и институциональных вопросов для обеспечения системы ядерной энергетики на основе транспортабельных атомных установок, результаты которой могут служить основой для дальнейшей проработки ЯЭУ ГРЭМ.

Проект создания ЯЭУ ГРЭМ в марте 2009 г. был доложен на 10-м заседании Комиссии государств-участников СНГ по использованию атомной энергии в мирных целях и получил поддержку комиссии, которая рекомендовала данный проект к реализации государствами – участниками проекта.

ЯЭУ ГРЭМ представляет собой одноконтурную газоохлаждаемую реакторную установку. Преобразование тепловой энергии ядерного реактора в электрическую осуществляется в ГТУ по простому рекуперативному циклу Брайтона.

Реакторные установки на базе технологий реакторных установок для АПЛ

В конце 1980-х гг. руководство Минсудпрома приняло решение использовать опыт НИКИЭТ по созданию реактора интегрального типа ППУ МБУ-40. Соответственно, в 1989 г. в НИКИЭТ по техническому заданию ЦКБ «Айсберг» был разработан проект реакторной установки Э49 для нового ледокола. В проекте получил дальнейшее развитие ряд технических решений, предложенных НИКИЭТ в разные годы при создании моноблочных паропроизводящих установок:

- увеличение кампании активной зоны в 2 раза (до 20 000 ч);
- снижение массы установки с 2020 до 1180 т;
- обеспечение уровня мощности на естественной циркуляции в первом контуре до 30 % от номинального значения мощности;
- сведение к минимуму энергопотребления на собственные нужды с 722 до 115 кВт;
- введение дополнительного пятого барьера (защитной оболочки), препятствующего распространению радиоактивности в окружающую среду.

Проект реакторной установки Э49 был одобрен всеми заинтересованными организациями, а реализованные в нем технические решения вызвали большой интерес.

В 1991 г. Центральное конструкторское бюро «Балтсудпроект» совместно с НИКИЭТ разработало техническое предложение плавучей атомной электростанции «Уран» мощностью 15 МВт (эл.) и дополнительным производством тепла 30 Гкал/ч для районов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока. Уникально малые массогабаритные характеристики реакторной установки и, как следствие, малая осадка баржи станции (около 2,6 м) делали возможной доставку станции водными путями в удаленные и труднодоступные районы.

От отделов транспортного направления НИКИЭТ на конкурс «АСММ-91» были представлены разработки:

- «Уран» (НИКА-120) – для плавучей АСММ с водо-водяным энергетическим реактором (ВВЭР) – интегральный с комбинированной (принудительная

и естественная) циркуляцией 1 контура, 2-контурный, кампания 4–5 лет, мощность 7,5 МВт (эл.);

– ПАЭС-70 (НИКА-500) – для плавучей АСММ с ВВЭР – интегральный, также с комбинированной циркуляцией в 1 контуре, 2-контурный, кампания 4–5 лет, мощность 35 МВт (эл.);

– «Крот» – наземная АСММ с ВВЭР – интегральный, реактор кипящий, одноконтурный с естественной циркуляцией в реакторе, мощность 0,78 МВт (эл.), кампания 3–4 года, после завершения кампании реактор без разборки увозится на завод-переработчик и заменяется новым;

– «УниTERM» – наземная автономная АСММ с ВВЭР – интегральный, 3-контурный с естественной циркуляцией в первом и промежуточном контурах, саморегулируемый, кампания 20 лет, мощность 3–12 МВт (эл.).

Как уже отмечалось выше, проекты НИКИЭТ были высоко оценены в соответствующих мощностных группах экспертами, рекомендованы для дальнейших проработок и реализации. Однако это было время разгара «перестройки», и ни на один проект не нашлось инвестора. Средства отрасли выделялись только на разработку инвестиционного замысла и на обоснование инвестиций применительно к проекту сооружения пилотной Архангельской АТЭЦ.

Рост цен на органическое топливо для теплоэлектроцентралей, наблюдающийся на мировом рынке уже в течение ряда лет, приводит к удорожанию тепловой и электрической энергии для потребителей. В связи с этим возрастает интерес к возможности использования атомных теплоэлектроцентралей с энергоблоками установленной электрической мощностью до 250–300 МВт.

Для освоения районов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, а в перспективе и шельфа Арктики необходимы автономные энергоисточники электрической мощностью в диапазоне до 100 МВт. Атомные станции малой мощности рассматриваются в качестве конкурентоспособного варианта для этих целей, в настоящее время разрабатываются в США, Канаде и Японии для применения как у себя, так и в развивающихся странах.

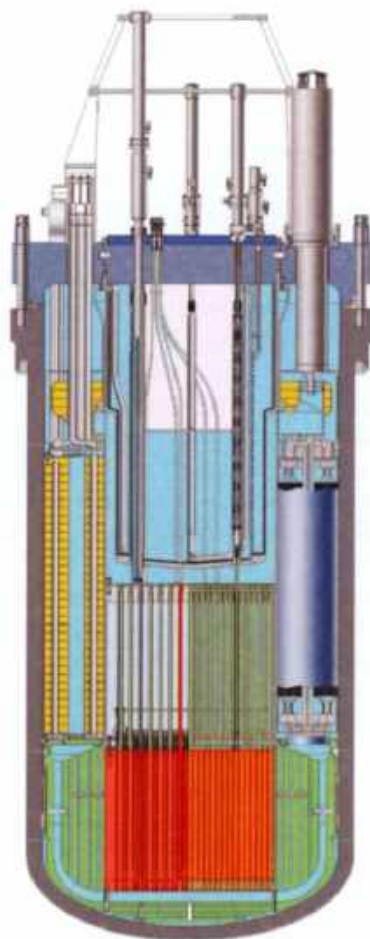
В свете этих тенденций НИКИЭТ продолжает разработку реакторных установок для когенерационных (комбинированное производство тепловой и электрической энергии) атомных станций малой и средней мощности.

Ниже приведена более детальная информация о состоянии разработки проектов реакторных установок различного типа и мощности.

Реакторная установка НИКА-330

РУ НИКА-330 предназначена для использования в составе АЭС мощностью 100 МВт (эл.), размещаемой в регионах, не имеющих централизованного электроснабжения. Она разработана на основе опыта проектирования, изготовления и эксплуатации транспортных атомных энергетических установок и соответствует российским нормативам, стандартам и современным воззрениям на проблемы безопасности.

В состав РУ входит реактор интегрального типа, благодаря этому обеспечивается компактность оборудования и сред, имеющих естественную или наведенную радиоактивность, а также повышается надежность установки,



Реактор НИКА

так как сокращается длина коммуникаций, находящихся под давлением теплоносителя первого контура.

В РУ использованы материалы, параметры и характеристики сред, широко применяемые в российском и мировом реакторостроении. В совокупности с проверенными практикой элементами конструкций основного оборудования (активной зоны, парогенератора и др.) это позволяет использовать накопленный научный задел по теплогидравлике, свойствам конструкционных материалов, коррозии, водно-химическому режиму и т.п., исключив необходимость проведения масштабных научно-исследовательских и ограничившись выполнением минимального объема опытно-конструкторских работ при создании головного образца установки.

При разработке активной зоны реактора в качестве прототипа принята тепловыделяющая сборка реактора ВВЭР-1000 типа ТВС-2М. Конструкция ТВС практически повторяет конструкцию прототипа и отличается от нее главным образом длиной ТВЭЛА.

Время работы РУ с одной загрузкой активной зоны составляет 4,5 года без учета плановых остановок на техническое обслуживание при кампании активной зоны 1100 эф. сут.

Активная зона обладает отрицательными температурным, плотностным и мощностным коэффициентами реактивности во всем диапазоне изменения параметров РУ, что способствует ее регулированию и благотворно сказывается на безопасности.

Уровень безопасности РУ НИКА-330 не только удовлетворяет всем требованиям действующей нормативной документации, но и превосходит аналогичный уровень реакторных установок действующих АЭС.

Установка оснащается эффективной системой безопасности пассивного принципа действия.

РУ НИКА-330 спроектирована для условий наземного размещения. Строительные конструкции АЭС обеспечивают защиту РУ от тяжелых внешних воздействий: ураганов, цунами, падения самолетов и т.п.

РУ обеспечивает длительную и устойчивую работу в диапазоне мощностей от 20 до 100 % от номинальной без ограничения числа маневров мощностью.

Для предотвращения перерастания аварийных ситуаций в аварии и уменьшения их возможных последствий в РУ предусмотрен ряд технических средств безопасности: системы аварийного расхолаживания, аварийного охлаждения реактора, предотвращения переопрессовки реактора, парогенератора, страховочного корпуса и защитной оболочки, снижения последствий тяжелых аварий. Все они пассивны, т.е. вводятся в действие без вмешательства оператора и не требуют этого вмешательства по крайней мере в течение первых 72 ч после возникновения аварии.

В 2011 г. разработано «Техническое предложение для АЭС с реакторной установкой НИКА».

Реакторная установка «УниTERM»

РУ «УниTERM», соответствующая требованиям МАГАТЭ к перспективным атомным станциям поколения IV, отвечает самым современным требованиям по безопасности, надежности, экологической чистоте и условиям нераспространения ядерно-оружейных материалов.

В конструкции реакторной установки АСММ «УниTERM» сконцентрирован многолетний опыт проектирования, изготовления и эксплуатации транспортных ядерных энергетических установок водо-водяного типа для объектов военно-морского флота.

Серийно изготовленная и испытанная в заводских условиях модульная реакторная установка, привезенная на место эксплуатации, в течение длительного срока службы (до 25 лет) может работать без перегрузки активной зоны, а по окончании его вывозится на завод для перезагрузки или утилизации и заменяется новым модулем со свежим топливом. После завершения эксплуатации площадка РУ «УниTERM» не требует реабилитации.

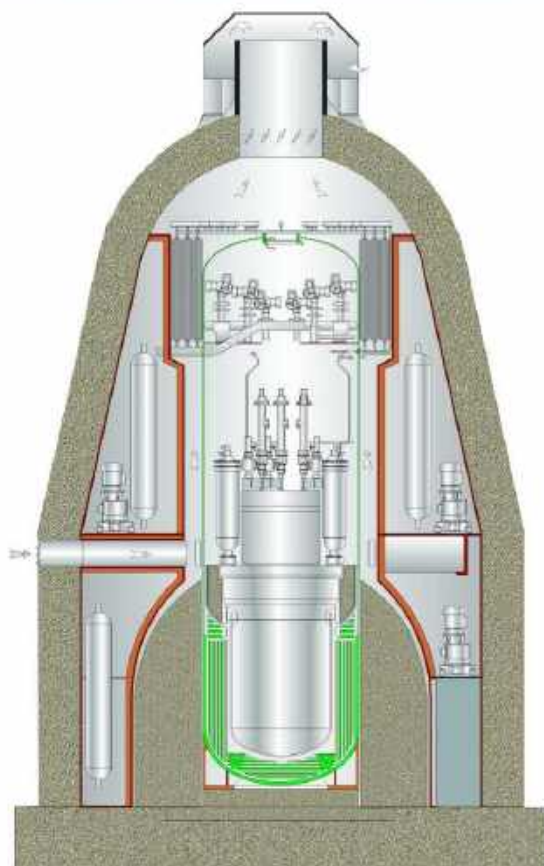
Установка автономно функционирует в течение одного года, при этом ее мощность самостоятельно меняется в зависимости от нагрузки, задаваемой потребителем. С целью предотвращения террористической угрозы в период автономной работы доступ внутрь защитной оболочки РУ заблокирован.

Контроль за ее работой осуществляется дистанционно из регионального центра с помощью спутниковой связи. Обслуживание РУ и ее «переналадка» на последующий год эксплуатации осуществляется выездной бригадой квалифицированных специалистов в короткий промежуток времени между периодами автономной работы.

АСММ «УниTERM» можно размещать на поверхности земли, на баржах, в старых шахтах ракетных установок. Станция устанавливается в непосредственной близости от потребителя, что позволяет минимизировать затраты на прокладку дорогостоящих ЛЭП и потери электроэнергии.

Надежность и безопасность РУ «УниTERM» определяются следующими особенностями построения этой установки:

- возможностью автономного функционирования реакторной установки атомной станции в течение длительного времени;
- интегральным исполнением реактора с объединением в корпусе всего оборудования первого контура;



Реакторная установка «УниTERM»

- реализацией свойств саморегулирования и внутренней самозащищенности на основе естественных обратных связей по мощности, температуре и плотности теплоносителя;
- наличием постоянно действующей системы расхолаживания реактора и отвода остаточного тепловыделения, не требующей для ввода в работу каких-либо действий со стороны автоматики либо персонала или подвода энергии и рабочих сред со стороны;
- использованием систем безопасности установки пассивного типа, функционирующих на основе естественных процессов;
- естественной циркуляцией теплоносителя в контурах РУ, кроме контура потребителя;
- защищенностью от ошибок персонала – изменение мощности реакторной установки в процессе работы в зависимости от нагрузки потребителя происходит без участия оператора;
- отсутствием доступа внутрь защитной оболочки РУ к ее жизненно важным системам в процессе необслуживаемого цикла работы установки;

- применением воздушного охлаждения конденсаторов и теплообменников расхолаживания, что обеспечивает работу станции в любое время года;
- оригинальной конструкцией исполнительных механизмов СУЗ, исключающей несанкционированное извлечение регулирующих стержней из активной зоны;
- введением в состав РУ дополнительных барьеров безопасности – промежуточного контура между теплоносителем первого контура и контуром потребителя, страховочного корпуса;
- отсутствием перегрузки активной зоны в процессе эксплуатации реакторной установки;
- использованием активной зоны с низкой удельной энергонапряженностью (около 20 кВт/л);
- высоким качеством изготовления на специализированных машиностроительных предприятиях, доставкой в виде функционально проверенных крупных блоков.

Экологическая безопасность РУ «УниTERM» обеспечивается:

- отсутствием радиационной активности в контурах потребителей за счет введения дополнительного барьера безопасности (трехконтурная схема передачи тепла потребителю);
- применением воздушного охлаждения конденсаторов и теплообменников расхолаживания. Для функционирования станции не требуется наличие водных ресурсов, что крайне важно (водоемы из-за низкой температуры и вечной мерзлоты остаются подо льдом, например, в Якутии, около 9 месяцев в году);
- отсутствием выбросов радионуклидов при эксплуатации и аварийных ситуациях;
- минимальным воздействием на природу в процессе доставки и монтажа оборудования и малой площадью, занимаемой станцией (около 1 га).

Удобство эксплуатации РУ «УниTERM» определяется следующими факторами:

- отсутствует необходимость в управлении и обслуживании реакторной установки АСММ в период ее автономной работы;
- за пределами защитной оболочки реакторной установки допускается обслуживать всю инфраструктуру атомной станции постоянно работающим персоналом, в том числе из местного населения;
- профилактические работы на реакторной установке проводятся один раз в год выездной бригадой специалистов-атомщиков в течение 1-2 недель;
- РУ АСММ возможно размещать вблизи сельскохозяйственных и промышленных объектов, жилых массивов;
- в энергетических режимах реактор за счет саморегулирования следует за нагрузкой, задаваемой потребителем, а при полном «сбросе» нагрузки продолжает работать на минимальной мощности в режиме «ожидания».

Наиболее приемлемый диапазон выходной тепловой мощности установки составляет от 15 до 50 МВт, что определяется, с одной стороны, стоимостью вырабатываемой электроэнергии, а с другой – транспортабельностью.



План-схема АСММ «УниTERM»

В условиях Республики Саха (Якутия) окупаемость АСММ с РУ «УниTERM» может составить около 7 лет.

В 2012 г. начата разработка проекта АСММ с реакторной установкой «УниTERM».

Большая заслуга в выработке изложенных концептуальных положений и их проектных решений принадлежит ведущим специалистам НИКИЭТ Л.А. Адамовичу и В.В. Румянцеву. Их активная позиция и убедительные выступления на российских и международных научных форумах частично учтены в МАГАТЭ при составлении требований к перспективным АСММ XXI века.

4.16. Конверсионные проекты (физические установки, ксеноновые технологии и т.д.)

С 1989 г. многие государственные программы СССР, связанные с оборонным комплексом, были свернуты, в том числе и программа создания космических ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ). Вследствие этого специалистам НИКИЭТ, как и другим «оборонщикам», пришлось искать пути и способы дальнейшего существования – открывать для себя своеобразные «экономические ниши», где их продукция может найти применение. С этого времени и началось развитие различных конверсионных проектов, причем была выбрана стратегия, ориентированная на замкнутый цикл: постановка задачи – разработка технологии или оборудования – создание опытных образцов – производство.

Можно выделить две группы конверсионных проектов. В первую из них вошли работы, связанные с созданием таких сложных физических установок, как ускорители элементарных частиц. Вторую группу составляют проекты, в которых использован опыт НИКИЭТ по специфике обращения с особо чистыми веществами. Во второй группе заслуживают отдельного рассмотрения работы по ксеноновым технологиям.

Физические установки

Проект NA-48 (CERN, г. Женева, Швейцария)

Новым направлением для института стало создание механических конструкций детекторов ускорителей частиц. При непосредственном участии и поддержке Объединенного института ядерной энергии (ОИЯИ, г. Дубна) НИКИЭТ начал и продолжает до настоящего времени сотрудничать с CERN – Европейским центром ядерных исследований – крупнейшей в мире научно-исследовательской организацией в области исследований физики элементарных частиц.

Первые работы института для CERN выполнялись в 1990–1992 гг. Было разработано оборудование для завода по производству сверхчистых криптона и ксенона, который был в 1992 г. сооружен в г. Заречном Свердловской области. Непосредственно с CERN НИКИЭТ начал работать в рамках проекта NA-48 совместно с Лабораторией высоких энергий (ЛВЭ) ОИЯИ.

В течение двух лет в CERN было поставлено 45 т сверхчистого криптона (99,9999 % чистоты), что позволило создать жидкокриптоновый калориметр и обеспечить проведение экспериментов в рамках проекта NA-48 по определению несимметричности взаимодействия вещества и антивещества.

В рамках этого же проекта НИКИЭТ разработал конструкции юстировочных колец (кольца изготавливались на ГКНПЦ имени М.В. Хруничева), создал технологию монтажа всего комплекса и изготовил все специальные монтажные приспособления.

Проект «Большой адронный коллайдер» (CERN, г. Женева, Швейцария)

В 1996 г. CERN приступил к реализации глобального научного проекта конца XX – начала XXI века – сооружению Большого адронного коллайдера (БАК). Одним из основных детекторов БАК является CMS (Compact Muon Solenoid).

Детектор CMS спроектирован на базе самых передовых технологий. Он состоит из слоев, каждый из которых сконструирован для выполнения специфических задач, но все вместе они обеспечивают возможность идентифицировать и точно измерять энергии всех частиц, возникающих в момент протон – протонных столкновений на ускорителе. Слои детектора выполнены в виде цилиндрических «луковиц», охватывающих пространство, где сталкиваются пучки. Благодаря многослойности детектора в этом эксперименте возможно проводить поиск хиггсовских бозонов в широком диапазоне масс.

В создании CMS принимали участие 2250 специалистов из 153 институтов 33 стран мира. Шестнадцать российских предприятий являются официальными коллабораторами проекта CMS, в том числе 6 предприятий Минатома РФ, включая НИКИЭТ, который принят ассоциированным членом коллаборации CMS в июне 1999 г.

Участие НИКИЭТ в разработке механических конструкций торцевых адронных калориметров детектора CMS назвать случайным нельзя. Традиционно разработками механических конструкций систем ускорителей занимались «физические» организации. Однако современные требования к конструкциям систем ускорителей и детекторам нового поколения не позволяют прикладным и экспериментальным физическим организациям квалифицированно заниматься проектированием механических конструкций. Учитывая совместный опыт работы Лаборатории физики частиц (ЛФЧ) ОИЯИ с НИКИЭТ по проекту NA-48, руководителем работ по международному проекту CMS со стороны России и стран СНГ, заместителем директора ЛФЧ ОИЯИ И.А. Голутвиным было принято решение привлечь специалистов НИКИЭТ к работам по созданию детектора CMS. В 1997 г. специалисты Университета Висконсин (США) представили на рабочем совещании в CERN предложение по механической конструкции торцевых адронных калориметров детектора CMS. Экспертами выступили специалисты НИКИЭТ. Был выявлен ряд недостатков в предлагаемой американцами конструкции и обнаружены ошибки в прочностных расчетах. На основании представленных выводов техническим координатором проекта CMS было предложено специалистам НИКИЭТ разработать и представить свое предложение по конструкции торцевых адронных калориметров. В конце 1997 г. на техническом совещании было рассмотрено и окончательно одобрено предложение специалистов НИКИЭТ по механической конструкции торцевых адронных калориметров детектора CMS. Решением CERN было определено, что за разработку, изготовление и монтаж торцевых адронных калориметров несет ответственность российская сторона. В кратчайшие сроки был выпущен рабочий проект и проведена подготовка производства.

В сентябре 1999 г. между Минатомом РФ, ОИЯИ и Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь было подписано «Соглашение по организации технического сопровождения изготовления механических конструкций торцевых адронных калориметров, контролю качества и приемке готовой продукции», в соответствии с которым на НИКИЭТ была возложена ответственность:

- за разработку полного комплекта рабочей конструкторской документации механической части торцевых адронных калориметров, включая монтажное оборудование;
- за проведение прочностных расчетов силовых конструкций торцевых адронных калориметров;
- за входной контроль всех материалов, из которых изготавливаются детали механических конструкций, в соответствии с техническими требованиями;
- за поставку материалов на машиностроительный завод «ГП МЗОР» (Республика Беларусь) по согласованному перечню;
- за приемку готовой продукции.

Проведение независимого входного контроля качества всех заготовок являлось необходимым требованием службы технической безопасности CERN. Независимый входной контроль качества всех заготовок по образцам проводился в НИКИЭТ. Результаты контроля подтвердили качество поставляемых на машиностроительный завод «ГП МЗОР» заготовок с ОАО «Красный выборжец» и ОАО «Ижорские заводы».

Второй, не менее важной задачей, поставленной CERN, была разработка технологии монтажа торцевых адронных калориметров в CERN и нестандартного монтажного оборудования. Необходимо отметить, что вес одного торцевого адронного калориметра составляет ~300 т, и крепится эта конструкция консольно на высоте ~7,5 м, а точность монтажа относительно центральной оси детектора составляет +0,5 мм. Конструкция калориметров заранее предусматривала необходимые юстировочные технологические операции, обеспечивающие это требование.

Технология монтажа подразумевала минимальное количество нестандартного монтажного оборудования при минимальной его массе. Разработанная в НИКИЭТ технология удовлетворила технических экспертов CERN, и в декабре 2002 г. был завершен монтаж первого, а в августе 2003 г. – второго торцевого адронного калориметра совместно с интерфейсной системой и детекторами частиц – мегатайлами. Данные фотограмметрии зафиксировали, что все узлы адронных калориметров и интерфейсных систем установлены с высокой точностью в пределах установленных жестких допусков. Во время монтажа была собрана радиационная защита интерфейсной системы и заднего фланца, разработанная специалистами НИКИЭТ.



Детектор CMS БАК

С 2000 г. НИКИЭТ совместно с Лабораторией физики частиц ОИЯИ участвовал в создании передней мюонной станции и оборудования для ее монтажа на детекторе. Были проведены расчеты и испытания теплотехнической надежности электроники мюонных камер, созданы один экспериментальный блок системы охлаждения электроники на предприятиях Республики Беларусь и два блока системы охлаждения на ФГУП «Красная Звезда» (Москва). По итогам этих исследований была разработана конструкторская документация блоков системы охлаждения электроники и системы подвески камер передней мюонной станции, включая монтажный специнструмент. Система охлаждения конструктивно объединена с узлами установки электронных карт, экранирующими чехлами, кабельными проводками, элементами газовой системы.

В 2002–2003 гг. на ФГУП «Красная Звезда» были изготовлены 76 комплектов систем охлаждения. Летом 2003 г. системы охлаждения были установлены на мюонные камеры.

Для установки на детектор и снятия с него мюонных камер НИКИЭТ разработал перегрузочную машину, а в июле 2003 г. она уже была изготовлена и испытана на ФГУП «Красная Звезда». В феврале 2004 г. в CERN были проведены испытания машины с загрузкой макета камеры. По окончании испытаний с помощью этой техники были установлены все мюонные камеры.

Результат предварительной проверки работоспособности механической конструкции торцевых адронных калориметров был получен в августе 2006 г., при включении магнитного поля напряженностью 4 тесла. Фотограмметрия показала, что реальная деформация верхней точки конструкции в районе брекетов на диаметре 5 м составила около 2,5 мм, тогда как допустимые расчетные значения составляли более 8 мм. Аналогичная ситуация была зарегистрирована в центральной части (в районе соединительной трубы), что свидетельствует о способности конструкции выдерживать максимальные магнитные нагрузки. За работы по созданию торцевых адронных калориметров CMS НИКИЭТ был удостоен «Золотой награды коллаборации CMS CERN», а сотрудники НИКИЭТ В.П. Сметанников и А.Н. Орлов после завершения серии исследований на детекторе были награждены в 2010 г. почетными грамотами коллаборации CMS CERN за создание торцевых адронных калориметров.

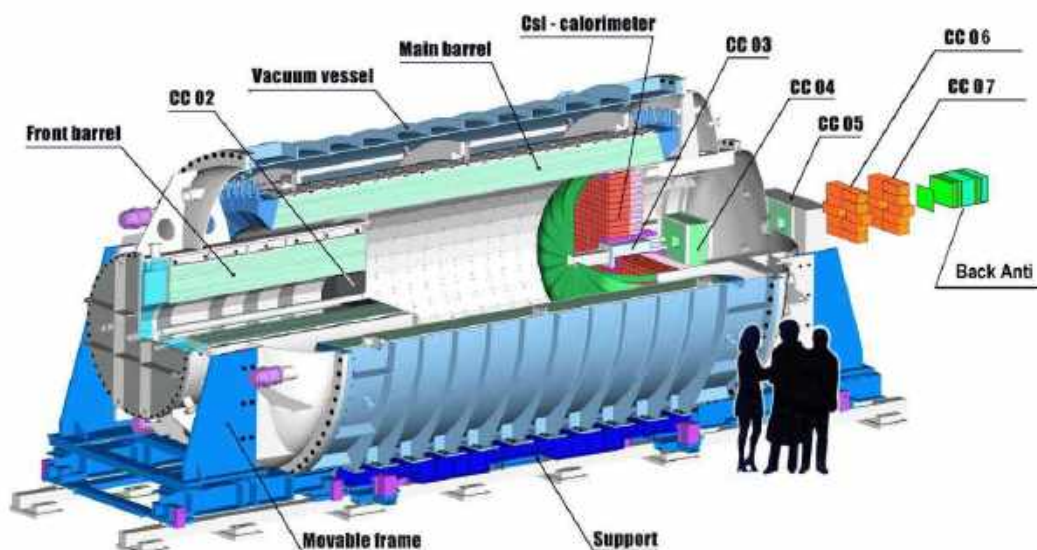
Проект «Детектор E-391a» (г. Цукуба, Япония)

Параллельно с созданием детектора CMS в CERN в рамках проекта МНТЦ № 2118 НИКИЭТ совместно с ОИЯИ непосредственно участвовал в создании детектора E-391a для одноименного эксперимента в КЕК – Национальной организации по проведению исследований в области физики высоких энергий – КЕК (г. Цукуба, Япония).

В период с сентября 2002 г. по март 2004 г. специалистами НИКИЭТ:

- разработан технический проект механической конструкции детектора E-391a;
- разработана рабочая конструкторская документация отдельных узлов и деталей детектора;
- разработана технология монтажа детектора;
- разработана рабочая конструкторская документация сборочных устройств и приспособлений для монтажа детектора;

- проведены прочностные расчеты узлов и деталей детектора, а также монтажных устройств;
- проведен авторский надзор за изготовлением и прочностными испытаниями конструкций крепления модуля главного барреля детектора E-391a (задние плиты, силовые шпильки, тарельчатые пружины, нажимные шайбы и передние панели) на предприятии «Оптоэлектроника» (Румыния, Бухарест), где изготавливались перечисленные узлы и детали;
- согласована с фирмами-изготовителями Hitachi и Hitachi Zosen Diesel (Япония) конструкторская документация на изготовление корпусов передней, средней и задней секций детектора, а также монтажных устройств и приспособлений для сборки детектора;
- проведен авторский надзор за изготовлением узлов и сборкой детектора.



Детектор E-391a

Для обеспечения точной сборки узлов, частей и детектора в целом были разработаны и применены новые конструкторские решения и технологические методы. В частности, для передней секции была предложена, экспериментально подтверждена на макетах и реализована схема соединения слоев модуля переднего барреля в жесткую конструкцию с помощью тонких металлических лент и оригинальных натяжных механизмов. Спроектирован монтажный механизм, позволяющий захватывать модуль, перемещать его и вращать на заданный угол. Предложена схема и разработана конструкция установки собранного переднего барреля в корпус секции с помощью силовых лонжеронов. Для средней секции разработана схема сборки модуля центрального барреля в единую конструкцию; реализован метод сборки центрального барреля внутри вакуумного корпуса с использованием вращающейся монтажной рамы.

Второй важной задачей являлось обеспечение высокого вакуума (10-5 Па) во внутренней полости детектора. Этому удалось достигнуть за счет применения специальных материалов и технологий, разработанных в НИКИЭТ. В начале 2004 г. детектор Е-391а был окончательно собран, проведены все испытания узлов, механизмов, приборов, электроники, была достигнута требуемая степень вакуума. В марте детектор был установлен на пучке и полностью готов к работе, а уже в апреле начался эксперимент.

Ксеноновые технологии

В настоящее время инертный газ ксенон широко используется в различных областях науки и техники: в физике элементарных частиц (спектрометрия и калориметрия ядерных излучений), в космической технике (рабочее тело ЯЭДУ, один из компонентов гелиево-ксенонового газового теплоносителя реактора космического назначения), в лазерной технике (лазеры с ядерной накачкой, эксимерные лазеры), в пожаробезопасности (взрывоопасные производства, воздушные и космические суда, подводные и надводные корабли), в медицине (анестезия, терапия, снятие стрессов и депрессий). В проектах НИКИЭТ ксенон рассматривался не только применительно к космическим ядерным установкам, а в процессе развития конверсии институт обратился к перспективе применения ксенона в медицине и решению возникающих при этом технических проблем.

С 1995 г. в НИКИЭТ в тесном контакте с медицинскими центрами России велись работы по принципиально новому направлению в анестезиологии, терапии и лечении наркозависимости – создание специального медицинского оборудования для применения ксенона в качестве медикаментозного средства. В рамках реализации конверсионной программы «Ксенон в медицине» в НИКИЭТ разработана не имеющая мировых аналогов технология регенерации ксенона из выдыхаемой пациентами смеси для многократного использования, что особенно актуально в связи с высокой стоимостью медицинского ксенона. Сегодня эта технология реализуется в медицинских учреждениях при применении ксенона в качестве анестетика и терапевтического средства.

Основные работы по ксеноновым технологиям:

- 1980–1990 гг. – создание стендов с газовыми теплоносителями для отработки элементов космических ЯЭДУ (чистота газов – 99,999 %);
- 1995–1990 гг. – создание завода по производству ксенона и криптона особо высокой чистоты в г. Заречном (Свердловская обл.), поставки газа в CERN (Женева, Швейцария);
- 1994–2000 гг. – разработка ксеноносберегающих технологий;
- 2000–2006 гг. – разработка и внедрение технологии производства медицинского ксенона из технического и регенерируемого ксенона;
- 2000–2006 гг. – разработка ксеноносберегающего наркозно-дыхательного оборудования.

Другие конверсионные проекты НИКИЭТ

В рамках иных конверсионных проектов, также основанных на опыте работ по специфике обращения с особо чистыми веществами, была разработана специальная аустенитная коррозионно-стойкая сталь 02X17H14M2-ИД вакуумной плавки с последующим двойным вакуумным переплавом для

производства особо чистых электрохимполированных труб, выпуск которых был освоен на Первоуральском трубном заводе по ТУ 14-159-213-92 в широкой номенклатуре размеров (диаметром от 8,0 до 55 мм с толщиной стенки от 1,0 до 2,5 мм). Трубы предназначены для пищевой, фармацевтической, медицинской и другой техники, где необходимы особо чистые трубы с чистотой внутренней поверхности по 12–14 классу.

Созданы установки финишной очистки аргона, кислорода, азота, водорода и других газов для электронной промышленности, которые с 1991 г. эксплуатировались в Государственном институте азотной промышленности (ГИАП), НТА «Наука», на заводе «Эльтав» (г. Махачкала) и на ряде предприятий г. Зеленограда.

Организовано производство ряда радиоактивных изотопов (^{14}C , J, Ig и др.), разработано и изготовлено оборудование и произведена пусконаладка установки по производству сверхчистого германия, освоено производство экологически чистых автомобильных охладителей – подогревателей для пищевых продуктов на термоэлектрических элементах, освоено производство циркониевых имплантантов и специального инструмента для проведения челюстно-лицевых операций.

Разработан, изготовлен и прошел клинические испытания лазерный флуориметр для оперативной идентификации и ранней диагностики злокачественных новообразований в организме человека.

Создан и поставлен в физиотерапевтическое отделение клинической больницы № 83 дозатор лазерного излучения с программным управлением для существенного повышения эффективности лечения больных с широким спектром хронических, а также острых и подострых воспалительных процессов: в ревматологии (артриты, артрозы), неврологии (радикулиты, остеохондрозы), гинекологии (воспалительные процессы придатков), урологии, при панкреонекрозах, при легочной патологии, гепатитах, гастритах, при трофических язвах, дерматитах, экземах и других заболеваниях.

Большинство разработанных проектов основаны на российских науках, не имеющих мировых аналогов. В заключение следует отметить, что большой вклад в реализацию перечисленных выше конверсионных проектов внесли В.П. Сметанников, С.М. Вовк, А.Н. Орлов, Г.К. Белов, П.И. Факеев, В.С. Беззубцев, А.Н. Тихомиров, В.В. Петрушин, Е.И. Миронов, М.А. Петрушин, С.Н. Заводчиков, А.Д. Иванов, Д.Н. Дружкин, В.В. Кудинов, Л.А. Слепцов и многие другие специалисты НИКИЭТ и его дочерних предприятий.

4.17. Научно-организационное обеспечение работ НИКИЭТ (научно-технический совет, конференции)

При создании института его основателем Николаем Антоновичем Доллежалем была сформирована эффективная структура научно-организационного обеспечения деятельности предприятия. Используемые в ней подходы во многом сохраняют свою актуальность и по сей день, о чем наглядно свидетельствует ее сопоставление с сегодняшней системой в НИКИЭТ.

Научно-технический совет

Научно-технический совет (НТС) института был организован в 1955 г. и утвержден в составе 36 действительных членов с правом решающего голоса и состоял в основном из представителей дирекции института, начальников объектовых и ведущих научно-исследовательских отделов, руководителей основных лабораторий. В состав НТС входили также секретарь парткома КПСС и председатель месткома профсоюза. Председателем НТС был утвержден директор института Н.А. Доллежалъ. Ученым секретарем НТС назначен кандидат наук Б.А. Ушаков.

В 1970 г. в состав НТС входили 8 докторов наук, 9 кандидатов наук и 18 высококвалифицированных инженеров с большим производственным и руководящим стажем работы.

При НТС функционировали шесть секций:

1. Аппаратостроение.
2. Автоматика и контрольно-измерительные приборы (КИП).
3. Теплотехника и гидравлика.
4. Материаловедение.
5. Прочность.
6. Технологии.

НТС рассматривал на своих заседаниях комплекс научных, инженерных и научно-организационных вопросов в соответствии с профилем тематики института. Секции на своих заседаниях рассматривали конкретные вопросы по профилю своей деятельности, детализируя их до необходимой степени. Они также рассматривали заявки на изобретения и другие сопутствующие вопросы.

В настоящее время в состав НТС НИКИЭТ входят 27 чел., в числе которых 2 действительных члена РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 11 докторов наук, 7 кандидатов наук. Председателем НТС утвержден научный руководитель института доктор технических наук профессор Е.О. Адамов. Ученым секретарем НТС назначен кандидат наук А.В. Джалавян.

При НТС функционируют 12 секций:

1. Канальные энергетические реакторы.
2. Перспективные и исследовательские реакторы и установки.
3. Космические ядерные энергодвигательные установки и конверсия.
4. Конструирование и технология изготовления элементов активных зон.
5. Физика, ядерная и радиационная безопасность.
6. Теплофизика.
7. Комплексные системы автоматизации.
8. Прочность, материаловедение и коррозия.
9. Инженерно-производственная секция.
10. Неразрушающий контроль и диагностика.
11. Обращение с ОЯТ и РАО, вывод из эксплуатации.
12. Спецтематика.

Деятельность НТС направлена на разработку и проведение единой научно-технической политики института при выполнении проектно-конструкторских, научно-исследовательских и производственно-технологических работ.

НТС определяет новую перспективную тематику научно-технической деятельности института на основе анализа современных достижений отечественной и зарубежной науки, технологий и оборудования, проводит поиск наиболее эффективных путей внедрения новых технологий и проектных решений.

НТС осуществляет экспертизу завершенных и находящихся на различных этапах выполнения проектных, опытно-конструкторских и исследовательских работ с оценкой их эффективности, научно-технического уровня и целесообразности продолжения, экспертизу программ и планов НИОКР по направлениям деятельности института.

На заседаниях НТС рассматриваются также вопросы подготовки и оценки кадров высшей квалификации, выдвижения на соискание премий РФ, отраслевых и вневедомственных премий и конкурсов и другие вопросы, входящие в компетенцию НТС.

Научно-технические конференции в НИКИЭТ

НИКИЭТ, будучи одним из крупнейших российских научно-исследовательских и конструкторских центров ядерного реакторостроения, регулярно организует и проводит научно-технические конференции с широким участием российских и зарубежных специалистов. В частности, только за 2000-е гг. прошли следующие конференции и семинары: международная научно-техническая конференция «Опыт конструирования ядерных реакторов» (27–28 мая 2002 г.); международная научно-техническая конференция «Атомная энергетика и топливные циклы» (1–5 декабря 2003 г.); международная научно-техническая конференция «Канальные реакторы: проблемы и решения» (19–22 октября 2004 г.); международная конференция «Ядерная энергетика в космосе – 2005» (1–3 марта 2005 г.); научно-практическая конференция «Ксенон и ксеноносберегающие технологии в медицине – 2005» (15–16 декабря 2005 г.); международная научно-техническая конференция «Исследовательские реакторы в XXI веке» (20–23 июня 2006 г.); международный семинар «Вода и пар сверхкритических параметров в атомной энергетике: проблемы и решения» (22–23 октября 2008 г.); межотраслевая научно-техническая конференция «50-летний период развития корабельной ядерной энергетике и ее перспективы» (24–25 марта 2009 г.).

С 1999 г. НИКИЭТ ежегодно проводит специализированные межотраслевые семинары и конференции по вопросам обоснования прочности, ресурса и срока службы элементов объектов использования атомной энергии, включая вопросы конструирования оборудования и трубопроводов с повышенным сроком службы (до 60 лет), оптимизации объемов и периодичности контроля состояния металла неразрушающими методами, испытаний пробным давлением, информационной поддержки «жизненного цикла» объектов, разработки нормативно-технических документов и программного обеспечения.

Успешно проведены 7 семинаров: «Прочность и надежность нефтегазового оборудования» (1999 г. – г. Москва, 2001 г. – г. Софрино Московской области, 2003 г. – Москва); «Прочность и надежность оборудования» (2005 г. – г. Звенигород, 2007 г. – г. Москва, 2009 и 2011 гг. – г. Звенигород), 6 российских научно-

технических конференций «Методы и программное обеспечение расчетов на прочность» (2000 г. – г. Туапсе, 2002 г. – г. Геленджик, 2004 г. – г. Туапсе, 2006, 2008, 2010 гг. – г. Геленджик).

Все конференции и семинары проводились при поддержке ГК «Росатом». Они способствуют выполнению основных задач ГК «Росатом», продвижению продукции предприятий отрасли на рынки, формированию объективного общественного мнения о деятельности отрасли, повышению научно-технического уровня разработок, качества проектирования, изготовления оборудования и конструкций, надежности эксплуатации ЯУ в течение длительного периода.

Решения, принятые участниками конференций и семинаров, рассылаются в организации атомной отрасли и заинтересованных ведомств, ВУЗы, отраслевые СМИ.

4.18. Международное сотрудничество

Начало международной деятельности НИКИЭТ было положено еще в 1955 г., о чем под многозначительным (для советских времен) названием «Связь с границей» свидетельствует один из разделов монографии по истории коллектива Н.А. Доллежала за период 1946–1970 гг. В те годы это сводилось к участию специалистов в международных конференциях, симпозиумах, семинарах и тому подобных мероприятиях, проводимых в зарубежных странах по различным вопросам использования атомной энергии в мирных целях. Кроме того, сотрудники института командировались для оказания технической помощи по вопросам атомной техники на предприятия в КНДР, Ирак, Чехословакию; сотрудники института привлекались для работы в качестве руководителей советских павильонов, консультантов и стендистов на выставках по атомной технике.

Первое место по объему среди работ с западными партнерами занимает двухстороннее сотрудничество с США. Для многих энергоблоков с РБМК разработана, изготовлена и установлена система представления параметров безопасности (SPDS). Осуществлялось сотрудничество в области разработки и освоения симптомно-ориентированных аварийных инструкций, верификации и адаптации компьютерных кодов США применительно к анализу аварий РБМК.

В рамках двухсторонних проектов с Канадой выполнены работы по поставкам компьютерного оборудования, разработке отдельных узлов и устройств контрольного оборудования и адаптации канадских компьютерных кодов применительно к анализу аварий РБМК. Большая работа проведена в рамках сотрудничества с Германией по адаптации германских компьютерных кодов для анализа безопасности РБМК, например для расчета динамики давления в реакторном пространстве при разрыве одного и более технологических каналов РБМК. В сотрудничестве с Японией был выполнен очень важный проект по разработке, изготовлению и внедрению микрофонной системы для обнаружения течи контура многократной принудительной циркуляции реактора РБМК.

Совместно с экспертами Университета Пизы (Италия) специалисты НИКИЭТ и ряда других российских организаций выполнили проект по теме «Разработка комплекса программ для анализа тяжелых аварий на реакторах типа РБМК». Цель

данного проекта состояла в предоставлении российскому полномочному органу комплекса детальных программ, с помощью которого можно надежно оценивать поведение активной зоны (и всех последствий, связанных с безопасностью) при тяжелых переходных режимах и авариях РБМК, включая расплавление топлива, разрыв отдельных технологических каналов и затем множественные разрывы каналов.

В течение ряда лет совместно с Аргоннской национальной лабораторией США проводились работы в рамках международной программы RERTP по снижению степени обогащения топлива исследовательских реакторов. Работами руководил заместитель директора института В.Г. Аден, активное участие в них принимали Е.Ф. Карташев, В.А. Лукичев и др.

В 1992–1995 гг. специалисты НИКИЭТ совместно с американскими фирмами Aerojet, Rocketdyne и B&W выполнили 10 проектов по разработке концепции ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ) для освоения дальнего космоса. Были проведены также реакторные испытания топлива, подтвердившие превосходство российских ядерных технологий применительно к созданию ядерных энергетических объектов космического назначения. Работы по космической ЯЭДУ продолжались НИКИЭТ совместно с Комиссариатом по атомной энергии Франции, американской фирмой Aerojet и агентством NASA. Концептуальный проект этой ЯЭДУ был представлен на авиационно-космическом салоне Ле-Бурже (Франция) в 1997 г. Со стороны НИКИЭТ проектами руководил главный конструктор В.П. Сметанников, большой вклад в них внесли В.К. Уласевич, Ю.С. Черепнин, В.Д. Колганов, Е.Л. Ромадова, М.С. Беляков, С.В. Баринов, А.С. Егоров, О.Н. Логачев, Т.И. Рожкова, Ю.Э. Хандамиров, Л.А. Канунников и др.

В международном сотрудничестве НИКИЭТ нашла отражение и такая важная тематика, как физическая защита, учет и контроль ядерных материалов. Совместно с Сандийскими национальными лабораториями и Тихоокеанской Северо-западной национальной лабораторией США специалисты НИКИЭТ в рамках межправительственных соглашений Гора–Черномырдина выполнили в 1998 г. проект «Модернизация физической защиты и систем учета и контроля ядерных материалов, находящихся под контролем НИКИЭТ».

Еще один проект по физической защите был выполнен в рамках двухстороннего сотрудничества с Великобританией. Были полностью модернизированы такие системы физической защиты, как бюро пропусков, КПП с тремя барьерами безопасности, фрагмент ограждения территории с двумя барьерами безопасности и КПП для проезда автомобильного транспорта с тремя барьерами безопасности. Кроме того, были введены в эксплуатацию системы охранной сигнализации, теленаблюдения и охранного освещения периметра объекта и локальной защиты здания реактора, система резервного энергоснабжения, центральное караульное помещение и система управления физической защиты. При окончательной приемке работ по данному проекту, проводимой под руководством Директора – Генерального конструктора НИКИЭТ Ю.Г. Драгунова, были торжественно открыты две памятные доски – о введении в эксплуатацию модернизированной системы физзащиты и в память о руководителе и инициаторе проекта физзащиты

НИКИЭТ заместителе Генерального директора по режиму и безопасности генерале В.М. Ромашине.

Обоими проектами в НИКИЭТ руководил заместитель Генерального директора по режиму и безопасности В.М. Ромашин, наряду с ним большой вклад в реализацию проекта внесли М.И. Домчев, П.И. Факеев, Д.Л. Дронов, С.Г. Лысенко, В.Ю. Цветаев и др. После смерти В.М. Ромашина работами по международному сотрудничеству в области физической защиты, учета и контроля ядерных материалов руководит заместитель Директора – Генерального конструктора НИКИЭТ Д.Л. Дронов.

Специалисты НИКИЭТ принимают участие в международном проекте ИНПРО, инициированном в МАГАТЭ после выступления президента России В.В. Путина на Саммите тысячелетия в 2000 г. В настоящее время этот проект представляет интерес для НИКИЭТ с точки зрения наращивания активности по организации международной кооперации вокруг проекта многоцелевого быстрого исследовательского реактора (МБИР). В НИКИЭТ работами по проекту руководит главный конструктор Ю.С. Черепнин, активно участвуют в работах Е.Л. Ромадова, В.Г. Смирнов и др.

В конце 2011 г. НИКИЭТ в рамках программы глобальной ядерной безопасности заключил с Агентством по устранению угрозы безопасности Министерства обороны США контракт на транспортировку ОТВС из активной зоны плавучего блока утилизированной российской атомной подводной лодки «Альфа-900» в пяти модифицированных контейнерах ТУК-108/1. Работы по проекту включают проектирование и изготовление 28 наружных чехлов с соответствующими прокладками, заглушками и комплектом запчастей. Это оборудование необходимо перевезти в Мурманск на площадку ФГУП «Атомфлот», а затем в поселок Гремиху. По окончании приемочных испытаний в Гремихе в модифицированные контейнеры ТУК-108 будет загружено ОЯТ реакторного блока АПЛ «Альфа-900», после чего они будут перевезены на накопительную площадку ФГУП «Атомфлот».

Нельзя не отметить, что большой вклад в осуществление международного сотрудничества НИКИЭТ внесли работники международной, информационной и других служб: С.Г. Бочаров, И.В. Кабанов, А.Б. Иванов, А.А. Пушкин, Л.И. Ежова, Е.В. Кочнова, Т.Н. Тимакина, Ю.В. Плюшева, Е.А. Карандина, А.А. Жиганшин, Л.М. Мельникова, О.Л. Гриневич, А.В. Джалавян и др.

4.19. Функциональные службы (применение IT-систем в проектных работах и документообороте, информационное, режимно-секретное, планово-экономическое и инфраструктурное обеспечение работ)

Полноценная деятельность объектовых отделов, научно-исследовательских и производственно-экспериментальных подразделений института невозможна без эффективной поддержки функциональных служб. Основатель и первый директор НИКИЭТ Николай Антонович Доллежал с самого момента организации института придавал большое значение их становлению и развитию.

Ниже представлена информация об истории и современном состоянии ряда функциональных служб НИКИЭТ.

ИТ-обеспечение проектных работ и документооборота НИКИЭТ

Деятельность НИИ-8 (ныне НИКИЭТ) изначально была неразрывно связана с внедрением и постоянным использованием машинных расчетов. На первых порах для них применялись механические и электромеханические арифмометры типа «Феликс», «Рейнметалл» и др.

Первая электронно-вычислительная машина в НИИ-8 – «Урал-1» – была сдана в эксплуатацию в 1958 г. С ее приобретением стал формироваться коллектив работников по обеспечению ее эксплуатации, хотя, надо сказать, специалистов в этой области, а тем более с высшим образованием, тогда было очень мало. Вопрос создания подразделения, занимающегося современными средствами вычислительной техники с каждым днем становился все актуальнее. Руководство Института понимало, что именно использование вычислительной техники позволяет создавать конкурентоспособные устройства ядерной техники.

Использование ЭВМ «Урал-1» позволило решить ряд самых неотложных задач, но отнюдь не удовлетворило острой потребности в увеличении вычислительных мощностей. С этой целью была предпринята беспрецедентная по тем временам попытка разработать собственную, более мощную ЭВМ. Силами специалистов НИКИЭТ при научном руководстве Б.И. Шитикова (ИАЭ им. И.В. Курчатова) была разработана, смонтирована, отлажена и в 1964 г. введена в эксплуатацию двухадресная ЭВМ «Сокол», которая по своим характеристикам была близка к серийно выпускаемой трехадресной «М-20». Машина успешно использовалась для выполнения сложных расчетов при разработке многих проектов. В этой деятельности себя проявили Ю.М. Безбородов, В.М. Виноградов, Е.А. Старостин и другие сотрудники НИКИЭТ.

Придавая должное значение автоматизации расчетных исследований, директор Института Н.А. Доллежалъ после ввода в эксплуатацию очередной универсальной ЭВМ приказом от 3 января 1968 г. № 15 выделил эту работу в отдельное направление и организует «...отдел цифровых машинных вычислений в связи с необходимостью улучшения вычислительных работ на предприятии...». Начальником нового отдела, получившего № 28, был назначен Е.А. Старостин. Коллектив отдела был сформирован из работников отдела № 14 и насчитывал 40 чел. Отдел усиленно занимался подготовкой собственных кадров: вечерний вуз, система технической учебы, семинары. Через систему вечернего образования прошли многие специалисты и руководители: А.Н. Дудкин, Е.М. Ковалев, В.Н. Крючков, И.П. Левченко, В.С. Малыгинов, Ю.А. Полухин, Ю.Ф. Шипкин и другие.

В дальнейшем для НИКИЭТ стало правилом сдавать в эксплуатацию вновь выпускаемые в СССР ЭВМ с начальными серийными заводскими номерами. Хронология сдачи в эксплуатацию ЭВМ служит тому убедительным подтверждением:

- 1967 г. – «М-220»;
- 1971 г. – «БЭСМ-6»;
- 1973 г. – вторая «М-220».

Принимая во внимание факт создания «своей» ЭВМ, нет необходимости доказывать, что Институт никогда не пользовался услугами заводских бригад или сервисных фирм по монтажу, вводу в эксплуатацию и техническому обслуживанию используемой вычислительной техники.

Решение задач моделирования и обчета динамики физических процессов реакторов проводилось на «М-220», объединенной с аналоговой вычислительной ЭВМ «МН-17М» в единый аналого-цифровой вычислительный комплекс, который был разработан и создан силами сотрудников НИКИЭТ в 1974 г. По тем временам это был один из наиболее производительных вычислительных комплексов для решения подобных задач в СССР.

Впервые в стране в 1976 г. в НИКИЭТ был создан Центр технической поддержки реакторов на Курской АЭС. НИКИЭТ как институт главного конструктора реакторов имел возможность осуществлять оперативную помощь персоналу станции при пуске и эксплуатации, получая в реальном времени необходимые данные с помощью аппаратуры связи «Аккорд-1200 ПП» непосредственно с АЭС для обработки их в своем вычислительном центре.

НИКИЭТ как конструкторский институт всегда старался иметь самое современное программно-техническое оснащение для автоматизации проектно-конструкторских работ. Результативная работа в этом направлении началась в 1979 г. Свидетельством этому стало неоднократное признание работ института лучшими в системе Минсредмаша.

Для дальнейшего обеспечения исследовательских и конструкторских работ НИКИЭТ вычислительными ресурсами были введены в эксплуатацию следующие специализированные и универсальные ЭВМ:

- 1979 г. – «АРМ-1» (автоматизированное рабочее место конструктора);
- 1980 г. – «ЕС-1033» и вторая «БЭСМ-6»;
- 1982 г. – «АРМ-2»;
- 1984 г. – «ЕС-1045»;
- 1987 г. – «MicroVAX-II» (2 шт.) и импортные мини-ЭВМ типа «ТРА-420/540» (5 шт.);
- 1988 г. – «ЕС-1066»;
- 1990 г. – «Эльбрус-1-КБ», «Cyber-962» и 8 комплектов ЭВМ.

Большой парк оборудования, обилие используемых операционных систем, направления работ по САПР и АСУ, возложенные на отдел, рост численности персонала привели к необходимости придать подразделению более высокий статус. 20 января 1988 г. директор института Е.О. Адамов подписал приказ № 24 о создании Отделения вычислительной техники и автоматизации во главе с директором Е.А. Старостиным.

В 2001 г. прошла реальную обкатку «Концепция модернизации вычислительной сети» на примере вводимого в эксплуатацию в институте нового корпуса (здание № 13). Суть ее заключается в том, что сеть наполняется активным оборудованием, с помощью которого она управляется и контролируется.

Подводя краткий итог истории и характеристике отделения, необходимо упомянуть тех, кто внес в его развитие наибольший вклад. Это Е.А. Старостин, М.А. Ключков, А.М. Бурмистров, Ю.М. Безбородов, В.П. Ковтуненко, Н.С. Миromanова, Ю.Ф. Шипкин, В.Н. Крючков, Ю.А. Полухин, Б.П. Соковых, В.К. Алим-

баров, Е.М. Ковалев, В.М. Барахтян, Т.В. Максимова, П.П. Бовин, А.Н. Старыгин, В.С. Ефимов, О.В. Довгий, Е.А. Петров, Г.А. Алехина, Н.Е. Яковлев и многие другие.

В настоящее время коллектив Отделения продолжает реализацию политики активного развития IT-обеспечения проектных работ и документооборота института. Проведена модернизация компьютерной сети с использованием высокопроизводительных интеллектуальных коммутаторов (72 шт.), объединенных гигабитными оптическими линиями связи и управляемых с единой консоли. Общее число клиентов сети – 1200, серверов в сети – более 30, из них 22 сервера HP Proliant. Широкое распространение в институте получила практика внедрения технологии виртуальных ЭВМ. В настоящее время разрабатывается проект и поэтапно внедряется доменная структура компьютерной сети НИКИЭТ. Все технические средства функционируют под управлением операционных систем MS Windows 2000, 2003, XP, Vista, Windows 7, Linux, применяются программные пакеты MS Office 2007, 2010. При разработке баз данных в качестве корпоративного стандарта в Обществе используются СУБД ORACLE и MS SQL. В НИКИЭТ проводится политика использования только лицензионного ПО.

Компьютерная сеть Общества имеет:

- два выделенных оптических канала связи с провайдерами Интернет-услуг (10 Мбит/с и 20 Мбит/с);
- два (оптический и спутниковый) канала выхода в компьютерную сеть системы противоаварийного реагирования концерна «Росэнергоатом»;
- оптический канал выхода в компьютерную сеть СКЦ Росатома;
- выделенный оптический канал (20 Мбит/с) видеоконференцсвязи с контрагентами по совместным проектам;
- канал доступа к ресурсам центра обработки данных НИЦ «Курчатовский институт»;
- защищенный (ViPNet Coordinator) канал доступа к ресурсам вычислительного центра коллективного пользования ВНИИЭФ (г. Саров).

В 2010 г. внедрена система управления ресурсами Общества на базе ERP «Галактика-8», реализующая следующие функции: управление персоналом, управление договорами по прямой и хозяйственной деятельности, бухгалтерский учет, налоговый учет, платежный календарь, расчет заработной платы, логистика и складской учет, управление НИОКР. В 2012 г. планируется расширение функционала системы за счет внедрения модулей бюджетирования и управления подготовкой производства.

Для информационной поддержки профильной деятельности (проектирование, конструирование, инженерный анализ и расчетное обоснование, технологическая подготовка производства – создание наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью) в Обществе реализуется проект создания единого информационного пространства на основе интегрированной системы разработки изделий Windchill PDM&ProjectLink. Система интегрирует в единую среду:

- средства САПР для создания электронной модели изделия в формате 3D, таких как Pro/Engineer, Solid Works, AutoCad, CATIA, КОМПАС и другие;
- электронный инженерный документооборот с маршрутами прохождения проектной документации с возможностью реализации коллективной работы в режиме параллельного проектирования;

- сетевое планирование и контроль за ходом выполнения проектов по созданию изделий;
- электронный архив выполненных в едином информационном пространстве работ, который в дальнейшем планируется расширить для хранения электронных представлений бумажных документов из технического архива НИКИЭТ (режим электронного «зеркала» существующего бумажного технического архива без нарушения возможности функционирования технического архива в «бумажном режиме» для дополнительной надежности хранения).

Для технологической подготовки производства и управления станками с ЧПУ используется система «АДЕМ» компании «Рациональные технологии».

В системах автоматизации проектирования, технологической подготовки производства и расчетных исследований используются пакеты AutoCAD, «Компас», Adem, CATIA, Pro/Engineer, PCAD, ANSYS, CANPIPE 1.0, MachCAD, MathLAB.

Для выполнения расчетных исследований применяются:

- центр обработки данных НИЦ «Курчатовский институт» – порядка 700 часов счета в год на 100-процессорном вычислителе;
- вычислительный центр коллективного пользования ВНИИЭФ (г. Саров) с доступной производительностью в 50 Тфлопс, с общим временем решения задач до 2558,18 ч/мес. и средним использованием до 340 процессоров на задачу;
- собственный трехузловый вычислитель терафлопсного класса, который обладает 144 процессорными ядрами, 384 Гб ОЗУ и 5,5 Тб дисковой памяти;
- собственный корпоративный вычислительный комплекс с масштабируемой архитектурой, ядром которого является система HP BladeSystem cClass 7000, состоящая в настоящее время из восьми Blade-серверов (по два 4-ядерных процессора X5550 на каждом) с общей оперативной памятью 96 Гб и дисковой 4 Тб;
- собственный корпоративный вычислительный комплекс «СуперЭВМ средней производительности» в 10 Тфлопс, созданный в рамках реализации федеральной целевой программы «Комплекс работ по объекту «Техническое перевооружение объектов технологического центра и информационной сети управляемого термоядерного синтеза» в 2011 г.

Обеспечен терминальный доступ к этим комплексам с рабочих мест расчетных подразделений Общества.

Для работ по специальной тематике введен в эксплуатацию вычислительный кластер с характеристиками:

- два сервера на 20 узлов, 40 процессоров и 240 ядер с суммарным быстродействием 2,053 Тфлопс с суммарной оперативной памятью 480 Гб и дисками на 3 Тб;
- управляющий узел 2-процессорный 12-ядерный с оперативной памятью 24 Гб и дисками емкостью 4 Тб;
- комплект управляющей, сервисной и вычислительной сетей;
- шесть мощных рабочих станций, две из которых подключены к кластеру.

В 2012 г. выполнение федеральной целевой программы будет продолжено. Общая производительность оборудования к 2016 г. должна составить не менее 100 Тфлопс.

Электронный документооборот и делопроизводство реализованы на системе электронного документооборота «Дело». Это отечественная разработка, реализованная с соблюдением всех российских стандартов и имеющая все необходимые российские лицензии и сертификаты.

Защита информации является составной частью работ по созданию и эксплуатации IT-инфраструктуры НИКИЭТ. Основой системы защиты должна стать доменная структура сети, которую планируется реализовать в 2012 г., что позволит централизованно применять политику безопасности к компьютерам, пользователям, подразделениям, устройствам и сервисам, а также управлять безопасностью.

Защита осуществляется организационными мерами и сертифицированными программно-техническими средствами. На ближайшее время планируются:

- создание кластера из существующих 16 блейд-серверов, объединенных по шине 10g, что позволит увеличить производительность системы более чем в два раза;
- модернизация кабельной инфраструктуры компьютерной и телефонной сетей Общества, обеспечивающая увеличение скорости передачи данных по магистральным каналам до 10 Гбит/с;
- создание единого информационного пространства на основе интегрированной системы разработки изделий Windchill PDM&ProjectLink;
- внедрение автоматизированной системы управления подготовкой производства ERP «Галактика-8»;
- внедрение модуля «Бюджетирование» ERP «Галактика-8»;
- оснащение суперЭВМ средней производительности программными системами, реализующими технологию распараллеливания вычислений;
- внедрение портала оперативного планирования основной деятельности Общества;
- обеспечение активной защиты компьютерной сети НИКИЭТ от внешних сетевых атак и угроз и др.

Информационное обеспечение работ НИКИЭТ

В области информационной поддержки следует отметить деятельность подразделений, обеспечивающих поиск и анализ информации, выпуск технической документации в соответствии с существующими стандартами, полиграфическое оформление печатной продукции и хранение технической документации в электронном архиве.

Головной отдел научно-технической информации (ГОНТИ), возглавляемый Еленой Альбертовной Карандиной, осуществляет поиск информации для объектовых и научных подразделений института, выпускает тематические аналитические обзоры. Редакционно-издательская группа готовит для открытого опубликования монографии, статьи и доклады сотрудников НИКИЭТ. Сотрудники патентно-лицензионного бюро ГОНТИ проводят патентный поиск, совместно с авторами оформляют заявки на патенты и полезные модели по результатам проводимых в институте работ.

Большую роль в деятельности НИКИЭТ играет отдел технической документации. В течение многих лет работой отдела успешно руководит Ахмет Аббасович Жиганшин. В состав отдела входят бюро технической документации, бюро множительной техники и бюро 3D-визуализации и макетирования. Налажена работа электронного архива, в который заносится и ранее выпущенная техническая документация. Отдел вносит большой вклад в визуальное оформление помещений института, выпуск различных стендов и буклетов, оказывает большую помощь при проведении конференций и массовых мероприятий.

Отдел качества и стандартизации, которым руководит Сергей Иванович Лебедев, обеспечивает поддержание высокого уровня технической культуры и соблюдения необходимых стандартов при выпуске технической документации и научных публикаций. В составе отдела функционируют бюро качества и лицензирования, бюро нормоконтроля и бюро стандартизации и нормативной документации. С.И. Лебедев систематически проводит в подразделениях института мониторинг соблюдения требований качества и стандартизации.

Режимно-секретные подразделения

С учетом объема работ с использованием сведений, составляющих государственную тайну, и специфики деятельности НИКИЭТ, в соответствии с нормативными документами, утверждаемыми Правительством СССР, а в дальнейшем Российской Федерации, в НИКИЭТ действуют структурные подразделения по защите государственной тайны.

9 сентября 1952 г. в соответствии со штатным расписанием был создан отдел № 1, штат которого составлял 9 чел. С этого подразделения началось создание режимно-секретной службы института. Приказом № 3 директора НИИ-8 от 29 июня 1953 г. на должность начальника отдела была назначена Наталья Георгиевна Полетаева. Приказом министра машиностроения СССР от 16 декабря 1953 г. № 1167 (приказ НИИ-8 от 21 декабря 1953 г. № 159) помощником директора НИИ-8 по режиму и охране был назначен Михаил Андрианович Жуков.

В июне 1966 г. в штатное расписание института был введен отдел № 2 (режимный), первым руководителем которого в соответствии с Приказом № 98 по НИИ-8 от 18 августа 1966 г. стал Анатолий Федорович Плюхин.

В последующие годы, исходя из объема работ с использованием сведений, составляющих государственную тайну, были созданы структурное подразделение по защите государственной тайны – специализированное научно-техническое бюро, отдел фондов, специальная шифровальная служба, бюро мобилизационной готовности и гражданской обороны.

Специфика ряда проектных работ НИКИЭТ, а также большой объем контактов работников НИКИЭТ с иностранными гражданами предъявляют повышенные требования к режимно-секретным подразделениям. Работники этих подразделений успешно справляются со своими задачами (руководители А.С. Веселовский, Д.Л. Дронов, С.Т. Ознобишин, А.С. Батьков).

В последние годы можно отметить большой вклад Г.Ф. Зуевой, В.М. Корякиной, Н.Л. Коризны, В.Ю. Цветаева, Н.П. Киселева, Л.В. Цветаевой, В.Н. Пономарева.

Планово-экономические и финансовые подразделения

История развития планово-экономических подразделений начинается с 1953 г., когда в структуре Института были организованы планово-производственный отдел и бухгалтерия.

В связи с совершенствованием налогового законодательства, образованием в 1990 г. налоговых инспекций, ужесточением ответственности юридических лиц по уплате налогов и сборов была введена должность заместителя директора по социальному развитию, экономике и кадрам, которую занял Владимир Николаевич Ершов, возглавлявший финансово-экономическую службу до 1996 г.

С 1997 по 2009 гг. в должности директора по экономике направление возглавлял Владимир Васильевич Простяков.

В 2004 г. в связи с требованиями Минатома и Минимущества РФ, связанными с повышением эффективности использования федерального имущества, была введена должность директора по финансовому контролю и бюджетированию, на которую была назначена Ирина Константиновна Костина.

Отдел организации труда и заработной платы выделился из планово-производственного в 1985 г. Его возглавлял Александр Никитич Малышев, а затем с 1987 г. до его преобразования в 1997 г. в планово-экономический отдел – Зинаида Васильевна Галкина. В 1997–2008 гг. планово-экономический отдел возглавлял Вадим Дмитриевич Булятов, в 2008–2010 гг. – Анатолий Гаврилович Чубров.

Планово-производственный отдел возглавляли:

1953–1986 – В.Д. Перемышев

1986–2000 – В.П. Русаков

2000 – н.в. – А.В. Крутов

За время с 1953 по 2010 гг. финансово-экономическая служба прошла путь от ручных расчетов с использованием «конторских счет» до автоматизированной обработки финансово-экономической информации. Основные этапы автоматизации:

- 1986 – переход планово-производственного отдела к расчету смет на ЕС-1045;
- 1989 – расчет зарплаты бухгалтерией на БЭСМ-6;
- 1996 – переход бухгалтерии на автоматизированное формирование в системе «ИНФИН» оборотного баланса и журналов;
- 2001 – перевод планово-производственного отдела и бухгалтерии на систему КИС «Эталон».

В соответствии с требованиями Госкорпорации «Росатом» финансово-экономическая служба НИКИЭТ в 2010 г. была реорганизована. Финансово-экономический блок в должности заместителя Директора – Генерального конструктора по экономике и финансам возглавил Владимир Алексеевич Зубаков. Были выделены три департамента:

- департамент экономики и планирования (начальник Татьяна Владимировна Медведева);
- департамент бухгалтерского учета (начальник Марина Владимировна Козырева);
- департамент финансов (начальник Ирина Константиновна Костина).

В этом же году в опытно-промышленную эксплуатацию была введена информационная система «Галактика», которая объединила в интегрированную систему управления предприятием все направления финансово-экономической деятельности НИКИЭТ.

В 2010 г. в состав финансово-экономического блока вошел отдел планирования и осуществления процедур закупок, созданный для осуществления закупочной деятельности в соответствии с «Единым отраслевым стандартом закупок Госкорпорации «Росатом». В 2011 г. отдел был преобразован в департамент управления закупками, который возглавил Вадим Владимирович Ермин.

Под руководством заместителя Директора – Генерального конструктора по экономике и финансам В.А. Зубакова финансово-экономический блок обеспечивает финансово-экономическое сопровождение деятельности НИКИЭТ и предоставление всей отчетности в установленные сроки.

Слаженная работа финансово-экономического блока с основными подразделениями НИКИЭТ, работники которых создают товарную продукцию, является залогом эффективной и прибыльной работы всего коллектива НИКИЭТ.

Инфраструктурное обеспечение

Должность заместителя директора по общим вопросам имела в структуре Института с самого начала. Он осуществлял управление следующими подразделениями: бухгалтерия, планово-производственный отдел, отдел материально-технического снабжения, административно-хозяйственный отдел и кооперация. В апреле 1956 г. появился врачебный здравпункт № 8 – лечебно-профилактическое подразделение Института. В своей повседневной работе здравпункт был связан с Центральной поликлиникой № 3 Министерства здравоохранения СССР. Здравпунктом осуществлялись следующие функции: организация и проведение периодических медицинских осмотров с целью выявления ранних форм профессиональных заболеваний; организация диспансерного наблюдения за гипертоническими, язвенными, сердечно-сосудистыми заболеваниями; оказание квалифицированной медицинской помощи при острых заболеваниях и несчастных случаях; проведение профилактических мероприятий, способствующих снижению заболеваний среди сотрудников Института и др. Позднее в институте появился стоматологический кабинет, оснащенный современным оборудованием. Активно развивались социальные объекты: функционировали пионерский лагерь «Васильевское», детский сад на ул. Бойцовая, два жилых дома на ул. Летчика Бабушкина, были построены два жилых дома для сотрудников Института в Преображенском районе, начато строительство горнолыжной базы «Ильинское».

В 2010–2011 гг. с назначением на должность заместителя Директора – Генерального конструктора по общим вопросам Сабита Хамитовича Уразова развернута работа по улучшению качества производственных помещений. Так, отремонтировано более 8000 кв. м внутренних помещений с заменой старой офисной мебели на новую, полностью отремонтировано помещение столовой с заменой устаревшего оборудования и мебели, проведен капитальный ремонт фасадов 6 зданий, произведена замена кровли, проведено благоустройство территории (посажено дополнительно 30 деревьев хвойных и лиственных

пород). Произведена замена устаревшего оборудования систем электро- и теплоснабжения, причем в основном силами сотрудников ЭМО, с целью минимизировать привлечение сторонних подрядных организаций.



3-й корпус до ремонта



3-й корпус после ремонта



Столовая после ремонта

4.20. Формирование и поддержка кадрового потенциала

Существенный вклад в кадровую работу внесли: А.И. Шеленков, Л.П. Сибирякова, В.Н. Ершов, Б.Н. Кириков, Л.Е. Громова, Д.К. Иванов, К.Е. Щербухина, Н.К. Дурнова, Г.Н. Гончарова, Л.Н. Родионова, Г.Н. Шубин, Т.Г. Тихонова, Л.И. Мачичева, Ж.А. Иванова, Н.В. Калущкий, С.С. Иванова, Н.А. Трифонова, Н.Н. Гречихина, С.В. Кидяева, Е.Н. Попова, Л.В. Мунгалова, Л.М. Васильева.

В соответствии с требованиями Госкорпорации «Росатом» в 2010 г. кадровые подразделения НИКИЭТ были реорганизованы (объединены) в Службу управления персоналом, которую возглавила заместитель Директора – Генерального конструктора по управлению персоналом Соловцова Елена Евгеньевна.

Структурными подразделениями Службы управления персоналом стали отдел кадров под руководством Васильевой Людмилы Матвеевны, отдел развития персонала под руководством Журавлева Дмитрия Викторовича, ООТиЗ под руководством Дацкова Игоря Леонидовича, группа (отдел) социально-трудовых отношений под руководством Ефимова Евгения Петровича, а впоследствии Устиновой Ольги Викторовны. Структурные изменения позволили расширить и детализировать круг задач, решаемых направлением.

Отдел развития персонала разрабатывает и внедряет систему обучения и развития персонала, способствующую повышению эффективности деятельности и кадрового потенциала работников. Повышение кадрового потенциала достигается благодаря внедрению современных технологий развития персонала, системе подготовки научных кадров в заочной аспирантуре, переподготовке и повышению квалификации специалистов, оценке эффективности деятельности персонала и аттестации работников.

Особую роль в формировании и развитии кадрового потенциала играют такие направления деятельности отдела развития персонала, как взаимодействие с вузами и работа с молодыми специалистами. Работа с молодыми специалистами ведется в рамках молодежной политики ОАО «НИКИЭТ».

Молодежная политика ОАО «НИКИЭТ» представляет собой совокупность методов и средств управления, ориентированных на создание условий для привлечения и удержания работников в возрасте до 35 лет, стимулирования их инициативы, самореализации, совершенствования профессиональных навыков и развития карьеры.

Стратегическая цель молодежной политики – сформировать поколение профессионально зрелых, высококвалифицированных и мотивированных молодых специалистов, отличающихся высокой продуктивностью работы и качеством выполнения поставленных перед ними задач, готовых активно участвовать в производственной и социальной жизни Общества.

Задачи молодежной политики:

- увеличить долю молодых специалистов в подразделениях Общества;
- сформировать систему подбора молодых специалистов на основе договорных отношений с профильными вузами;

- обеспечить высокий уровень профессионального обучения и непрерывного повышения квалификации молодых работников;
- сократить сроки профессиональной и социальной адаптации молодых ученых и специалистов в трудовых коллективах подразделений;
- стимулировать передачу профессионального опыта и обеспечить профессиональную преемственность поколений в подразделениях Общества;
- разработать и внедрить систему мер по содействию профессиональному росту молодых специалистов.

Критериями реализации молодежной политики являются: доля молодых специалистов в подразделении, наличие кадрового резерва, повышение уровня квалификации молодых специалистов, карьерный рост молодых специалистов, материальное и нематериальное стимулирование инициативы и высокой эффективности работы молодых специалистов, сокращение текучки молодых специалистов.

В ОАО «НИКИЭТ» разработана и внедрена система работы с молодыми специалистами, состоящая из пяти этапов: поиск и подготовка, привлечение, адаптация, профессиональный рост, формирование удерживающей социальной среды.

Поиск и подготовка молодых специалистов предполагают: заключение с вузами договоров о сотрудничестве; совместные с вузами НИР и НИОКР; проведение дней открытых дверей и экскурсий на предприятие для студентов; участие в ярмарках вакансий, днях карьеры; реклама в СМИ вузов; выступления работников перед студентами (с привлечением Совета молодежи предприятия); разработку и проведение спецкурсов работниками предприятия на профильных кафедрах НИЯУ МИФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МЭИ и др.; интеграция образовательного и производственного компонента профессиональной подготовки студента при тесном сотрудничестве с кафедрой Э7 «Ядерные реакторы и установки» МГТУ им. Н.Э. Баумана; активное участие работников предприятия в подготовке кафедрой Э7 специалистов нового поколения, владеющих технологией 3D-проектирования ядерной техники; совместное использование лабораторий НИКИЭТ кафедрой Э7 для проведения НИОКР и НИРС; модернизацию материальной базы профильных кафедр НИЯУ МИФИ и МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Привлечению молодых специалистов способствуют конкурентная зарплата, программы материальной поддержки, представление социального пакета с первого дня работы, возможность обучения в аспирантуре.

Предприятие также предоставляет:

- возможность прохождения практики;
- возможность проведения научной работы под руководством ведущих специалистов предприятия;
- материально-техническую базу для проведения курсовых и дипломных исследований.

Адаптации молодых специалистов способствуют стимулирующая доплата в адаптационный период, тренинги командообразования и формирования корпоративных компетенций, возможность карьерного роста.

Молодым специалистам предоставляется ряд возможностей для профессионального роста: защита кандидатской диссертации в ученом совете ОАО «НИКИЭТ»; участие в конференциях, конкурсах, технических турах, публичные лекции, программы целевого повышения квалификации, участие в разработке локально-нормативных актов предприятия.

Формирование удерживающей социальной среды обеспечивают следующие меры:

- вовлечение в жизнь предприятия: участие в мероприятиях Совета молодежи, конференциях, секциях НТС;
- отражение успехов на сайте и газетах предприятия;
- командные спортивные мероприятия, конкурсы;
- встречи с ключевыми работниками предприятия;
- участие в профориентационной работе в подшефной школе.

Цель деятельности отдела кадров – разработка, внедрение и совершенствование эффективной системы подбора кадров и управления персоналом в Обществе. Перед отделом кадров стоят задачи комплектования Общества высококвалифицированным и мотивированным персоналом, а также организации работы по документационному, информационному и методическому обеспечению процессов управления персоналом.

Группа социально-трудовых отношений разрабатывает, внедряет и исполняет социальную политику Общества при взаимодействии с профсоюзом.

Целью деятельности ООТиЗ является разработка, внедрение и совершенствование системы мотивации, организации и оплаты труда работников Общества. Отдел внедряет современные методы, технологии и инструменты материального стимулирования работников, разрабатывает, внедряет и совершенствует эффективную социальную политику, проводит нормирование труда с целью обеспечения повышения эффективности производства.

В 2010 г. силами Службы управления персонала была внедрена система ЕУСОТ, в 2011 г. – система оценки эффективности деятельности РЕКОРД, в 2012 г. – система наставничества и кадрового резерва.

Службой управления персонала постоянно определяется потребность подразделений института в персонале, осуществляется поиск, подбор и отбор кандидатов. Систематически проводятся конкурсы профессионального мастерства среди рабочих и конкурсы на лучшую научную или конструкторскую работу среди молодых специалистов. Организована периодическая аттестация работников на соответствие занимаемой должности.

Благодаря активным совместным усилиям кадровой службы и руководителей заинтересованных научных и конструкторских подразделений заметно повысился интерес старшекурсников и дипломников профильных кафедр ведущих московских вузов к перспективе трудоустройства в НИКИЭТ. За два с половиной года с января 2010 г. по июнь 2012 г. на работу в институт приняты 189 чел. равномерным потоком около 75 чел. в год.

Отрадно отметить, что за последние три года коллектив не только не «постарел» по среднему возрасту, а наоборот, «помолодел» на полтора года. Это явилось результатом выдерживания правильного баланса между приемом

молодых специалистов и увольнением возрастных работников в связи с выходом на пенсию.

Большой объем работ выполняется по подготовке и сопровождению комплектов подготовительных документов на поощрение работников НИКИЭТ государственными и отраслевыми наградами. За последние три года поощрены более сотни сотрудников.

С целью обеспечения и сохранения конкурентоспособного кадрового потенциала в соответствии с потребностями ОАО «НИКИЭТ» приказом № 109 от 17.07.2012 г. введена «Кадровая политика ОАО «НИКИЭТ».



Коллектив НИКИЭТ, пройдя все этапы становления отечественной атомной энергетики и вступив в период инновационного развития, сохранил преемственность поколений и готов решать поставленные задачи, масштабность которых соизмерима с задачами начала второй половины прошлого столетия.

4.21. Социально-культурная жизнь (профсоюз, Совет ветеранов, газета «Наука – в жизнь», самодеятельность)

Профсоюз в НИКИЭТ

С первых же дней своего существования профсоюз играл большую роль в жизни коллектива института. Деятельность местного комитета (месткома) профсоюза в НИКИЭТ охватывает следующие направления:

- производственно-массовая работа;
- работа по оздоровлению и охране труда;
- культурно-массовая работа.

Одна из основных задач месткома – мобилизация коллектива на выполнение производственных планов института. Местком оказывает помощь дирекции предприятия в проведении конкурсов профессионального мастерства. В составе различных комиссий по награждению, аттестации работников института и другим важным вопросам обязательно присутствуют представители профсоюза. Объектом особой заботы профсоюза являются молодые специалисты. Местком также уделяет большое внимание соблюдению условий безопасного труда.

При составлении и заключении коллективного договора местком последовательно отстаивает интересы трудового коллектива, после чего осуществляет контроль исполнения договора. Местком предоставляет членам профсоюза льготные путевки, организует экскурсии в российские города, приглашает никизтовцев в театр и на концерты.

В шахматном мире достойное место стал занимать за последние десять лет шахматный мемориал академика Николая Антоновича Доллежала – основателя и первого директора института. Своим появлением этот мемориал во многом обязан активной инициативе месткома, неизменно находящей поддержку у дирекции НИКИЭТ.

Руководители месткома (профкома) института:

- 1953–1965 – Соколов Н.И.
- 1955–1956 – Патрушев А.А.
- 1956–1957 – Мещеряков И.В.
- 1957–1958 – Крюков Константин Андреевич
- 1958–1960 – Маслов Георгий Евгеньевич
- 1960–1962 – Золотов Михаил Григорьевич
- 1962–1963 – Уткин Олег Иванович
- 1963–1965 – Бурлаков Евгений Борисович
- 1965–1968 – Белов Константин Григорьевич
- 1968–1973 – Шалин Алексей Алексеевич
- 1973–1983 – Малышев Александр Никитович
- 1983–1985 – Линин Герман Николаевич

1985–1987 – Быков Владимир Иванович
1987–1991 – Казаков Владимир Михайлович
1991–1992 – Кочуркин Сергей Александрович
1992–1998 – Копотков Борис Алексеевич
1998 – н/в – Ефимов Евгений Петрович

Совет ветеранов

Среди первых сотрудников НИИ-8 было немало ветеранов Великой Отечественной войны, непосредственных участников боевых сражений. Со временем они стали выходить на пенсию по возрасту и состоянию здоровья. Для заботы о тех, кто отдал годы своей трудовой жизни на благо института, при местном НИКИЭТ был образован Совет ветеранов. Возглавил его легендарный летчик и заслуженный физик Алексей Данилович Жирнов.

Совет ветеранов оказывал материальную помощь нуждающимся, содействовал в решении бытовых проблем. К участникам войны скоро присоединились новые ветераны – ветераны труда, удостоенные почетного звания и медали за плодотворный самоотверженный труд; впоследствии награждение медалью отменили, и звание стали присуждать пенсионерам, имевшим не только соответствующий трудовой стаж, но и правительственные награды, которыми могли похвастаться далеко не все атомщики. С 1978 г. на предприятии введено почетное звание «Ветеран труда НИКИЭТ», которое присваивается работникам, имеющим стаж работы в институте не менее 20 лет (женщины) и 25 лет (мужчины). Хотя удостоенные этого звания пенсионеры и не пользуются государственными льготами, которые дает звание «Ветеран труда», по отношению к ним институт проявляет особую заботу. Ветераны НИКИЭТ, как и ветераны ВОВ и труда, получают от дирекции и профкома поздравления и подарки в праздники, приглашаются на торжественные мероприятия в институте. В 1998 г. Минатом РФ ввел знак отличия в труде «Ветеран атомной энергетики и промышленности». Эта награда учитывает особый статус работников нашей отрасли, распространяя на тех, кто много лет трудился в атомной сфере, льготы ветеранов труда.

Большую работу в Совете ветеранов проводила Зоя Александровна Шапаровская. Ей удавалось держать в памяти всех ветеранов и каждому оказывать посильную помощь. Последние годы в связи с болезнью А.Д. Жирнова работой Совета руководил Борис Васильевич Рошин – член Совета Общероссийского общественного движения ветеранов атомной энергетики и промышленности, член культурно-массовой комиссии Совета ветеранов Центрального административного округа, лауреат фестиваля художественного творчества ветеранов.

В 2011 г. на отчетно-выборной конференции ветеранской организации председателем Совета ветеранов была избрана Светлана Эдуардовна Иванова. С ее приходом работа с ветеранами, вышедшими на пенсию, оживилась. В настоящее время ветеранская организация объединяет 620 неработающих пенсионеров, в том числе участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и 80 ветеранов войны и трудового фронта.

С каждым годом на пенсию выходит все больше сотрудников, носящих звание «Ветеран труда НИКИЭТ». Руководство Института в лице Директора –

Генерального конструктора Юрия Григорьевича Драгунова и его заместителя по управлению персоналом Елены Евгеньевны Соловцовой заботится о них отнюдь не «по остаточному принципу» и поддерживает все инициативы Совета ветеранов: организацию праздничных мероприятий, встреч, экскурсий, походов в театры на льготных условиях и т.д.

Стенная газета НИКИЭТ «Науку – в жизнь»

Стенная газета «Науку – в жизнь» была учреждена в 1953 г., практически одновременно с самим НИИ-8. Первым ее редактором был Борис Васильевич Флоринский. Его сменил С.И. Горшков, который проработал в редколлегии 15 лет. До 1964 г. редактором газеты был Е.А. Старостин, затем 4 года газетой руководил В.В. Воскобойников. В период с 1968 по 1986 – главным редактором газеты «Науку – в жизнь» был доктор технических наук, автор многочисленных публикаций и книг по надежности и безопасности ядерных энергетических установок Алексей Иванович Клемин. При нем численность редколлегии резко возросла, а формат газеты значительно увеличился. С 1986 г. газету возглавил кандидат технических наук, начальник отдела № 10, редактор многих научных трудов и книг о деятельности наших сотрудников Борис Васильевич Лысков. После его ухода из жизни в 2011 г. место главного редактора остается вакантным, однако газета продолжает выходить усилиями редколлегии при поддержке дирекции ОАО «НИКИЭТ» и профсоюзного комитета.

В редколлегии многие годы работали: В.К. Прозоров, О.Ю. Федоров, Н.М. Лукин, Н.А. Ковальчук, О.Ю. Новосельский, Л.И. Скоромная, В.В. Румянцев, Е.Ф. Поляков, Л.А. Вошева, В.В. Ужанова, Н.Н. Зиновенко, Л.А. Кринецкая, Т.А. Ольховатова, М.В. Чекина, А. Столяров, С. Веретенников, А.В. Повалишин, Н.И. Шашлова, Е.А. Шиверский, В.М. Гривкова, А.А. Банишевский, Ю.В. Плюшева, В.А. Копотков, А.А. Шалин, В.К. Поляков, А.А. Сулейков, М.А. Хасянов, К.А. Савельев, Ю.В. Рыбаков, И.Т. Серов. Передавая бразды правления другим редакторам, долгие годы корреспондентом газеты работал Б.В. Флоринский.

За 60-летнюю историю газета претерпела немало изменений, прошла путь от ватманских листов, на которые наклеивались напечатанные на «Ундервудах» заметки и отснятые сотрудниками фотографии, до красочных крупноформатных щитов, подготовленных полностью на компьютере. Во времена, когда деятельность института была секретной, выпуски газеты посвящались культурной и спортивной жизни коллектива, партийной работе, экскурсиям и путешествиям, различным конкурсам и выставкам. Эти темы актуальны для стенной газеты и сегодня, но теперь появилась возможность также освещать в газете научные и трудовые свершения института, деятельность ученых, работу секций НТС, пуск созданных в НИКИЭТ реакторов. Особое место всегда занимали праздничные выпуски стенной газеты, посвященные Новому году, 23 Февраля, 8 Марта, 1 и 9 Мая, юбилеям выдающихся сотрудников. Как правило, в каждом новогоднем номере газеты к сотрудникам обращался руководитель института: Н.А. Доллежал, И.Я. Емельянов, Е.О. Адамов, Б.А. Габараев, Ю.Г. Драгунов. Они подводили итоги прошедшего года, отмечали достижения и недостатки, рассказывали о планах и перспективах развития института.



Институтская стенгазета «Наука – в жизнь»

В перестроечное время «Науку – в жизнь» временно не выходила, однако впоследствии по специальному указанию директора Б.А. Габараева и усилиями председателя профкома Е.П. Ефимова газета была возрождена под руководством главного редактора Б.В. Лысикова.

В настоящее время в редколлегию входят: заместитель Директора – Генерального конструктора по управлению персоналом Е.Е. Соловцова, председатель профкома Е.П. Ефимов, председатель Совета ветеранов С.Э. Иванова, ответственный редактор, начальник ГОНТИ Е.А. Карандина, оперативный редактор О.Ю. Федоров, редактор Е.Д. Ряхина, фотокорреспондент

А.Н. Сударев, корреспонденты Л.И. Скоромная и Л.В. Цветасва, дизайнеры А.А. Куликов, А.Ю. Корженкова, И.С. Веретенникова, Т.В. Жиганшина, В.Г. Коняева, В.В. Додонова.

Напоследок «предоставим слово» главным редакторам, возглавлявшим газету на протяжении 60 лет. Выступления цитируются по юбилейным выпускам газеты «Науку – в жизнь» 1968 и 2003 (Б.В. Лысков) годов.

Б. Флоринский. *Мое пожелание будущим редакторам стенгазеты «Науку – в жизнь»: сочетать в себе мою ядовитость, темперамент С.И. Горшкова, размах Е.А. Старостина, серьезность В.В. Воскобойникова и новаторство А.И. Клемина.*

С. Горшков. *С момента, когда была учреждена стенная газета «Науку – в жизнь» (а это событие совпадает во времени с образованием нашего института) я вот уже 15 лет постоянно сотрудничаю в нашей «стенной прессе».*

Эта работа доставляет мне большое моральное удовлетворение не только потому, что позволяет, как говорится, постоянно держать руку на деловом пульсе коллектива института, но и потому, что приходится повседневно работать бок о бок со славными ребятами – нашими общественными журналистами, усилиями которых наша газета с каждым годом становится все боевитей, актуальней, интересней и на сегодня способна эффективно решать поставленную Партией задачу интенсификации идеологической работы в нашем коллективе.

Е. Старостин. *Человеку всегда приятно вспомнить минуты, когда его посетит действительно толковая мысль. Таких минут (по моим наблюдениям и опыту) бывает две – три в году. Эти воспоминания вызывают подъем чувства собственного достоинства, желание еще что-либо сделать так же хорошо. Именно таким образом я вспоминаю работу в редакции газеты с такими людьми как Серов, Горшков, Воскобойников, Одинок.*

В. Воскобойников. *«Кто умеет – делает сам, кто не умеет делать – учит других, кто не умеет ни того, ни другого, учит, как надо учить». Эта мысль Бернарда Шоу, по-видимому, имеет прямое отношение к газете. Газета «Науку – в жизнь» не испытывает недостатка во вторых и третьих, но ей очень недостает первых – тех, кто может делать все сам. В этом нам может помочь молодежь, которой, кроме неприятностей на этом поприще, я могу пообещать еще ни с чем не сравнимое чувство удовлетворения от общения (иногда и личного) с нашим взыскательным читателем.*

А. Клемин. *Пятнадцать лет при сегодняшнем темпе жизни – срок солидный, и все-таки по человеческим нормам мы еще даже не совершеннолетние (дети до 16 лет). Поэтому получение паспорта, а стало быть, и самое интересное у нас – впереди.*

Б.В. Лысков. *По наказу Партии и с одобрения дирекции и общественных организаций института я был назначен главным редактором газеты «Науку – в жизнь» в 1986 г. и вот уже 17-й год эту «Науку...» (с перерывом на перестройку) внедряю в непростую сегодняшнюю жизнь.*

Редактор газеты – должность в человеческом плане «вредная», потому что пресса – это 4-я власть, а власть всегда больше ругают, никогда не хвалят и властью нельзя упиваться. Газета старается идти в ногу с жизнью института и его «дочек».

Главное в работе редактора – опора не только на любимых членов редколлегии, но и на весь коллектив сотрудников НИКИЭТ. Без активной помощи наших корреспондентов, да и всех никиэтовцев, газете не жить, а жить газете надо, как и всему НИКИЭТ и его многочисленной семье. Жизнь прекрасна, и за нее надо бороться!!!

Художественная самодеятельность НИКИЭТ

В советскую эпоху самодеятельность занимала важное место в культурной жизни НИКИЭТ. Многие сотрудники института пользовались возможностью продемонстрировать свои таланты сначала на импровизированной «сцене» спортзала, а затем и в новом конференц-зале. Начавшись с «капустников» и сатирических куплетов, в годы своего расцвета самодеятельность была представлена театральной студией под началом О. Федорова, дискотекой «Карусель» А. Сидоренкова, вокально-инструментальным ансамблем А. Бутусова. И пьесы собственного сочинения «театралов», и фантастические диско-спектакли, и рок-концерты пользовались огромной популярностью у сотрудников НИКИЭТ. Среди наиболее активных участников и сподвижников самодеятельности были: Г. Амелина, Т. Жиганшина, И. Сидоренкова, Т. Спасская, В. Фаломкин, В. Левашкевич, Ю. Буцыкин, К. Зиновенко, Л. Грачева, В. Жуков, А. Красиков, Т. Толмачева, А. Столяров, Т. Прокопенко, С. Кочуркин, А. Андреев. Необычайный успех имел конкурс «Мисс НИКИЭТ», победительницей которого стала Е. Гришина.

В годы перестройки самодеятельность пошла на спад, однако талантливые сотрудники и сотрудницы института продолжали радовать коллег своими выступлениями – теперь уже в программе праздничных вечеров. К. Кучутенков, В. Котов и А. Пилякин подбирали музыкальные программы для таких мероприятий, С. Иванова организовала вокально-танцевальный ансамбль «Никиэтки», в котором выступали О. Стоцкая, Л. и Е. Новиковы, привлекала к постановке танцевальных номеров таких самодеятельных артисток, как И. Костина, О. Шибаета, М. Козырева, Е. Пирогова, О. Георгиева, А. Крутова. Доброй традицией, сохранившейся по сей день, стали выборы «Мисс вечера НИКИЭТ» на праздновании 8 Марта. Это почетное звание носили О. Соловьева, М. Ульянова, Т. Афанасьева, О. Ганева, О. Урывская.

Отдельного упоминания заслуживает кинолекторий, созданный усилиями Л. Скоромной. В 1980-е гг. он был третьим в стране по величине коллекции.

5

**СОБРАТЬЯ НИКИЭТ – «ПТЕНЦЫ
ГНЕЗДА ДОЛЛЕЖАЛЕВА»**

Из нескольких десятков организаций, сотрудничающих с НИКИЭТ в рамках кооперации по созданию ядерных установок, особо следует выделить Институт реакторных материалов и кафедру Э7 МГТУ им. Н.Э. Баумана. Они связаны с НИКИЭТ не только совместно решаемыми задачами, но и тесными родственными узами – их по праву можно назвать «птенцами гнезда Доллежалова».

Институт реакторных материалов образован Приказом Министра по атомной энергии № 348 от 08.08.2003 г. До этого, с 1969 по 2003 гг., он был Свердловским филиалом НИКИЭТ (СФ НИКИЭТ). Филиал имел в своем распоряжении исследовательский реактор ИВВ-2, разработкой проекта которого руководил в качестве главного конструктора Николай Антонович Доллежал. Наличие такой реакторной исследовательской базы давало НИКИЭТ возможность оперативно проводить важнейшие внутриреакторные исследования и испытания в обоснование разрабатываемых проектов. Можно с удовлетворением отметить, что преобразование СФ НИКИЭТ в самостоятельный институт несколько не повлияло на тесное сотрудничество и дружбу двух коллективов.

Понимая важность целенаправленной подготовки конструкторов для отечественного реакторостроения, Н.А. Доллежал инициировал в 1961 г. создание специализированной кафедры «Энергетические машины и установки» в МВТУ им. Н.Э. Баумана (ныне кафедра Э7 МГТУ им. Н.Э. Баумана). Сам Н.А. Доллежал возглавлял кафедру в период с 1961 по 1986 гг., но и впоследствии кафедра еще многие годы была предметом его забот.

Далее обратимся напрямую к воспоминаниям Виктора Ивановича Перехожева, руководившего с 1990 по 2003 гг. СФ НИКИЭТ и с 2003 по 2010 гг. Институтом реакторных материалов, и бессменного заведующего кафедрой Э7 в период с 1986 по 2011 гг. Владимира Ивановича Солонина.

5.1. Институт реакторных материалов

По инициативе И.В. Курчатова в 1959 г. руководящими органами СССР было принято решение о создании региональных ядерных научно-исследовательских центров. В том числе для подготовки специалистов по новой технике, в Свердловске на физико-техническом факультете Уральского политехнического института намечалось сооружение исследовательского ядерного реактора. В дальнейшем сооружение реактора перенесли на площадку Белоярской АЭС, и в соответствии с распоряжением ВСНХ СССР от 30.03.1963 г. приказом от 16.06.1964 г. была создана дирекция по его строительству.

К началу строительных работ, с учетом опыта эксплуатации уже действующих реакторов и с пониманием тенденций их развития, Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники (НИКИЭТ) – главный конструктор исследовательских ядерных реакторов внес ряд оригинальных изменений в конструктивную схему реактора ИРТ и его активной зоны. По существу, был создан проект нового реактора, получившего название ИВВ-2, с принципиально другой системой охлаждения и активной зоной, обеспечивающей уникальную физико-инженерную гибкость при проведении испытаний и исследований.

В марте 1966 г. приказом по Министерству среднего машиностроения, в связи с завершением строительства ряда объектов, был организован Свердловский физико-технический институт, а 23.04.1966 г. в 12 ч 48 мин осуществлен физический пуск исследовательского ядерного реактора ИВВ-2.

К осени 1966 г. реактор был выведен на мощность 1 000 кВт, а 5 ноября 1967 г. – на проектную мощность 5 000 кВт. Менее двух лет потребовалось конструкторам НИКИЭТ и персоналу предприятия для решения задачи, связанной с переводом реактора на уровень мощности, равный 10 000 кВт, вдвое превышающий проектный. В начале 1980-х гг. после реконструкции реакторная установка была выведена на устойчивую работу на мощности 15 000 кВт – реактор стал именоваться ИВВ-2М.

Миссия института

С момента принятия решения о его создании, проектировании и строительстве фактически был заложен фундамент формирования бизнеса (миссии) предприятия, которое создавалось как экспериментальная база Средмаша, а впоследствии Минатома и Росатома для проведения реакторных испытаний и исследований материалов и узлов активных зон ядерно-энергетических установок различного назначения.

История наименования предприятия

- Свердловский физико-технический институт – с 1966 по 1969 гг.;
- Свердловский филиал НИКИЭТ – с 1969 по 1994 гг.;
- Государственное унитарное дочернее предприятие «СФ НИКИЭТ» – с 1994 по 2003 гг.
- Федеральное государственное унитарное предприятие «Институт реакторных материалов» – с 2003 по 2008 гг.
- Открытое акционерное общество «Институт реакторных материалов» – с 2009 г.

События и люди

За 46 лет в институте сменилось три директора. Первым директором, при котором начиналось освоение реакторной установки и первых облучательных устройств, формирование научных и технологических подразделений, с 1966 по май 1969 гг., был М.А. Борисов.

После вхождения в состав НИКИЭТ в качестве его филиала с 1969 по 1990 гг. институт возглавлял В.И. Зеленев. В эти годы сформировалось первое поколение ведущих технических и научных специалистов СФ НИКИЭТ: В.В. Ключин,

С.Г. Карпечко, В.К. Малышев, В.И. Власов, Е.Н. Панков, Л.М. Шарыгин, А.Д. Никифоров, М.Г. Головачев, В.М. Налесник, В.И. Васенков, В.Е. Пивоваров, А.И. Тимофеев. Именно они на многие годы вперед определили направления научных исследований института, построили и оснастили комплекс защитных камер, провели модернизацию и расширили экспериментальные возможности реакторной установки. Перестройка, распад СССР и строительство капитализма, начавшееся в полной мере в 1991 г., поставили перед институтом новые задачи, в первую очередь – выживание в связи с прекращением финансирования оборонной тематики. С января 1991 г. по октябрь 2010 г. директором СФ НИКИЭТ, ГУДП «СФ НИКИЭТ», ФГУП «ИРМ», ОАО «ИРМ» был В.И. Перехожев. Сложное время, новые экономические условия деятельности института обусловили формирование новой команды научных и технических специалистов. Л.П. Синельников, В.И. Барсанов, В.А. Сафонов, Л.И. Менькин, А.В. Мелешко, А.В. Козлов, А.А. Дьяков, О.А. Голосов, С.Б. Злоказов, В.В. Шушлебин, С.М. Вовк, К.Н. Кощеев вместе с сотрудниками обеспечили выживание института в бурные 1990-е гг., развитие новых направлений исследований, конверсию (преимущественно закрытой тематики 1980-х гг.), организацию производства радиоактивных изотопов. В настоящее время основными направлениями проводимых исследований в институте являются: регламентный контроль конструкционных и топливных материалов активных зон действующих АЭС с реакторами РБМК и БН, обоснование работоспособности материалов активных зон разрабатываемых реакторных установок с жидкометаллическими (БН-800, БН-1200, БРЕСТ) и газовыми теплоносителями, обоснование работоспособности реакторных установок специального назначения и космической энергодвигательной установки мегаваттного класса. На реакторе ИВВ-2М производятся и поставляются во многие страны мира для потребностей медицины и техники радиоактивные изотопы: ^{14}C , ^{32}P , ^{33}P , ^{35}S , ^{131}Cs , ^{192}Ir .

В последние 10 лет численность сотрудников института стабилизирована и составляет 530–550 чел. С октября 2010 г. директором ОАО «ИРМ» является А.А. Дьяков.

5.2. Кафедра Э7 МГТУ им. Н.Э.Баумана

Кафедра Э7 («Энергетические машины и установки») была организована в 1961 г. по инициативе первого директора НИКИЭТ академика Н.А. Доллежала. К этому времени НИКИЭТ уже имел достаточный опыт создания первых отечественных реакторов, а его руководители хорошо понимали, какими качествами должен обладать молодой конструктор. Вузom, создающим базу для воспитания таких качеств, было выбрано Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана, выдающиеся выпускники которого известны как разработчики космической и авиационной техники, объектов энергетики, транспорта, приборостроения, технологических процессов.

В годы становления кафедры обеспечить подготовку, соответствующую достигнутому уровню реакторостроения, могли лишь специалисты, непосредственно разрабатывавшие ядерные реакторы. Н.А. Доллежал привлек

для создания дисциплин специальности своего первого заместителя, чл.-корр. АН СССР И.Я.Емельянова, ведущих специалистов НИКИЭТ Л.В. Константинова, А.П. Веселкина, В.Н. Артамкина, Ю.А. Егорова, Г.Н. Жемчужникова, Б.П. Папковского, Ю.И. Токарева, В.И. Михана, И.Х. Ганева, А.И. Ефанова и др. Структура первого учебного плана кафедры была определена Н.А. Доллежалем. Базовые дисциплины подготовки были выбраны следующие: курс № 1 (II часть) – нейтронная физика, курс № 2 – радиационная защита, курс № 3 – управление ядерными реакторами; также студентами изучались техника измерений, цикл теплофизических дисциплин, курсы о насосах, турбинах, теплообменных аппаратах с проектами, расчеты на прочность, экономика энергоустановок и другие.

И.Я. Емельянов, Л.В. Константинов, Ю.А. Егоров возглавили научно-учебные лаборатории «Управление ядерными реакторами», «Нейтронная физика», «Радиационная защита», обеспечили их оснащение вычислительной техникой, тренажерами, образцами приводов, органов управления, подкритическими сборками, нейтронным генератором, источниками ионизирующих излучений. В лабораториях сотрудники НИКИЭТ решали конкретные отраслевые задачи. На этой основе создавались лабораторные практикумы. К деятельности лабораторий активно привлекались студенты и штатные сотрудники МВТУ, принимаемые на кафедру. Ю.И. Токарев возглавил конструкторский отдел, обеспечивавший поддержку конструкторской подготовки студентов.

При всей важности роли специалистов отрасли в становлении и развитии кафедры, основную нагрузку по обучению и воспитанию студентов, подготовке кадров высшей квалификации выполняли штатные преподаватели. Формированию их коллектива Н.А. Доллежалю и И.Я. Емельянов уделяли большое внимание. Первым штатным преподавателем кафедры стал заместитель заведующего кафедрой доцент Л.Е. Костиков, внесший огромный вклад в становление и строительство кафедры. К преподаванию дисциплин учебного плана кафедры были привлечены Н.М. Григоренко, Л.Л. Калишевский, Б.Г. Ганчев, С.В. Селиховкин, В.И. Солонин. Позднее штатными преподавателями стали Ю.В. Журавский, выпускники кафедры Э7 Р.С. Демешев, В.В. Лозовецкий, Л.А. Кузнецов, П.В. Красников, Н.Ф. Рекшня, В.В. Перевезенцев, О.С. Козлов, В.Г. Крапивцев, Е.Б. Копосов, С.И. Гетья, а на рубеже веков Я.Д. Столотнюк, С.В. Столотнюк, выпускник МИФИ В.С. Окунев.

Н.М. Григоренко возглавил лабораторию «Техника измерений». Л.Л. Калишевский, длительное время работавший заместителем Н.А. Доллежала, возглавил лабораторию «Реакторная теплофизика». Постоянное внимание жизни кафедры уделял И.Я. Емельянов.

Студенты 1970–1980-х гг. проходили лабораторные практикумы и практику в НИКИЭТ, ОКБ «Гидропресс», Курчатовском институте, на московском заводе «Полиметалл», Машиностроительном заводе, в Научно-исследовательском институте атомных реакторов, на АЭС, предприятиях и заводах министерств тяжелого, транспортного машиностроения, судостроения, которые становились по окончании кафедры Э7 местом их работы.

Потребности отрасли в молодых специалистах гарантировали успешную карьеру подготовленным, энергичным, напористым. Количество выпускников

кафедры росло год от года: с 22 чел. в первом выпуске (1964 г.) до 65 чел. в выпуске 1982 г.

Развитию научных исследований на кафедре Н.А. Доллежалъ придал эффективные организационные формы: в 1964 г. была открыта Отраслевая лаборатория атомных реакторов, в 1975 г. – Проблемная лаборатория применения высокотемпературных реакторов в народном хозяйстве. Успешно функционировала аспирантура; в числе ее первых выпускников Б.И. Каторгин (ныне академик РАН, лауреат премии «Глобальная энергия»), А.И. Дидюков, С.В. Селиховкин, Б.М. Егупов, Б.И. Нигматуллин, И.В. Бармин, И.В. Васильев, Р.С. Демешев, В.Н. Горлов, В.П. Чикунов, О.С. Козлов, Е.Б. Копосов, В.В. Перевезенцев, В.А. Левченко. Докторские диссертации защитили Л.В. Константинов, Ю.А. Егоров, В.И. Солонин, Б.Г. Ганчев.

Важным итогом методической работы кафедры стало издание пятитомного учебного пособия под общей редакцией Н.А. Доллежалъ (1981–1983 гг.), получившего одобрение специалистов и преподавателей профильных кафедр вузов. Тома «Физика ядерных реакторов», «Конструирование ядерных реакторов» и сегодня относятся к числу наиболее востребованных студентами изданий.

С 1961 по 1986 гг. Н.А. Доллежалъ возглавлял кафедру Э7, до последних дней жизни был ее наставником и консультантом, советы которого помогали преодолевать сложный период перестройки, смены приоритетов, официальных форм взаимодействия атомной отрасли с вузами.

Сложившиеся связи с организациями отрасли, помощь выпускников и ректората позволили кафедре в период после чернобыльской катастрофы сохранить конструкторскую подготовку. Ректорат в течение 6 лет направлял экзаменационную комиссию в Десногорск, упрощая тем самым решение задачи нового набора. Ректорат, руководство Научно-исследовательского института энергетического машиностроения, НУК «Энергомашиностроение», НИКИЭТ, ОАО «МСЗ» стали учредителями учебно-научного центра «НУКЛОН» (директор доцент В.Г. Крапивцев), в рамках которого с 1992 г. проводятся прикладные исследования в интересах ОАО «ТВЭЛ», ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «МСЗ», НИКИЭТ, РНЦ КИ, ГНЦ «ВНИИНМ».

Важную роль сыграла помощь ОАО «МСЗ» (директор В.П. Разин) в создании нового поколения экспериментальных стендов, на базе которых выполнен комплекс исследований гидромеханических и вибрационных характеристик ТВС ВВЭР, дистанционирующих и перемешивающих решеток новых конструкций, течения и массообмена в пучках стержней, напорном коллекторе ВВЭР-1000, трубных пучках парогенераторов. В выполнении этих работ важная роль принадлежит С.И. Гете, В.Г. Крапивцеву, В.В. Перевезенцеву, Н.Ф. Рекшне.

Кафедра приняла участие в выполнении Международного научно-технического проекта (№ 502-96) в сотрудничестве с НИКИЭТ и ОКБМ (Нижний Новгород). Менеджером проекта был В.И. Солонин, научным руководителем – академик Ф.М. Митенков. В рамках программы «Научно-инновационное сотрудничество» Министерства РФ по атомной энергии и Министерства образования РФ кафедра была определена головной в проекте «Аналитическое и расчетное обеспечение проектных решений АЭС с реактором БРЕСТ большой мощности (БРЕСТ-2400) и газотурбинным циклом преобразования

энергии», выполненном высокопрофессиональным коллективом (кафедра ЭЗ («Турбиностроение») МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедры №№ 5 и 13 МИФИ, профильные кафедры МЭИ, МИСИ, ОИАТЭ), и награждена почетной грамотой (2003 г.). Важный вклад в обоснование безопасности проекта внес доцент В.С. Окунев, в обоснование характеристики газотурбинной установки – М.И. Осипов и И.Г. Суровцев.

Важной в плане повышения квалификации преподавателей кафедры стала работа по комплектации тома IV-25 «Машиностроение ядерной техники» энциклопедического справочника «Машиностроение», вышедшего в свет в 2005 г.

Значимым было участие кафедры в разработках атомных станций малой мощности для автономного теплоэлектроснабжения, включая перспективный вариант, предложенный НИКИЭТ и известный под названием «УниTERM». В 1998 и 2005 гг. МГТУ им. Н.Э. Баумана и ФГУП «НИКИЭТ» выходили в государственные органы с инновационным проектом «Автономное энергообеспечение атомными станциями 4-го поколения».

Самостоятельное значение имеет широкий круг исследований динамических процессов, опыт автоматизированного проектирования систем управления ЯЭУ, выполненных с применением программного комплекса «Моделирование в технических устройствах» («МВТУ») под руководством доцента О.С. Козлова.

За годы перестройки численность научных подразделений кафедры резко сократилась, по различным причинам ее покинули многие преподаватели «доллежалевского набора». Научные сотрудники, выпускники аспирантуры 1990–2000 гг. успешно трудятся в отрасли, предпочитая работу в НИКИЭТ, ОКБ «Гидропресс», МСЗ, РНЦ КИ перспективе работать на кафедре.

Основная причина сложившейся ситуации в том, что длительное время не удавалось найти реальные пути воссоздания на современном уровне материальной базы лабораторий нейтронной физики, радиационной защиты, управления, наличие которых значимо влияет на уровень подготовки выпускников, обеспечивая им опыт «работы» с реальными нейтронами и реакторными излучениями.

24 декабря 2010 г. по инициативе ОАО «НИКИЭТ» руководством ГК «Росатом» было принято принципиально важное для кафедры решение: сохранить ОЛАР при кафедре Э7 МГТУ им. Н.Э. Баумана как базовую лабораторию единственной в России кафедры, обеспечивающей подготовку инженеров-конструкторов для отрасли и определить возможные источники финансирования ее реконструкции и технического перевооружения.

В 2011 г. заведующим кафедрой Э7 стал Директор – Генеральный конструктор ОАО «НИКИЭТ», член-корреспондент РАН Ю.Г. Драгунов. Первый курс кафедры приступил к обучению в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, разработанным кафедрой и поддержанным ОАО «НИКИЭТ», ОАО «ОКБ Гидропресс», ОАО «МСЗ», ОАО «Атомэнергоремонт». Кафедра начала подготовку по специальности 141401 «Ядерные реакторы и материалы». В планах кафедры дальнейшее кратное увеличение объема выполняемых научных исследований, привлечение на условиях штатной работы и совместительства молодых, амбициозных сотрудников из числа выпускников, прошедших школу практической работы,

обучения в аспирантуре, на плечи которых ляжет работа по реализации федерального государственного образовательного стандарта.

Ректорат поддержал вхождение УНЦ «НУКЛОН» в число участников ядерного кластера фонда «Сколково» с проектом «Автономное энергообеспечение малыми атомными станциями 4-го поколения», в основу которого положена концептуальная разработка РУ «УниTERM». В рамках фонда «Сколково» планируется выполнить и разработку программно-аппаратного комплекса 3D-конструирования ядерной техники, создания информационно-обучающего пространства разработки проектов между НИКИЭТ и МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В своем выступлении на 20-летию кафедры (18 ноября 1981 г.), характеризуя состояние атомной отрасли, Н.А. Доллежалъ говорил: «Ее нынешнее состояние лишь состояние начальное, стартовое. Здесь все еще только начинается, впереди – огромный непочатый край для инженерного творчества. Вопросы «безотходной» технологии, экологической «порядочности», автоматизация, высокая экономическая эффективность – это лишь глобальные задачи, на пути разрешения которых лежит множество и близких и дальних проблем».

50-летний опыт подготовки конструкторов для ядерных технологий подтверждает фундаментальность принципов основателя кафедры Н.А. Доллежала: неразрывная связь с отраслью, широта и глубина понимания проблемы сегодня и в перспективе, творческая, товарищеская обстановка в коллективе кафедры, неразрывной частью которого являются студенты, аспиранты, выпускники. Они сохраняют свою значимость и на новом этапе развития кафедры «Ядерные реакторы и установки».

6

**КЛЮЧ К УСПЕХУ НИКИЭТ –
В СОТРУДНИЧЕСТВЕ**

Создание любых ядерных установок не представляется возможным без широкой кооперации конструкторских, проектных, научных, технологических, промышленных, строительно-монтажных и иных организаций. Будучи организацией Главного конструктора многих реакторных установок, НИКИЭТ долгие годы тесно сотрудничает с десятками смежных предприятий, одно лишь перечисление которых заняло бы несколько страниц. В данном разделе рассказано о ключевых партнерах НИКИЭТ, сотрудничество с которыми было наиболее длительным и плодотворным.

6.1. Подразделения центрального аппарата отрасли, ОАО «ТВЭЛ», проектные институты, научный руководитель, эксплуатирующая организация, атомные электростанции, Ростехнадзор**Подразделения центрального аппарата отрасли*****Департамент атомной энергетики***

Функционирование и развитие атомной энергетики сложно представить себе без жесткой координации и грамотного управления. Эти функции сначала были сосредоточены в 16-м Главном управлении Минсредмаша, затем в Главатомэнерго Министерства энергетики. Этими управляющими структурами в советское время руководили настоящие профессионалы, прошедшие великолепную школу эксплуатации атомных объектов. Стоит только назвать фамилии – А.Г. Мешков, Е.В. Кулов, А.М. Григорьянц, В.П. Невский, – как всплывают в памяти крупные успехи и достижения атомной отрасли.

Поскольку наш институт долгие годы входил в состав 16-го главного управления Минсредмаша и все значимые успехи в большой атомной энергетике и атомном флоте были достигнуты под его руководством, необходимо вспомнить руководителей и одновременно высоких профессионалов этого главка, много знаний и сил отдававших делу развития атомной науки и техники. Это Н.А. Николаев, А.П. Барченков, Б.Б. Батуров, А.Г. Мешков, Е.В. Кулов, Е.В. Куликов, Н.И. Ермаков, В.С. Беззубцев, В.И. Рачков, В.Н. Ванюков. В части атомной энергетики с канальными энергетическими реакторами непосредственное техническое руководство нами осуществлял 4-й отдел 16-го главного управления, который возглавляли опытные специалисты с комбинатов и из институтов: А.А. Куброченко, Б.В. Будылин, С.М. Клюкин, В.Н. Ванюков. С ними всегда легко и продуктивно работалось, поскольку чиновничьего в них было очень мало, и все вопросы решались, в первую очередь, исходя из технической

целесообразности. Добрым словом хотелось бы вспомнить и сотрудников этого отдела, с которыми прожито и пережито очень много, включая и чернобыльскую аварию, и масштабную модернизацию в сжатые сроки всех энергоблоков после этого события, – это Ю.П. Быстров, А.Г. Чудин, К.В. Зверев.

Департамент разработки и испытаний ядерных боеприпасов и военных энергетических установок

В 2009 г. ФГУП «Ордена Ленина научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники» было преобразовано в ОАО «НИКИЭТ», а с апреля 2010 г. Общество включено в список предприятий, курируемых Дирекцией по ядерному оружейному комплексу Государственной корпорации «Росатом», конкретно – в Департамент разработки и испытаний ядерных боеприпасов и военных энергетических установок.

Департамент возглавляет Олег Никандрович Шубин – креативный руководитель, имеющий богатый практический опыт работы по военной тематике отрасли. О.Н. Шубин также в настоящее время является председателем совета директоров ОАО «НИКИЭТ», что способствует большему пониманию роли и места Общества в системе Росатома. Он уделяет много внимания разработке стратегии НИКИЭТ, увеличению числа заказов НИКИЭТ от Госкорпорации «Росатом» и всегда оказывает личную поддержку в интеграции Общества в решение сложных научно-технических, исследовательских, конструкторских и производственных задач, стоящих перед отраслью.

Вносит большой вклад в реализацию проекта ТЭМ РУ, планов техперевооружения Общества, а также оказывает помощь в ежедневной текущей деятельности НИКИЭТ член совета директоров начальник отдела разработки ВЭУ Андрей Владимирович Каплиенко с присущей ему принципиальностью и нацеленностью на результат.

Управление экономики и контроллинга ЯОК

Неоценимую методологическую и практическую помощь НИКИЭТ оказывает Управление экономики и контроллинга ЯОК в лице начальника управления Тамары Борисовны Воробьевой, ее заместителей Ирины Ивановны Мироненко, Оксаны Александровны Морозовой, начальника отдела Людмилы Васильевны Переяславцевой и других сотрудников в части организации в НИКИЭТ процессов планирования, бюджетирования и контроллинга, направления чистой прибыли на развитие института.

Дирекция по ядерной и радиационной безопасности

В области утилизации атомных подводных лодок, надводных кораблей с ЯЭУ, судов атомного технологического обслуживания и реабилитации радиационно опасных объектов НИКИЭТ тесно сотрудничает с Дирекцией по ядерной и радиационной безопасности.

НИКИЭТ благодарит за плодотворное сотрудничество коллектив Дирекции по ядерной и радиационной безопасности во главе с Олегом Васильевичем Крюковым, особенно отмечая вклад А.А. Захарчева, В.Д. Ахунова, В.Н. Коваленко, С.В. Мартыненко, Т.В. Макашова и др.

Блок управления инновациями (БУИ)

В системе управления новыми проектами Блок управления инновациями Госкорпорации «Росатом» занимает ключевое место. Фактически его усилиями

обеспечивается функция управления Федеральной целевой программой «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 годов и на перспективу до 2020 года», куда входят такие сложные и объемные проекты, как сооружение реакторов БРЕСТ-ОД-300 и МБИР, разработка проекта БН-1200 и подготовка программного обеспечения этих проектов, а также целый ряд других проектов. Энергия В.А. Першукова, возглавляющего Дирекцию БУИ, помноженная на усердие сотрудников блока, дает результаты: сегодня выполнение ФЦП удерживается в намеченном графике. В этом заслуга и самого Вячеслава Александровича, и его помощников.

Работая с ними, специалисты НИКИЭТ ощущают и требовательность, столь необходимую при выполнении государственных задач, и товарищескую помощь и поддержку – важный фактор командной работы. Эти слова можно отнести ко всему коллективу БУИ, в том числе к заместителям директора блока – начальникам управления Н.А. Ильиной и С.С. Шевелевой, к начальнику отдела О.О. Патракину, к директору проекта МБИР А.А. Тузову, к советнику директора Н.В. Архангельскому.

Департамент развития научно-производственной базы (ДРНПБ) ЯОК

Департамент развития научно-производственной базы ЯОК решает важнейшие отраслевые и государственные задачи. Вовлеченность НИКИЭТ в круг этих задач – значимая составляющая работы института и предмет его неподдельной гордости. Директор департамента С.Е. Власов и его команда придерживаются организационно выстроенного, очень делового, но и очень доброжелательного стиля работы. У них есть чему поучиться, взаимодействие с ними обогащает бесценным опытом решения крупномасштабных, хорошо спланированных задач.

В департаменте работают специалисты высокого профессионального уровня В.В. Гонтарь, Е.М. Марголин, Б.К. Шерстобитов и другие.

Специалисты НИКИЭТ признательны директору ДРНПБ и всему коллективу департамента, надеются на продолжение делового сотрудничества и плодотворного развития в решении важных государственных задач и уверены в конечном успехе нашего общего дела.

ОАО «ТВЭЛ»

НИКИЭТ тесно сотрудничает с ОАО «ТВЭЛ» – крупнейшей в мире топливной компанией – с самого момента ее создания. Отрадно отметить, что руководители и сотрудники ОАО «ТВЭЛ» всегда находят возможность уделить должное внимание вопросам сотрудничества с НИКИЭТ.

Руководство и работники НИКИЭТ особенно благодарны президенту ОАО «ТВЭЛ» Юрию Александровичу Оленину, вице-президентам В.В. Рождественскому и П.И. Лавренюку и заместителю исполнительного директора В.Л. Молчанову.

Проектные институты

После разработки проекта первого промышленного реактора «А» в 1946 г. НИКИЭТ вошел в триаду традиционных разработчиков атомных объектов: Научный руководитель, Главный конструктор и Генеральный проектировщик.

В первые годы, когда осуществлялась интенсивная программа развития производства изотопов военного назначения, функцию Генерального проектировщика выполнял один институт. В разные годы он по-разному назывался, но работа с этим коллективом всегда была очень дружной и результативной. Это замечательный ВНИПИЭТ (ГСПИИ-11) – Всесоюзный (ныне Всероссийский) научно-исследовательский и проектный институт энергетических технологий в Ленинграде (Санкт-Петербурге). В далеком 1946 г. он даже был среди трех институтов, которым предложено было, как теперь говорят, на конкурсной основе разработать техническое предложение на первый отечественный промышленный реактор. В конкурсе победил проект «Гидросектора» (предтечи НИКИЭТ), но с тех пор вот уже 66 лет мы вместе с ВНИПИЭТ идем по энергетике и оборонной тематике, решая множество сложнейших технических задач, давая «путевку в жизнь» многим проектам. Можно перечислить основные из них: реакторы «А», АИ, И-1, ЭИ-2, Первая в мире АЭС, Ленинградская АЭС, Игналинская АЭС, комплекс стантового хозяйства НИТИ и т.д. Все эти объекты мы вместе проектировали и конструировали, сооружали и сопровождали по жизненному циклу. Институтом всегда руководили прекрасные организаторы и специалисты: А.И. Гутов, В.М. Седов, В.А. Курносов, А.Н. Матвеев, Ф.Г. Герасимов, В.Д. Симановский, В.Д. Сафутин и др.

Другие наши Генеральные проектировщики родом из Министерства энергетики СССР – знаменитые ТЭП, преобразовавшиеся в АЭП. Среди них больше всего нам пришлось работать с центральным, московским АЭП, расположенным по соседству с нами на Бакунинской улице. В начале 1970-х гг. было принято решение вплотную подключить Минэнерго, его институты и строителей к развитию большой атомной энергетики страны. В недрах института «Гидропроект» было образовано подразделение, позднее получившее название МОАЭП, которому было со временем поручено разработать проект энергоблока с реактором РБМК второго поколения. ВНИПИЭТ получил команду передать МОАЭП чертежи главного корпуса Ленинградской АЭС; остальные здания и сооружения первых очередей Курской и Чернобыльской АЭС частично уже проектировал МОАЭП и данный ему в помощь Ленинградский филиал (ЛОАЭП). Присматривать за новыми проектировщиками на первое время поручили немногочисленному авторскому надзору ВНИПИЭТ. Тем временем, подучившись, МОАЭП начал проектировать второе поколение энергоблоков для Курской, Чернобыльской и Смоленской АЭС. Они учли мировые тенденции, необходимость оснащения АЭС системами безопасности (в первую очередь, САОР и СЛА). С нами МОАЭП взаимодействовал очень тесно, впитывая опыт и знания наших специалистов. В НИКИЭТ тогда рассматривали большой объем проектной документации, помогая МОАЭП входить в тематику. С тех пор и сложились между нами дружественные, неформальные отношения.

Пока рассматривали все по отдельности, работа спорилась, но как только проект появился во всей полноте, многим в министерстве стало не по себе. Требовалось согласование проекта Минсредмашем, а наши руководители никак не хотели этого делать. Последовала череда бурных обсуждений и заседаний, хотя по проектам уже надо было начинать строить. Е.П. Славский, как будто что-то предчувствуя, подписывая, ворчал: «Развели болото под реактором»

(о расположении бассейна-барботера для конденсации пара при авариях с разрывами).

Когда начали пускать новый головной 3-й энергоблок Чернобыльской АЭС, в проекте обнаружилось немало ошибок и недоработок. Многие огрехи устраняли вместе, что еще больше сблизило наших специалистов.

Тут подоспела еще одна идея – построить вторую, более мощную очередь Билибинской АЭС, с нашими реакторами АТУ-2, а Генеральным проектировщиком назначили МОАЭП. Возможность поработать с ними представилась сотрудникам отдела № 3.

А уж полное взаимопонимание появилось тогда, когда нас объединила общая беда. На Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. оказались два наших руководителя – К.К. Полушкин и В.С. Конвиз. По какой-то злой иронии дни рождения у них обоих приходились на 26 апреля. Во время расследования причин аварии и долгих работ по восстановлению и модернизации 1–3-го энергоблоков Чернобыльской АЭС мы работали бок о бок, помогая и поддерживая друг друга. Так уж случилось, что ВНИПИЭТ было поручено спроектировать объект «Укрытие», которым 30 ноября и накрыли развалины 4-го энергоблока, детища МОАЭП.

Третьим нашим Генеральным проектировщиком стал Ленинградский теплоэнергопроект ЛОТЭП (затем ЛОАЭП, СПб АЭП). Первой большой совместной работой был проект Белоярской АЭС. Вместе мы пережили радости созидания, трудности эксплуатации столь уникальных для своего времени энергоблоков, горечь их закрытия и длительный процесс снятия с эксплуатации.

Следующая точка сотрудничества – проектирование машинного зала на Ленинградской АЭС. Там все оказалось более привычным, поэтому оборудование и конструкции машинного зала работают, подвергаясь постоянным модернизациям, достаточно устойчиво. ЛОТЭП (ЛОАЭП, СПб АЭП) внес свой вклад в проектирование энергоблоков на Курской и Смоленской АЭС, а модернизация 1–2-го энергоблоков Курской АЭС выполнена в основном по проектам наших ленинградских (петербургских) коллег.

Сотрудничество НИКИЭТ и СПб АЭП успешно продолжилось в разработке инновационной ядерной энерготехнологии БРЕСТ. В работах ВНИПИЭТ по этой тематике, курируемых генеральным директором Сергеем Викторовичем Онуфриенко, можно с благодарностью отметить вклад С.В. Попова, В.Н. Ершова, С.Г. Знаменского, В.О. Гречищева и др.

В работах по созданию исследовательских реакторов и других установок НИКИЭТ имеет большой опыт совместной работы с ГСПИ. Специалисты НИКИЭТ признательны за плодотворное сотрудничество возглавляемому Илей Алексеевичем Веризаевым коллективу ГСПИ, особенно А.В. Курнаеву, В.Ф. Леонтьеву, Б.Г. Щукину, И.И. Читаеву, М.Т. Воронцову, Е.Д. Спицыну, А.Е. Кулакову и В.В. Фокину.

Научный руководитель (НИЦ КИ)

Практически неизменным Научным руководителем наших энергетических проектов был и остается Институт атомной энергии имени И.В. Курчатова (РНЦ КИ, НИЦ КИ). С 1946 г. по настоящее время все наши промышленные и энергетические реакторы, за исключением окончательной фазы создания Первой

в мире АЭС и Белоярской АЭС, создавались и эксплуатировались под научным руководством Курчатовского института. Указанные выше объекты и Билибинская АЭС создавались при научном руководстве Физико-энергетического института в лице Д.И. Блохинцева, А.К. Красина, М.Е. Мишанина и др.

В Курчатовском институте нашими совместными энергетическими разработками руководили выдающиеся ученые и организаторы науки И.В. Курчатов, А.П. Александров, С.М. Фейнберг, Е.П. Кунегин и др. Надо отметить, что в начале нашего сотрудничества с ИАЭ основные физические и теплогидравлические расчеты проводились сотрудниками Научного руководителя, но по мере наращивания потенциала НИКИЭТ часть работ, а затем и большая доля обобщающих расчетов, плавно перешла в НИКИЭТ.

В настоящее время НИКИЭТ сотрудничает с НИЦ КИ, в частности, по физике и графитовой кладке реакторов РБМК-1000, эксплуатационным режимам этих реакторов. Большой вклад в данные работы внесли Я.И. Штромбах, Ю.М. Семченков, Е.В. Бурлаков, Д.Ф. Цуриков, П.А. Платонов, Д.А. Михайлов, А.В. Краюшкин, О.К. Чугунов, В.В. Ткачев, Ю.И. Зорин и др.

Кроме того, НИКИЭТ и НИЦ КИ ведут большой объем совместных работ по созданию транспортных установок для ВМФ и реакторной установки для космической ЯЭДУ мегаваттного класса. НИКИЭТ с благодарностью отмечает, что большой вклад в эти работы внесли академики РАН Н.С. Хлопкин и Н.Н. Пономарев-Степной, а также ряд других специалистов НИЦ КИ: Я.И. Штромбах, Д.Ф. Цуриков, В.М. Талызин, В.А. Павшук, В.Д. Павлов, В.А. Иванов, Е.А. Двойнишников, А.В. Буланов.

Эксплуатирующая организация (концерн «Росэнергоатом»)

После аварии на Чернобыльской АЭС появились главки вновь созданного Министерства атомной энергетики, которое просуществовало недолго, однако при его ликвидации образовалась Эксплуатирующая организация – концерн «Росэнергоатом». Он был создан в сентябре 1992 г. и в этом году отмечает свой 20-летний юбилей.

У истоков его создания стояли настоящие профессионалы атомной энергетики: Эрик Николаевич Поздышев, работавший до этого на Ленинградской, Курской и Чернобыльской АЭС, в ВПО «Союзатомэнерго» и занимавший пост заместителя министра атомной энергетики СССР; Евгений Иванович Игнатенко, прошедший школу атомной энергетики на Ровенской и Кольской АЭС, в ВПО «Союзатомэнерго», на ликвидации чернобыльской аварии, директором ПО «Комбинат», начальником главка в Минатомэнерго СССР; Борис Васильевич Антонов, работавший на Ленинградской, Игналинской, строящейся Татарской АЭС и занимавший должность начальника главка в Минатомэнерго СССР.

За прошедшие 20 лет наиболее тесная и результативная работа наладилась с технической дирекцией концерна и в первую очередь с ее руководителями Н.М. Сорокиным, Ю.В. Копьевым, А.В. Шутиковым, О.Г. Черниковым, Н.Н. Давиденко. Большая заслуга технических руководителей концерна состоит в том, что даже в тяжелой экономической ситуации АЭС продолжали надежно и безопасно эксплуатироваться, при необходимости модернизироваться и реконструироваться.

Среди технических руководителей концерна, непосредственно работавших и работающих с АЭС с РБМК и нашим институтом, хотелось бы особо отметить А.М. Локшина, С.П. Крылова, А.Е. Смышляева, А.И. Васильева, А.А. Быстрикова, А.К. Егорова, С.В. Долганова.

НИКИЭТ и его дочерние предприятия успешно взаимодействуют с концерном, выполняя научно-техническое сопровождение эксплуатации АЭС с РБМК, разрабатывая обоснования безопасности, нормативную и эксплуатационную документацию, методики эксплуатационного контроля металла и др.

Атомные электростанции

Канальная атомная энергетика в 1970–1980-х гг. успешно развивалась. Бурными темпами наращивались мощности АЭС: так, в 1983 г. на трех АЭС были пущены три энергоблока, в том числе 1-й энергоблок Игналинской АЭС с мощнейшим на то время в мире реактором РБМК-1500. То, о чем только мечтают нынешние атомщики, тогда было реальностью. Огромной удачей оказалось то, что такая мощная программа развития была поддержана с самого ее начала потенциалом высококлассных специалистов с восточных комбинатов. Это касается в первую очередь Ленинградской и Курской АЭС.

Хочется здесь поблагодарить ветеранов всех АЭС, с которыми довелось много и плодотворно работать и вместе испытать радость созидания. Список достойнейших людей очень велик, но вспомним в первую очередь руководителей атомных станций.

Ленинградская АЭС имени В.И. Ленина: Валентин Павлович Муравьев, Николай Федорович Луконин, Анатолий Павлович Еперин, Владимир Иванович Рябов, Валерий Иванович Лебедев, Юрий Владимирович Гарусов, Михаил Павлович Карраск.

Ленинградская станция помогла пустить первые блоки Курской АЭС и освоить новые мощности, делегировав на КуАЭС Эрика Николаевича Поздышева и Евгения Михайловича Сафрыгина.

На самой же Курской АЭС работали замечательные профессионалы: Владимир Кузьмич Горелихин, Том Петрович Николаев, Юрий Николаевич Филимонцев, Евгений Сергеевич Иванов, Вячеслав Михайлович Ряхин.

На Чернобыльской АЭС: Вячеслав Павлович Акинфиев, Виктор Петрович Брюханов, Юпитер Алексеевич Каменев, Анатолий Андреевич Ситников, Владимир Александрович Чугунов, Владимир Константинович Бронников, Михаил Алексеевич Лютов.

После чернобыльской аварии повторно пускать блоки ЧАЭС и налаживать работу станции помогали: Эрик Николаевич Поздышев, Николай Александрович Штейнберг, Николай Михайлович Сорокин, Михаил Пантелеевич Уманец, Геннадий Федорович Ярославцев.

Смоленскую АЭС сооружали, пускали и успешно эксплуатировали: Юрий Парфентьевич Сараев, Борис Яковлевич Прушинский, Георгий Алексеевич Колчинский, Евгений Михайлович Сафрыгин, Сергей Петрович Крылов, Юрий Лукич Дорош.

На Игналинской АЭС руководящий персонал почти полностью был укомплектован специалистами, осваивавшими тонкости профессии на Ленинградской станции. Среди них Николай Федорович Луконин, Анатолий Иванович Хромченко, Борис Васильевич Антонов, Геннадий Порфирьевич Негривода, Борис Алексеевич Воронцов, Виктор Николаевич Шевалдин.

Среди этих заслуженных людей уникальное место занимает Николай Михайлович Сорокин, которому довелось поработать на четырех из пяти АЭС с РБМК, на двух из них – в качестве директора. Кроме этого, Н.М. Сорокин работал техническим директором, а ныне продолжает трудиться генеральным инспектором ОАО «Концерн Росэнергоатом».

Хочется сказать добрые слова также о руководителях АЭС следующих поколений и о нынешних руководителях АЭС с РБМК, которые достойно продолжают надежную эксплуатацию российских энергоблоков.

На Ленинградской АЭС это Олег Георгиевич Черников, в настоящее время работающий первым заместителем технического руководителя ОАО «Концерн Росэнергоатом», Владимир Иванович Перегуда и Константин Германович Кудрявцев, руководящие ныне станцией.

Курскую АЭС уверенно направляют по курсу модернизации и продления срока эксплуатации всех энергоблоков Вячеслав Александрович Федюкин и Александр Владимирович Увакин.

На Смоленской АЭС – самой молодой АЭС с РБМК – коллектив уверенно ведут в череду реконструкций и модернизаций Андрей Ювенальевич Петров и Александр Иванович Васильев.

Ростехнадзор (Госатомнадзор)

На страже безопасности атомной энергетики с самого ее рождения стоит Госатомнадзор. До 1982 г. он организационно входил в состав Минсредмаша, часть функций контроля выполнялась также территориальными органами Госгортехнадзора. В те годы неизменным руководителем ГАН был всеми уважаемый Н.И. Козлов. Учитывая зарубежную практику, для придания этому органу независимости в 1982 г. был образован Государственный комитет Госатомнадзора. Возглавил его Е.В. Кулов, работавший ранее начальником 16-го Главного управления Минсредмаша. Комитет не успел еще развернуть свою деятельность и сформировать территориальные округа, как случилась чернобыльская авария. Среди первых специалистов, прилетевших на Чернобыльскую АЭС, был первый заместитель руководителя Госатомнадзора В.А. Сидоренко.

Следует с удовлетворением отметить, что за долгие годы сотрудничества с Госатомнадзором в разных его формах у этой организации никогда не было серьезных замечаний к нашей работе и к выпускаемой нами документации. Учитывая высокую квалификацию сотрудников НИКИЭТ, Ростехнадзор часто привлекает наших специалистов к экспертизе материалов других организаций и к разработке своих нормативных документов и правил.

Хотелось бы поблагодарить руководство Ростехнадзора (В.С. Беззубцев) и управление по надзору за безопасностью при эксплуатации АЭС (М.И. Мирошнichenко, В.А. Гривизирский) за непредвзятый и профессиональный подход при решении всех технических вопросов.

6.2. Исследовательские и учебные институты, научные центры

ОАО «ВНИИНМ»

Сотрудничество ОАО «НИКИЭТ» с одним из ведущих российских материаловедческих предприятий ОАО «ВНИИНМ» началось еще на заре развития атомной энергетики. Так, ВНИИНМ разрабатывал топливную композицию (крупку сплава урана с молибденом ОМ-9) для Первой в мире атомной электростанции. Кроме того, для Первой АЭС ВНИИНМ параллельно с ФЭИ предложил оригинальную конструкцию тепловыделяющего элемента.

ВНИИНМ является также конструктором-технологом твэлов энергетических реакторов, таких как РБМК и ВВЭР. Повышение экономической эффективности топливного цикла и безопасности эксплуатации канальных реакторов типа РБМК проводится в том числе путем изменения состава топлива. ВНИИНМ на протяжении более чем 40 лет разрабатывал, обосновывал безопасность и работоспособность твэлов с топливом из диоксида урана обогащением 1,8, 2,0 и 2,4 %, а также с уран-эрбиевым топливом обогащением 2,6 и 2,8 %.

В результате совместных работ главного конструктора РБМК ОАО «НИКИЭТ», конструктора-технолога ОАО «ВНИИНМ», научного руководителя НИЦ КИ и предприятия-изготовителя ОАО «МСЗ» разработана, изготовлена и поставлена на опытно-промышленную эксплуатацию конструкция тепловыделяющей сборки с проектной энерговыработкой ~4000 МВт·сут/ТВС при сроке службы до 10 лет. Проектное выгорание топлива этой ТВС возросло по сравнению с исходным (для топлива 2,8 %-ного обогащения) на ~80 %.

Большой объем работ выполнен ВНИИНМ по разработке топлива и твэла для реакторной установки БРЕСТ.

НИКИЭТ признателен за многолетнее плодотворное сотрудничество коллективу ВНИИНМ в лице А.В. Ватулина, В.В. Новикова, В.П. Костомарова, И.В. Добриковой, Б.Д. Рогозкина, Ю.А. Иванова, И.А. Шкабуры, М.В. Леонтьевой-Смирновой и др.

Петербургский институт ядерной физики (ПИЯФ)

Наиболее тесное взаимодействие с ПИЯФ им. Б.П. Константинова началось с работ над проектом реактора ПИК в конце 1960-х гг. и длится более 40 лет. Специалисты наших институтов рука об руку прошли долгий тернистый путь к пусковым мероприятиям на реакторе. К 1986 г. реактор был сооружен более чем на 80 %. Однако после черновильской аварии строительство практически было остановлено. Именно в это время совместные действия руководства ПИЯФ и НИКИЭТ, слаженный труд технических специалистов позволили удержать ситуацию в точке возврата.

Сегодня, оглядываясь назад, нельзя не вспомнить одного из авторов идеи реактора ПИК Ю.В. Петрова и директора ПИЯФ в период 1986–2008 гг. В.А. Назаренко. Колоссальные усилия в проектирование и развитие вложили сотрудники ПИЯФ: научный руководитель реакторной базы К.А. Коноплев, заместитель директора института по реакторной базе С.Л. Смольский, заместитель директора института И.А. Баранов, начальник отдела капитального строительства

М.Н. Пак, А.С. Захаров, В.П. Мащетов и многие другие специалисты, достойные самых теплых слов признательности.

В ПИЯФ выросла и зарекомендовала себя на самых передовых позициях школа разработчиков источников холодных и ультрахолодных нейтронов под руководством заведующего отделом профессора А.П. Сереброва и В.М. Митюхлева. Их знания и опыт находят применение в запланированных на ближайшее время проектах источников холодных нейтронов на реакторах ПИК и ВВР-М.

В 1980-е гг. реакторы типа ВВР, в том числе и размещенный в ПИЯФ реактор ВВР М, были переданы под авторское сопровождение НИКИЭТ. С тех пор этот реактор, сооруженный в 1959 г., является объектом нашей совместной заботы. Реактор не только эффективно работает на мощности до 18 МВт, используя 15 выведенных пучков нейтронов, но и будет запланированно развиваться в ближайшие 10 лет: начато оснащение реактора ВВР-М источником холодных и ультрахолодных нейтронов, а также нейтроноводным залом. Проект источника ультрахолодных нейтронов на реакторе ВВР-М предполагает получить исключительно высокую плотность ультрахолодных нейтронов вплоть до $2 \cdot 10^3$ нейтр./см³, что на два порядка больше, чем на лучшем высокопоточном реакторе Института Лауэ-Ланжевена. Одно удовольствие взаимодействовать с прекрасным и опытным эксплуатационным коллективом реактора в лице таких специалистов, как А.И. Алехин и В.А. Илатовский, вместе решать непростые вопросы продления сроков службы, обогащая опыт друг друга.

Самые теплые слова признательности за долготейшее сотрудничество всему творческому коллективу ПИЯФ им. Б.П. Константинова и его руководству во главе с членом-корреспондентом РАН профессором Виктором Лазаревичем Аксеновым.

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ)

В 1980-е гг. в институте была популярна фраза «У НИКИЭТ с ОИЯИ особые отношения», которая не потеряла своей актуальности и сегодня. Это утверждение никоим образом не принижает значимость сотрудничества с другими нашими партнерами, но отражает особый характер творческого и личного содружества коллективов НИКИЭТ и ОИЯИ. Оно зародилось в период разработки проекта и создания нашего общего детища – уникального исследовательского реактора ИБР-2.

Целая когорта сотрудников института во главе с тогдашним директором ОИЯИ Д.И. Блохинцевым и директором Лаборатории нейтронной физики (ЛНФ) нобелевским лауреатом И.М. Франком стали нашими творческими партнерами и друзьями. Тогда впервые прозвучали ставшие затем для сотрудников института почти родными имена В.Д. Ананьева, Е.П. Шабалина, В.Л. Ломидзе, Б.Н. Бунина, А.И. Бабаева, В.П. Воронкина, В.К. Титкова, А.А. Белякова и многих других дубнинских специалистов.

В трудные 1990-е и 2000-е гг. совместно выполнялись очень интересные проекты ADS-установок ИРЕН и SAD, позволившие получить практические наработки в этой области экспериментальных установок.

В этот же период выполнялся проект модернизации реактора ИБР-2, который буквально вчера успешно завершен (в апреле 2012 г. получена

лицензия Ростехнадзора на эксплуатацию). Этот результат достигнут благодаря выдающейся пассионарности и профессионализму специалистов ЛНФ в труднейших финансовых и организационных условиях. Руководство ЛНФ в те годы в лице директора В.Л. Аксенова и главного инженера В.Д. Ананьева сумело сплотить коллектив, сориентировать на достижении новых задач, что и дало свой результат. В этом проекте проявило себя и выкристаллизовалось новое поколение специалистов.

Творческие и дружеские отношения между институтами и специалистами продолжают развиваться на новых проектах. Руководители лаборатории, директор А.В. Белушкин, главный инженер А.В. Виноградов, заместитель директора В.Н. Швецов, а также главный инженер реактора А.В. Долгих – все они наши давние, хорошо и по-доброму известные, надежные партнеры. Ждем новых проектов и уверены, что они будут – залогом тому особый коллектив ЛНФ и особые отношения НИКИЭТ и ОИЯИ!

Физико-энергетический институт (ФЭИ)

Коллективы НИКИЭТ и ФЭИ связывает многолетнее сотрудничество, начиная еще со времен создания Первой в мире АЭС, пущенной в 1954 г. В настоящее время идет совместная работа по созданию новых транспортных установок, реакторной установки для космической энергетической установки мегаваттного класса, инновационной ядерной энерготехнологии БРЕСТ, многоцелевого быстрого исследовательского реактора МБИР.

НИКИЭТ благодарит за товарищеское сотрудничество и неоценимый вклад в совместные проекты возглавляемый С.Г. Калякиным и В.И. Рачковым коллектив ФЭИ, в том числе А.В. Зродникова, П.Л. Кириллова, А.В. Гулевича, В.М. Поплавского, Л.А. Кочеткова, Ю.С. Хомякова, А.А. Камаева, Ю.И. Орлова, А.М. Цибулю, А.Е. Русанова, А.Д. Ефанова, П.Н. Мартынова, А.В. Жукова, И.П. Матвееенко, И.Х. Меркурисова, А.П. Пышко и др.

НИИ атомных реакторов (НИИАР)

Сотрудничество НИКИЭТ и НИИАР – это явление долговременное, непрерывное и творческое. Началось оно с разработки реактора СМ-2, а затем реактора МИР. Именно на этих проектах зародилось долговременное содружество и наших организаций, и наших специалистов. Эти высокопоточные реакторы, сооруженные в 1961 и 1967 гг., и сегодня остаются основными отраслевыми исследовательскими инструментами. Конечно, этот период связан прежде всего с именем В.А. Циканова – непревзойденного авторитета в области исследовательских реакторов.

Сегодня наши специалисты соединены между собой десятками прямых и опосредованных связей: совместно разрабатывают проект нового исследовательского реактора, ведут взаимодействие по проекту «Прорыв», готовят эксперименты в обоснование новых разработок по инновационному проекту БРЕСТ-ОД-300, совместно обсуждают животрепещущие профессиональные вопросы на конференциях и в рабочих группах, пишут совместные статьи и доклады и т.д.

Тесное сотрудничество с нашим институтом и принципиальные позиции, которые отстаивает руководство института, высокий профессионализм специалистов НИИАР порождают уважение и признательность к институту в целом, и к ведущим его специалистам М.Н. Святкину, А.Л. Ижутову, В.Д. Рисованному, А.С. Королькову, Ю.Л. Ревякину, С.Г. Еремину и др.

ОКБ «Гидропресс»

НИКИЭТ и ОКБ «Гидропресс» имеют опыт сотрудничества в области разработки энергетических реакторов. В частности, специалисты ОКБ «Гидропресс» разрабатывали парогенератор для реакторной установки БРЕСТ. Кроме того, НИКИЭТ и специалисты ОКБ «Гидропресс» совместно проводили экспертизу проекта водоохлаждаемого реактора ВБЭР-300, проектируемого в ОКБМ.

НИКИЭТ благодарит за годы тесного и плодотворного сотрудничества дружественный коллектив ОКБ «Гидропресс», в особенности В.С. Степанова, М.П. Вахрушина, В.С. Неевина, О.П. Архипова, И.И. Пантюшина и др.

Институт реакторных материалов (ИРМ)

Институт реакторных материалов и размещенный в нем исследовательский реактор ИВВ-2М были и остаются для НИКИЭТ не просто дружественными, а родными созданиями. Хотя время и обстоятельства формально разделили нас, но из нашей истории не вычеркнуть совместно прожитых лет, совместно наработанных проектов, совместных успехов и неудач. В 1969–1990 гг. Свердловским филиалом НИКИЭТ бессменно руководил В.И. Зеленев, который сделал многое для становления и развития этого подразделения. Следующие 20 лет, с 1990 по 2010 гг., этот филиал НИКИЭТ, а затем собственно ИРМ возглавлял В.И. Перехожев, усилиями которого институт не только выстоял в безвременье 1990-х и начала 2000-х гг., но и вышел на эксплуатационную самоокупаемость реактора ИВВ-2М. Реактор долгие годы был и остается и сегодня наиболее эффективным по коэффициенту использования мощности реактором.

И сам институт, и реактор ИВВ-2М являются одной из базовых отраслевых установок, которая стабильно и эффективно обеспечивает не только выполнение научно-исследовательских задач, но и наработку изотопной продукции. Идут годы, меняются поколения, но традиции дружбы и сотрудничества сохраняются, за что низкий поклон и признательность директору института А.А. Дьякову, главному инженеру Е.М. Сулимову, начальнику реактора А.В. Мелешко, начальнику отдела В.И. Уварову, всему коллективу ИРМ – нашим друзьям и коллегам!

ОКБМ

В свое время ОКБМ воспринял от НИИ-8 разработки ПУГР, а затем и реакторных установок для АПЛ.

Специалисты ОКБМ разрабатывали главный циркуляционный насос для реакторной установки БРЕСТ, организацией Главного конструктора которой является НИКИЭТ.

Полученный опыт сотрудничества свидетельствует о высоком профессионализме специалистов ОКБМ. Выражая от имени НИКИЭТ благодарность коллективу ОКБМ во главе с Д.Л. Зверевым, хотелось бы особо отметить вклад В.В. Петрунина, В.М. Рогожина, М.Р. Фаракшина и др.

Московский инженерно-физический институт (МИФИ)

Трудно переоценить значение МИФИ для никиевцев – в его стенах получило образование множество нынешних и бывших специалистов и руководителей НИКИЭТ. Меняются ректоры института: Б.Н. Оныкия сменил М.Н. Стриханов, но уровень образования и авторитет учебного заведения сохраняются на высочайшем уровне. Для выпускников МИФИ всегда готовы рабочие места в НИКИЭТ. Это надежная, но не единственная основа нашего сотрудничества. В 1967 г. по проекту НИКИЭТ в МИФИ был сооружен исследовательский реактор ИРТ-2500. Это прекрасный образец университетского реактора, который с большим участием и заботой поддерживается в безопасном и рабочем состоянии. В этом большая заслуга главного инженера реактора А.А. Портнова – подвижника реактора в прямом смысле этого слова, и всего эксплуатационного персонала.

Непрерывно продолжается сотрудничество с МИФИ по проекту реализации технологии нейтронозахватной терапии на горизонтальном канале реактора. Из-за финансовых затруднений проект продвигается медленно, однако уже виден «свет в конце туннеля»: работа из проектной перешла в стадию изготовления оборудования. Не сегодня, так завтра результат будет достигнут, и благодаря усилиям мифистов у онкологических больных появятся надежды на оперативное излечение.

Европейский центр ядерных исследований (CERN)

В течение ряда лет НИКИЭТ участвует в реализации глобального научного проекта конца XX и начала XXI в. – сооружении Большого адронного коллайдера (БАК) на площадке CERN. Институт конструирует, изготавливает и монтирует на месте механические конструкции детекторов ускорителей частиц для этого коллайдера.

Особую признательность за совместные работы по созданию детектора CMS (Compact Muon Solenoid) Большого адронного коллайдера в CERN следует выразить сотрудникам CERN Мишелю Дела Негра, Алану Эрве, Остину Болу и Люсьену Вийету, ОИЯИ В.А. Матвееву, И.А. Голутвину, В.Ю. Каржавину, А.В. Зарубину, В.Д. Калагину и А.Г. Володько, ГНЦ ИФВЭ Н.Е. Тюрину и В.И. Крышкину, специалистам из Белоруссии Н.М. Шумейко и Р.В. Стефановичу и США Дену Грину и Диду Лавлису.

Институт ядерных исследований (ИЯИ) РАН (г. Троицк)

Один из создателей теории импульсных реакторов профессор Ю.Я. Ставиский был инициатором подключения НИКИЭТ к разработке высокоинтенсивного источника на базе протонного 600-мевного ускорителя в рамках проекта Московской мезонной фабрики. На этом проекте, где столь привычные для

НИКИЭТ реакторы отсутствовали, выросла целая генерация инженеров, освоившихся в разработке неразмножающих и размножающих мишеней.

Специалисты академического института во главе с академиком РАН В.А. Матвеевым задали высокую планку требований к сложным техническим задачам. Творчески активные, высокопрофессиональные специалисты ИЯИ, среди которых прежде всего М.И. Грачев, С.Ф. Сидоркин, В.А. Федченко и многие другие, своим отношением к делу невольно заражают своей заинтересованностью всех членов команды. В работе с ними специалисты НИКИЭТ набирались опыта и знаний, совместно решали трудные, часто уникальные технические и технологические проблемы. Признательность и слова благодарности всему коллективу института и его руководителям! Благодаря им и совместной слаженной работе в тяжелые 1990-е гг. источник нейтронов на базе протонного ускорителя ИН-6 был введен в эксплуатацию.

ЦКБМ

НИКИЭТ и ЦКБМ связывает многолетнее сотрудничество в области разработки перегрузочных комплексов для конструируемых в НИКИЭТ реакторных установок. Для реакторной установки БРЕСТ помимо перегрузочных систем также выполнены работы по созданию главного циркуляционного насоса.

Выражая признательность всему коллективу ЦКБМ во главе с Евгением Дмитриевичем Сергеевым, специалисты НИКИЭТ с особой благодарностью отмечают большой вклад в совместные проекты Р.П. Казанцева, С.Ю. Щуцкого, В.С. Герасимова, Н.Н. Павлова, А.П. Иванова, С.В. Грицай и др.

Филиал НИФХИ им Л.Я. Карнова

Основой взаимных интересов нашего института и филиала НИФХИ является исследовательский реактор ВВР-ц. С 1980-х гг. сотрудничество наших специалистов становилось все плотнее и результативней: проект медицинского пучка, установки для ядерного легирования кремния доведены до изготовления оборудования, а проект модернизации реактора, хоть и затянулся во времени и продвигается с трудом, но находится в развитии.

Последние годы благодаря директору филиала О.Ю. Кочнову и его коллегам взаимоотношения со специалистами НИКИЭТ выходят на новый, более интенсивный уровень, расширяясь в область совместных разработок, что должно принести плоды в будущем.

ФГУП «НИИП»

Тесные творческие связи со специалистами ФГУП «НИИП» зародились давно, фактически с основания наших институтов, а наиболее тесное сотрудничество на проекте сооружения исследовательского реактора ИРВ-М2 (реконструкция реактора ИРВ-М1) придало им новое качество.

Мы высоко ценим те усилия, которые руководители института – директор А.М. Членов и главный инженер Д.И. Маркитан – прикладывают для завершения проекта сооружения реактора ИРВ-М2, готовы оказывать им и всему коллективу НИИП всяческую поддержку и надеемся, что вскоре обновленный реактор ИРВ войдет в фазу пусковых испытаний.

Институт машиноведения (ИМАШ РАН)

В течение многих лет между НИКИЭТ и ИМАШ РАН продолжается тесное и плодотворное сотрудничество, у истоков которого стояли академики Николай Антонович Доллежалъ и Константин Васильевич Фролов.

НИКИЭТ выражает признательность Н.А. Махуту, С.В. Маслову, Г.Х. Хуршудову, В.В. Поднебеснову, Л.И. Ильинской и многим другим сотрудникам ИМАШ РАН за их активное участие в разработке и создании норм расчета на прочность, в частности, в вопросах обоснования циклической прочности и методов высокотемпературной тензометрии.

ОАО «СвердНИИхиммаш»

НИКИЭТ и ОАО «СвердНИИхиммаш» уже в течение ряда лет сотрудничают в области разработок оборудования для пристанционного ядерного топливного цикла инновационной ядерной энерготехнологии БРЕСТ.

НИКИЭТ выражает благодарность коллективу ОАО «СвердНИИхиммаш» во главе с генеральным директором Рауилем Сайфулловичем Каримовым, особо отмечая вклад Б.П. Шевелина, В.Н. Гузанова, В.И. Васильева, Г.А. Панова, Н.Г. Сергеева, В.А. Чемизова и др.

ЦНИИ КМ «Прометей»

ЦНИИ КМ «Прометей» уже много лет неизменно является главным партнером НИКИЭТ в решении такого принципиально важного вопроса, как выбор конструкционных материалов для разрабатываемых проектов реакторных установок.

НИКИЭТ с благодарностью отмечает большой вклад в плодотворное сотрудничество по конструкционным сталям академика И.В. Горынина, его сотрудников Г.П. Карзова, В.Г. Маркова, А.Д. Каштанова и многих других специалистов «Прометея».

ЦНИИТМАШ

ЦНИИТМАШ сотрудничает с НИКИЭТ в работах по тематике быстрых реакторов со свинцовым теплоносителем, нитридным уран-плутониевым топливом с двухконтурной схемой отвода тепла к турбине со сверхкритическими параметрами (БРС-1000, затем БРЕСТ-ОД-300).

Специалисты НИКИЭТ очень признательны генеральному директору ЦНИИТМАШ Алексею Владимировичу Дубу и возглавляемому им коллективу, особенно отмечая Ф.Ф. Вертмана, А.В. Мухина, В.Д. Чебураева, Н.С. Ершова, А.С. Орлова и др.

РФЯЦ ВНИИТФ

Специалисты НИКИЭТ имеют большой опыт сотрудничества с РФЯЦ ВНИИТФ в области системного анализа атомного комплекса России, а также разработки стенда для экспериментального исследования возможности множественного разрыва трубок парогенератора реакторной установки БРЕСТ.

НИКИЭТ благодарен за тесное и плодотворное сотрудничество с РФЯЦ ВНИИТФ его почетному научному руководителю академику Евгению

Николаевичу Аврорину, научному руководителю академику Георгию Николаевичу Рыкованову и их сотрудникам А.Г. Юдову, В.М. Сысоеву, А.Н. Зяблицких, А.В. Абрамову, Г.И. Малышкину и др.

РФЯЦ ВНИИЭФ

Специалисты РФЯЦ ВНИИЭФ внесли значительный вклад во внедрение суперкомпьютерных технологий и программного обеспечения. В 2011–2012 гг. начались совместные работы по разработке и испытаниям элементов реакторной установки для транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса.

Специалисты НИКИЭТ признательны за плодотворное сотрудничество дружественному коллективу РФЯЦ ВНИИЭФ, возглавляемому генеральным директором Валентином Ефимовичем Костюковым и научным руководителем академиком Радием Ивановичем Ильяевым. Особенно стоит отметить вклад В.П. Соловьева, Р.М. Шагалиева, В.И. Малинова, А.Н. Гребенникова и др.

6.3. Промышленные предприятия

ОАО «Машиностроительный завод» (ОАО «МСЗ»)

ОАО «Машиностроительный завод» – один из крупнейших контрагентов НИКИЭТ в части изготовления ТВС и активных зон для реакторных установок, созданных в различные годы по проектам НИКИЭТ, изготовитель и поставщик активных зон транспортного направления.

Наряду с этим ОАО «МСЗ» является одним из крупнейших производителей топлива для энергетических реакторов (в том числе и зарубежных) и единственным предприятием – изготовителем тепловыделяющих сборок РБМК.

НИКИЭТ благодарен за многолетнее плодотворное сотрудничество коллективу Электростальского машиностроительного завода в лице О.Л. Седельникова, В.П. Разина, О.В. Крюкова, И.В. Петрова, А.К. Панюшкина, Г.Г. Потоскаева и др.

ОАО «Чепецкий механический завод» (ЧМЗ)

Творческое содружество двух «гигантов» – научной мысли (НИКИЭТ) и промышленности (ЧМЗ) – ведет свое начало с 1950–1960-х гг.

НИКИЭТ всегда оказывал ЧМЗ помощь в освоении новых производственных процессов, в частности изготовления изделий из циркония.

В связи с работами по продлению срока службы реакторов РБМК продукция ЧМЗ требуется и в настоящее время. При этом в течение всех прошедших лет, особенно в 1980-е гг., на основе опыта эксплуатации продолжали совершенствоваться конструкция и технология изготовления каналов.

Менялись и коллективы сотрудников ЧМЗ и НИКИЭТ, продолжая традиции первопроходцев. Нельзя не вспомнить большой вклад в общее дело сотрудников ЧМЗ: В.В. Кузнецова, А.М. Блинова, А.Ф. Лосицкого, В.А. Котрехова, М.А. Штуца.

Опыт работ, приобретенный при изготовлении ТК и ТДЭВ реактора РБМК, позволил создать технологические основы для изготовления других изделий реакторной техники на ЧМЗ.

ОАО «Нижегородский машиностроительный завод»

Горьковский (ныне Нижегородский) машиностроительный завод был одним из основных поставщиков оборудования реакторов РБМК и ПУГР. Сначала завод производил один комплект оборудования для РБМК в год, в 1970-х гг. вышел на выпуск двух комплектов, а к середине 1980-х гг. производил уже 2,5 комплекта в год. После чернобыльской аварии заводчане помогли НИКИЭТ обследовать и отремонтировать свое оборудование на остановленных 1-м, 2-м и 3-м энергоблоках ЧАЭС перед их повторным пуском.

К сожалению, многочисленные реорганизации, смены руководства, перепрофилирование производства почти уничтожили этот славный завод. Сейчас трудно в это поверить, но во время Великой Отечественной войны он один произвел пушек больше, чем вся Германия вместе с ее сателлитами.

ОАО «Новосибирский завод химических концентратов» (НЗХК)

За более чем полувековой период деятельности НЗХК накоплен ценный практический опыт обращения с ядерными материалами, разработаны уникальные технологии, сложились традиции работы с максимальным удовлетворением требованиям заказчиков. Все это реализовано в тепловыделяющих сборках исследовательских и изотопных реакторов, главным конструктором которых является ОАО «НИКИЭТ».

На предприятии совместно с НИКИЭТ и ВНИИНМ разработаны новые конструкции и технологии изготовления твэлов на основе низкообогащенного уран-молибденового сплава с концентрацией урана до $5,4 \text{ г/см}^3$ для реакторов нового поколения.

Действующий в составе производственного цикла изготовления ядерного топлива химико-металлургический комплекс обеспечивает переработку и очистку от примесей сырья различных видов, отходов и оборотов собственного производства. Наличие данного технологического передела позволяет НЗХК выпускать не только топливные сборки, но и различные соединения урана с заданными Заказчиком техническими характеристиками.

НИКИЭТ благодарен за многолетнее плодотворное сотрудничество коллективу НЗХК в лице В.В. Рожкова, А.А. Енина, А.Б. Александрова, И.Е. Запорожца и др.

ФГУП «Воткинский завод»

Любой, кто работает с Воткинским заводом, сразу ощущает его основательность, надежность, профессионализм его коллектива. Завод с 250-летней историей, богатыми и уникальными техническими и технологическими традициями хорошо известен и в стране и за рубежом. Именно таким имиджем завод привлек НИКИЭТ. И несколько сложнее заказов для источника Московской мезонной фабрики в ИЯИ РАН, для медицинских пучков

на реакторах в филиале НИФХИ и в МИФИ и др., выполненных заводом, не дали возможности усомниться в высочайшем уровне качества его работ.

В лице ФГУП «Воткинский завод» наш институт получил надежного партнера, способного выполнить самые уникальные работы. Выражаем большую признательность генеральному директору завода В.Г. Толмачеву, его заместителю В.Я. Погудину, начальнику отдела маркетинга В.Т. Гончаруку и многим другим нашим заводским друзьям и партнерам.

Производственное объединение «Маяк» (ПО «Маяк»)

Как это ни парадоксально, но содружество НИКИЭТ с ПО «Маяк» началось задолго до формального зарождения НИКИЭТ как самостоятельной организации. Это «судьбы скрещенье» произошло еще при разработке проекта, а затем при сооружении первого промышленного реактора «А». Сотрудники НИИхиммаша во главе с Н.А. Доллежалем – впоследствии костяк образованного в 1952 г. НИИ-8 – совместно с маяковцами трудились над этим воистину судьбоносным проектом. Взаимодействие и кооперация, которые выкристаллизовались в период бурного развития базы промышленных реакторов «А», АИ, И-1, в дальнейшем развились в устойчивое творческое содружество наших институтов и специалистов. Создание реактора «Р» в 1982 г. стало вершиной творческой кооперации. Богатейший опыт эксплуатации промышленных установок, накопленный ПО «Маяк», его достижения в области изготовления свежего топлива и переработки отработавшего – величайшее достояние предприятия, воплощенное во множестве высокопрофессиональных специалистов.

Сегодня жизнь ставит новые задачи: реконструкция и модернизация действующих установок, развитие производства изотопной продукции, инновационные проекты... Знаем, что над их решением упорно работает весь ПО «Маяк», от генерального директора С.В. Баранова и технического директора Г.Ш. Баторшина до конкретных узких специалистов – наших коллег и друзей. Большая признательность им за их труд и умение! Не сомневаемся, что долготелее содружество между ПО «Маяк» и НИКИЭТ – залог будущих успехов и достижений.

ОАО «ЗИОМАР»

С ОАО «Инжинирговая компания «ЗИОМАР» специалисты НИКИЭТ ведут совместные работы по разработке парогенератора для реакторной установки БРЕСТ.

НИКИЭТ благодарен за тесное и плодотворное сотрудничество возглавляемому генеральным директором коллективу ОАО «ЗИОМАР», особенно отмечая значительный вклад В.Д. Белоусова, А.А. Муханько, С.В. Васильева и др.

6.4. Предприятия кооперации создания транспортных установок

Космические ядерные энергетические установки

С первых шагов развития космической ядерной энергетики сложился союз главного конструктора (НИКИЭТ), научного руководителя (НИЦ КИ) и технолога топлива и топливных каналов (НИИ НПО «Луч»). Прочность и

эффективность такого союза проверены временем. Более чем за 50-летний срок сотрудники наших предприятий В.Д. Колганов, О.Н. Логачев и др. (НИКИЭТ), В.М. Талызин, В.А. Павшук и др. (Курчатовский институт), Е.К. Дьяков, И.Д. Дараган (НИИ НПО «Луч») стали не просто коллегами, а настоящими друзьями, единомышленниками и соратниками. Мы превратились в единую команду, которая на реакторах ИГР и ИВГ.1 превзошла достижения США, выстояла в трудные 1990-е гг., сохранив потенциал, и как 50 лет назад, «засучив рукава», с огромным энтузиазмом включилась в создание реакторной установки для ЯЭДУ мегаваттного класса.

Работа над отечественным ядерным ракетным двигателем значительно расширила кооперацию организаций участников, которая вышла далеко за пределы Минсредмаша. Необходимо отметить тесное многолетнее сотрудничество с КБХА (В.С. Рачук, А.И. Белогуров, М.А. Рудис и др.) и Исследовательским центром имени Келдыша (А.С. Коротеев, Г.В. Конюхов, В.Ф. Семенов и др.), а также с Институтом атомной энергии НЯЦ РК (К.К. Кадыржанов, Е.И. Кенжин, Ю.С. Васильев, А.Д. Вурим, А.А. Колодешников и др.).

В период «кризиса» развития российской науки и техники НИКИЭТ объединился с рядом предприятий атомной и космической отраслей, чтобы единым фронтом выступить с ними за сохранение космической ядерной энергетики. Вместе с «Красной Звездой», ФЭИ, НИИ НПО «Луч», НИЦ КИ, Космическим центром им. М.В. Хруничева, Исследовательским центром им. М.В. Келдыша, ЦНИИмашем, 4-м ЦНИИ МО, «Салютом» и другими организациями НИКИЭТ составлял федеральные программы развития космических ЯЭУ, программы международного сотрудничества, практически в инициативном порядке разрабатывал десятки концептуальных проектов ЯЭУ различных типов и уровней мощности, принимал участие, в том числе в качестве организатора, в ряде российских и международных конференций и семинаров, занимался конверсионными проектами. За эту сложную работу хочется выразить особую благодарность В.С. Васильковскому, П.В. Андрееву, Г.А. Зарицкому, А.Г. Еремину, А.И. Кузину, С.Н. Лозину, Ш.Т. Тухватулину, В.А. Павшуку, В.А. Попову, В.Н. Акимову, А.А. Гафарову, С.Н. Обухову, Д.И. Пасышину, К.А. Павлову и др. Стоит также отметить, что НИКИЭТ всегда работал в постоянном контакте с МВТУ им. Н.Э. Баумана (В.И. Солонин, В.Г. Крапивцев, О.С. Козлов, М.И. Осипов, В.Л. Самсонов, В.Н. Арбеков).

Сегодня мы работаем над «президентским» проектом, и успех в достижении поставленной цели предопределен, прежде всего сложившейся командой и эффективностью ее взаимодействия. Невозможно упомянуть сейчас каждого, кто лично внес вклад в данный проект. Тем не менее, НИКИЭТ выражает благодарность всем, без исключения, участникам проекта и персонально В.А. Лопоте, В.П. Легостаеву, С.Ю. Романову (РКК «Энергия»), академику А.С. Коротееву, В.Ф. Семенову, В.А. Попову (Центр им. М.В. Келдыша), И.А. Смирнову (КБХМ), академику Н.Н. Пономареву-Степному (РАН), Г.А. Жемчугову (ВНИИЭМ), А.Е. Русанову, И.Х. Меркуризову, А.В. Гулевичу, А.П. Пышко (ФЭИ), Е.К. Дьякову, Ш.Т. Тухватулину, И.Д. Дарагану, В.И. Выбыванцу (НИИ НПО «Луч»), Я.И. Штромбаху, Д.Ф. Цурикову,

В.А. Павшуку (НИЦКИ), А.А. Дьякову, В.А. Сафонову, Л.П. Синельникову (ИРМ), В.М. Троянову, А.Л. Ижутову, М.Н. Святкину, В.Д. Рисованному (НИИАР), академику В.Е. Накорякову (Институт теплофизики СО РАН), академику А.И. Леонтьеву (МГТУ им. Н.Э. Баумана), члену-корреспонденту РАН Н.А. Махутову (ИМАШ), Г.П. Карзову (ЦНИИ КМ «Прометей»).

Проект рассмотрен и одобрен Президиумом РАН, активно поддержали проект академики В.Е. Фортов, Е.П. Велихов, Р.И. Ильяев, И.В. Горынин, А.А. Саркисов, О.Н. Фаворский, Б.И. Каторгин, за что им выражается особая признательность.

Ядерные паропроизводящие установки для ВМФ

Сложившаяся кооперация по созданию первой атомной подводной лодки в СССР между НИКИЭТ (НИИ-8 – Н.А. Доллежал, П.А. Деленс, В.В. Рылин и др.) и ОАО СПМБМ «Малахит» (СКБ-143 – В.Н. Перегудов, Б.К. Разлетов, П.Д. Дегтярев, Г.А. Воронич, В.П. Горячев, Р.И. Симонов) с привлечением специалистов СКБК-189 (Г.А. Гасанов), ОКБ ленинградского Кировского завода (Н.М. Синев, М.А. Казак), ОКБ-12 (С.М. Франкинштейн), ЦНИИ-48 (А.С. Завьялов, Г.И. Капырин, И.В. Горынин) и др. позволила в сложившейся обстановке успешно решать вопросы по укреплению обороноспособности страны.

Совместными усилиями конструкторов и ученых кооперации были созданы атомные энергетические установки 1-го поколения, установка В-5 для АПЛ проекта 661, положившая начало созданию АПЛ 2-го поколения, установка ВАУ-6 для дизель-электрической подводной лодки проекта 651Э и моноблочные (интегральные) установки для глубоководных атомных станций, а также было обеспечено научное сопровождение их эксплуатации со стороны проектанта РУ – НИКИЭТ (В.В. Вазингер, Н.П. Дорофеев, В.Н. Аксенова, А.П. Веселкин, М.Е. Нетеча, О.А. Шатская, В.А. Шишкин, М.И. Егоров, Б.И. Рогатных, Г.А. Станиславский, В.С. Буробин, В.В. Борисов, В.А. Мазокин, Г.И. Гречко, В.Г. Аден, В.В. Гурьев, Ю.А. Ухлин, Е.И. Иконников, А.М. Ильин, В.Н. Пепа и др.) и проектанта ЯЭУ – СПМБМ «Малахит» (С.М. Бавилин, Е.С. Корсуков, Ю.М. Коновалов, Р.И. Симонов, К.А. Ландграф, Б.А. Романов, Д.Н. Дубницкий, В.Ю. Дорофеев, В.В. Замуков, Н.Г. Ивакин, О.И. Камин, Ю.Я. Сидоров, Р.А. Шмаков, В.А. Шавкунов, А.В. Давидович, А.Е. Бабуркин, А.Н. Фарафонов и др.).

Кооперация, сложившаяся при создании АПЛ, с учетом темпов и направлений развития транспортной энергетики позволила приступить к реализации имеющихся проработок новых перспективных реакторных установок – создание реакторной техники для нужд ВМФ не ограничивается традиционными подходами.

Главным идеологом создания новых установок, определившим их облик, был выдающийся конструктор, инженер и ученый Владимир Александрович Шишкин. Благодаря его стараниям и уникальным организаторским способностям в НИКИЭТ создан коллектив единомышленников, в число которых вошли А.В. Мухин, П.И. Факеев, С.В. Онищенко, С.В. Макаров, В.Г. Сытин, К.А. Спиридонов, А.В. Никитин, В.В. Кондратьев, Е.Ф. Карташев, А.А. Карпунин.

Существенный вклад в разработку новых установок внесли наши коллеги и друзья из смежных организаций. Хочется выразить особую благодарность

руководству, а также ведущим ученым и специалистам ЦКБМТ «Рубин» – академику РАН И.Д. Спасскому, Л.Г. Сидоренко, Е.Н. Орехову, А.Н. Васильеву, А.А. Завалишину, А.С. Голубкину, А.М. Глазову, М.Р. Креславскому, С.В. Волкову, С.Е. Волкову, Ю.И. Шантыру, НИТИ им. А.П. Александрова – В.А. Василенко, Л.П. Богданову, А.В. Демидову, А.И. Молчанову, НПО «Аврора» – В.В. Войтецкому, К.Ю. Шилову, С.Н. Сурину, В.В. Котлярову, КТЗ – С.Д. Цимерману, А.В. Богомолу, И.М. Дикареву, НИЦ «Курчатовский институт» – академику Н.С. Хлопкину, В.Д. Павлову, В.А. Иванову, Е.А. Двойнишникову, А.В. Буланову, ПО «Севмаш» – В.П. Пастухову, А.И. Скутину, Ю.П. Шумилову, В.А. Жепетову.

Выражаем персональную благодарность за большой вклад в разработку и создание установок нового типа президенту «Объединенной судостроительной корпорации» А.А. Дьячкову (ранее директору ЦКБМТ «РУБИН» и генеральному директору ПО «Севмаш»).

ВЕХИ ИСТОРИИ НИКИЭТ

1946, январь	Первая встреча Н.А. Доллежала с И.В. Курчатовым.
1946, 6 января	Выход Постановления Совета Министров СССР об организации в НИИхиммаше специального подразделения «Гидросектор» для создания конструкции первого в СССР промышленного атомного реактора и о назначении начальником «Гидросектора» директора НИИхиммаша Н.А. Доллежала.
1948, январь	Начало монтажа оборудования на первом промышленном реакторе «А».
1948, июнь	Начало производства на реакторе «А» плутония для первой советской атомной бомбы.
1949, 29 августа	Взрыв первой советской атомной бомбы на испытательном полигоне.
1951	Сдача в эксплуатацию промышленного реактора АИ.
1952, 9 сентября	Выход Постановления Совета Министров СССР об организации специального Научно-исследовательского и конструкторского института – НИИ-8 (впоследствии НИКИЭТ) для проведения проектно-конструкторских, опытных и научно-исследовательских работ по созданию энергосиловой установки для объекта 627 (транспортного) и продолжения всех работ по атомным реакторам, проводимых до этого в «Гидросекторе», и о назначении директором НИИ-8 профессора Н.А. Доллежала с освобождением его от обязанностей директора НИИхиммаша.
1954	Пуск Первой в мире промышленной АЭС.
1955	Сдача в эксплуатацию промышленного реактора И-1.
1955, 28 октября	Выход Постановления Совета Министров СССР о передаче НИИ-8 из Министерства машиностроения и приборостроения СССР в систему Министерства среднего машиностроения СССР.
1958–1968	Сдача в эксплуатацию ЯЭУ для первой отечественной АПЛ и ППУ для всех АПЛ 1-го поколения.
1958	Сдача в эксплуатацию первого в серии исследовательского реактора ИРТ.
1958	Сдача в эксплуатацию первого энергоблока Сибирской АЭС (ЭИ-2).
1959, 23 июля	Выход Указа Президиума Верховного Совета СССР о награждении института орденом Ленина за успешное выполнение задания Правительства по конструированию специальной техники.
1961	Сдача в эксплуатацию импульсного реактора ИГР.
1961	Сдача в эксплуатацию исследовательского реактора СМ-2.

1961	Организация по инициативе директора НИКИЭТ Н.А. Доллежала кафедры Э7 (Энергетические машины и установки) в МВТУ им. Н.Э. Баумана в целях подготовки конструкторов для реакторостроения.
1964–1967	Сдача в эксплуатацию первых РУ с ядерным перегревом пара (Белоярская АЭС).
1967	Сдача в эксплуатацию исследовательского реактора МИР.
1969	Сдача в эксплуатацию паропроизводящей установки для самой быстроходной в мире АПЛ (пр.661).
1969, 12 мая	Организация Свердловского филиала НИКИЭТ на базе Свердловского физико-технического института.
1973–1990	Сдача в эксплуатацию 15 энергоблоков РБМК-1000 на Ленинградской, Курской, Чернобыльской, Смоленской АЭС.
1975	Сдача в эксплуатацию реактора ИВГ.1 (наземный прототип реактора ядерного ракетного двигателя).
1979	Сдача в эксплуатацию промышленного реактора «Руслан».
1982	Сдача в эксплуатацию первой в серии моноблочной паропроизводящей установки для объектов ВМФ.
1983–1987	Сдача в эксплуатацию двух энергоблоков РБМК-1500 на Игналинской АЭС.
1984	Сдача в эксплуатацию исследовательского реактора ИБР-2.
1986	Сдача в эксплуатацию ядерной энергетической установки ВАУ-6 с кипящим реактором для дизель-электрической подводной лодки.
1986, 26 апреля	Авария на Чернобыльской АЭС.
1986, 10 ноября	Назначение Е.О. Адамова директором НИКИЭТ.
С 1986	Реализация мероприятий по повышению безопасности АЭС с РБМК-1000.
С 1987	Комплексная утилизация АПЛ и кораблей с ЯЭУ.
1993	Сдача в эксплуатацию исследовательского реактора СМ-3.
1998, 5 марта	Назначение Е.О. Адамова Министром РФ по атомной энергии с сохранением научного руководства НИКИЭТ.
1998, 11 марта	Назначение Б.А. Габараева директором НИКИЭТ.
1998–2004	Разработка, изготовление и монтаж элементов детектора CMS для Большого адронного коллайдера в CERN.
2000, 10 ноября	Кончина основателя и первого директора НИКИЭТ Н.А. Доллежала.
2001	Начало разработки инженерного проекта ядерно-физических систем ИТЭР.
2002	Начало разработки проекта БРЕСТ.
2002	Внедрение КСКУЗ на 1-м энергоблоке Курской АЭС.
2004	Комплексные испытания моноблочной ППУ на спецобъекте ВМФ.
2003–2008	Продление сроков эксплуатации 1–2-го энергоблоков Ленинградской и Курской АЭС.
2006–2009	Повышение тепловой мощности энергоблоков АЭС с РБМК.
2009	Внедрение КСКУЗ на 4-м энергоблоке Курской АЭС.

2009	Государственные испытания объекта с установкой Э17.
2009, 1 июля	Назначение Ю.Г. Драгунова Директором – Генеральным конструктором НИКИЭТ.
2010	Внедрение КСКУЗ и УСБ-Т на 4-м энергоблоке Ленинградской АЭС.
2010	Внедрение СУЗ-В на 1-м энергоблоке Смоленской АЭС.
2010, 22 июня	Подписание Президентом РФ Д.А. Медведевым Распоряжения об определении исполнителей работ по реализации проекта «Создание транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса», в котором ОАО «НИКИЭТ» определено единственным исполнителем работ в части, касающейся создания реакторной установки для ЯЭДУ мегаваттного класса.
2010	Начало работ в рамках ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года» по инновационной энерготехнологии БРЕСТ.
2011	Внедрение системы АСОТТ на 1-м энергоблоке Смоленской АЭС и 2-м энергоблоке Курской АЭС.
2011	Внедрение КСКУЗ и УСБ-Т на 1-м энергоблоке Смоленской АЭС.
2011	Разработка эскизного проекта исследовательского реактора МБИР.
2011	Техническое предложение «Реакторная установка НИКА-330».
2011, 15 марта	Назначение Директора – Генерального конструктора НИКИЭТ Ю.Г. Драгунова заведующим кафедрой «Ядерные реакторы и установки».
2011	Разработка эскизного проекта РУ для ТЭМ ЯЭДУ мегаваттного класса.
2011	Проведение физического и энергетического пуска модернизированного реактора ИБР 2.
2011	Проведение физического пуска исследовательского реактора ПИК.
2011	Разработка проектов перспективных исследовательских реакторов.
2011	Разработка проекта растворного реактора.
2011	Ввод в эксплуатацию I модуля (10 Тфлопс) суперкомпьютера.
2012	Введение в эксплуатацию реакторной установки ИБР-2 с модернизированным реактором ИБР-2М.
2012	Утверждение Технического задания на создание испытательного комплекса «Ресурс» для испытаний ЯЭДУ мегаваттного класса.



ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ В ЖИЗНИ НИКИЭТ

П Р И К А З

ПО СПЕЦИАЛЬНОМУ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ ИНСТИТУТУ В 8

в.1.

г. Москва

23- июня 1953г.

Объявлено для сведения приказ Министра Машиностроения
Союза ССР № 375 от 22 июня 1953 г.:-

П Р И К А З

МИНИСТРА МАШИНОСТРОЕНИЯ СОЮЗА ССР

№ 375

г. Москва

22 июня 1953 года

Об организации Специального научно-исследовательского
института В 8 /НИИ-8/ и с назначении директором НИИ-8
тов. ДОЛЖАЛЬ Н.А.

П Р И К А З Ы Е К :

Во исполнение распоряжения Совета Министров Союза ССР
от 14 мая 1953г. и во исполнение приказов № 451/А и № 544 от
11-го декабря 1952 года бывшего Министерства машиностроения
и приборостроения:

а/ организовать Специальный научно-исследовательский
институт В 8 /НИИ-8/ с непосредственным подчинением Министер-
ству;

б/ тов. ДОЛЖАЛЬ Николая Антоновича назначить дирек-
тором Специального научно-исследовательского института В 8
/НИИ-8/, освободив его от обязанностей директора Всесоюзного
научно-исследовательского и конструкторского института
химического машиностроения /НИИХИМАШ/;

в.п. М И Н И С Т Р

МАШИНОСТРОЕНИЯ СОЮЗА ССР - М.САБУРОВ

1. В соответствии с указанным приказом с этого числа
преступил к исполнению обязанностей директора Специального
научно-исследовательского института В 8 /НИИ-8/;

ДИРЕКТОР НИИ-8

Н.А. Должаль /Н.А.ДОЛЖАЛЬ/

Приказ № 1 НИИ-8



*Академик Николай Антонович Доллежалъ,
основатель и первый директор НИКИЭТ*

акт № 2 от 08.04.82
 № 650-260 20/82
~~Вне-бюджетный~~ по акту 6108
 Российского АО от 01.01.1982 г.
 акк. № 2 1982

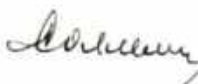
МИНИСТЕРСТВО МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
 СССР

НИКИЭТ - 100-0

ПРОЕКТ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА
ПЕРВОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АПЛ
ЧИСЛА 007

научный руководитель  (А. И. Александров)

заместитель научного
 руководителя (Д. П. Бажинцев)

главный конструктор  (В. А. Козлов)

ПОСЛЕД

Планов 1982 г.

Титульный лист проектного опытного образца
 для первой отечественной АПЛ

Грамота Президиума
 Верховного Совета СССР
 о награждении НИИ-8
 Орденом Ленина





Здесь начинался НИКИЭТ...



Открытие памятного бюста дважды Героя Социалистического Труда академика Н.А. Доллежала в г. Орехов, 1988 г.



Сотрудники НИИ-8 перед отъездом на субботник

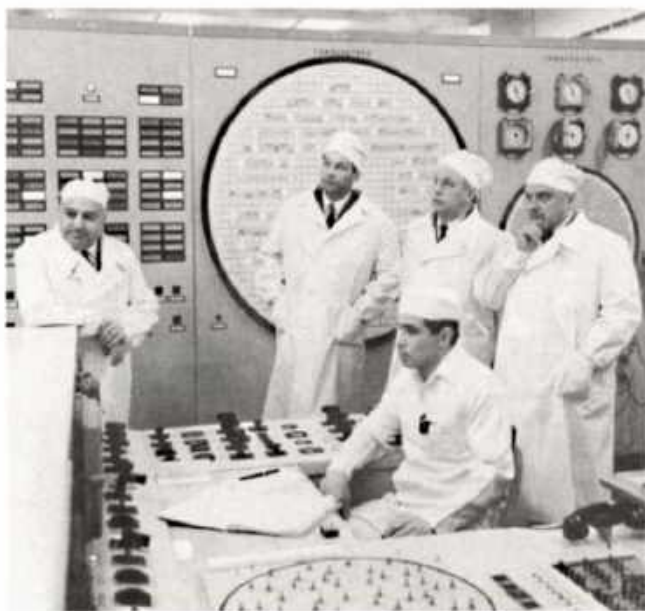


В.Н. Аксенова



*К.Г. Белов, П.А. Деленс, Н.А. Доллежалъ,
И.Я. Емельянов, Ю.И. Митяев*

*Г.Е. Маслов вручает начальнику отдела № 9
Н.П. Дорофееву переходящее Красное Знамя
НИКИЭТ за победу в социальном соревновании*



*А.А. Григорьянц, В.П. Невский, Б.Г. Дубовский,
Н.А. Доллежалъ, Н.А. Кукуйцев (сидит) на Белоярской АЭС,
май 1967 г.*



Юбилей отдела № 2



*П.А. Деленс,
Н.А. Доллежалъ,
И.Я. Емельянов*



О.А. Шатская



30-летие первой отечественной АПЛ «Ленинский комсомол», 1989 г.



Н.А. Доллежалъ с сотрудниками кафедры Э-7 МВТУ им. Н.Э. Баумана



*Л.Ф. Невская
и В.Е. Пирогов*



*В.И. Игнатова
и З.В. Галкина*



*В.И. Игнатова
и М.И. Домчев*



*А.В. Порошин (ведущий конструктор отдела главного конструктора Воткинского завода),
В.Е. Пурогов, В.И. Трушкин. Воткинский завод, 2003 г.*



*За работы по созданию торцевых адронных калориметров
универсального детектора CMS НИКИЭТ
удостоен Золотой награды ЦЕРН (Швейцария, 2003 г.)*



Б.А. Габараев, первый заместитель гендиректора - технический директор концерна «Росэнергоатом» Н.М. Сорокин, Е.О. Адамов на международной научно-технической конференции «Канальные реакторы: проблемы и решения». НИКИЭТ, октябрь 2004 г.



Ю.М. Черкашов на международной научно-технической конференции «Канальные реакторы: проблемы и решения». НИКИЭТ, октябрь 2004 г.

*Б.А. Габараев,
Е.О. Адамов,
академик А.А. Саркисов,
В.И. Урывский
на торжественном
заседании, посвященном
100-летию П.А. Деленса.
НИКИЭТ, 2004 г.*





И.Т. Третьяков, А.В. Джалавян, Ю.С. Черепнин на международной научно-технической конференции «Исследовательские реакторы в XXI веке». НИКИЭТ, июнь 2006 г.



А.В. Мухин и Р.Р. Ионайтис, 2006 г.



*Торжественное заседание, посвященное 100-летию подводного флота России.
НИКИЭТ, 22 марта 2006 г.*



*В.К. Уласевич, П.И. Факеев, С.Г. Лысенко, Л.В. Романенко, Л.И. Кравцов, К.К. Полушкин
на праздновании 100-летия подводного флота России. НИКИЭТ, 22 марта 2006 г.*



Е.О. Адамов и В.В. Орлов. Международный семинар по быстрым реакторам со свинцовым теплоносителем. НИКИЭТ, апрель 2007 г.



Преподаватели МИФИ в НИКИЭТ, 2008 г.



Открытие мемориального кабинета академика Н.А. Доллежалея 19 декабря 2008 г.



Ю.Г. Драгунов и Е.О. Адамов в музее РФЯЦ-ВНИИЭФ, август 2009 г.



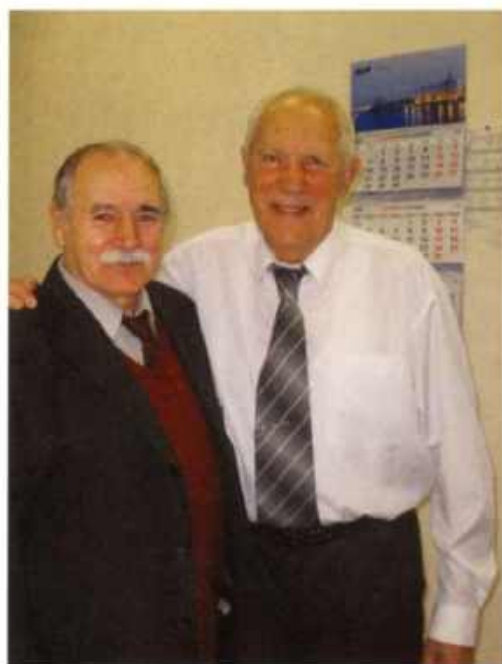
НИКИЭТ отмечает 110-летие со дня рождения Н.А. Доллежалея, 27 октября 2009 г.



НИКИЭТ отмечает 110-летие со дня рождения Н.А. Доллежалея, 27 октября 2009 г.



80-летие Г.И. Гречко, 3 ноября 2009 г.



В.А. Мазокин и Г.И. Гречко, 3 ноября 2009 г.



*Ю.Г. Драгунов и В.Н. Ершов.
День памяти Н.А. Доллежалы
20 ноября 2009 г.*



Открытие памятной доски И.Я. Емельянову 11 декабря 2009 г.



Б.В. Лысков на открытии памятной доски И.Я. Емельянову 11 декабря 2009 г.



*Визит Генерального директора Госкорпорации «Росатом» С.В. Кириенко
в ОАО «НИКИЭТ» 30 марта 2010 г.*



*Совещание руководителей головных предприятий по проекту
«Создание транспортно-энергетического модуля на основе
ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса».
НИКИЭТ, 2 июня 2010 г.*



*Директор-Генеральный конструктор ОАО «НИКИЭТ» член-корреспондент Ю.Г. Драгунов
и генеральный директор ФГУП «Исследовательский центр имени М. В. Келдыша»
академик А.С. Коротеев. НИКИЭТ, 2 июня 2010 г.*



*Ю.Г. Драгунов вручает В.А. Шишкину ведомственный знак отличия «Е.П. Славский»,
НИКИЭТ, 1 октября 2010 г.*



*В.К. Уласевич на торжественном вечере,
посвященном Дню работника атомной
промышленности 1 октября 2010 г.*



Встреча руководства НИКИЭТ с заместителем генерального директора НЯЦ Республики Казахстан, директором института атомной энергии Е.А. Кенжиным, НИКИЭТ, 2010 г.



Визит заместителя руководителя аппарата правительства, руководителя аппарата ВПК, члена наблюдательного Совета Госкорпорации «Росатом» И.В. Боровкова, НИКИЭТ, 8 октября 2010 г.



*Загрузка первой ТВС в активную зону реактора ИБР-2 после модернизации.
Слева направо: научный руководитель ЛИФ ОИЯИ член-корреспондент РАН В.Л. Аксенов,
главный инженер ЛИФ ОИЯИ А.В. Виноградов,
начальник группы ОАО «НИКИЭТ» Н.В. Романова. 17 декабря 2010 г.*



*Студенты МЭИ в мемориальном кабинете академика Н.А. Доллежалая с преподавателями
курса Б.А. Габараевым и Ю.С. Черепниным. НИКИЭТ, 2010 г.*



17 сентября 2010 г. РФЯЦ - ВНИИЭФ поставил ОАО «НИКИЭТ» универсальную компактную суперЭВМ терафлопсного класса с системным обеспечением и базовый пакет программного обеспечения



Ю.Г. Драгунов и С.Г. Лысенко. 50-летие реактора ИР-50, 20 февраля 2011 г.



*25-летие чернобыльской аварии. Сотрудники НИКИЭТ
на Митинском кладбище. 26 апреля 2011 г.*



*Праздничный вечер, посвященный Дню работника атомной промышленности
30 сентября 2011 г.*



Конкурс профессионального мастерства 27 октября 2011 г.



Выездное расширенное заседание Бюро Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН совместно с Координационным советом РАН по техническим наукам. НИКИЭТ, 22 сентября 2011 г.



Исполнительный директор ООО "Центр информационной и выставочной деятельности атомной отрасли" Н.Э. Шингарев, заместитель генерального директора - директор Блока по развитию и международному бизнесу Госкорпорации «Росатом» К.Б. Комаров и Директор-Генеральный конструктор ОАО «НИКИЭТ» Ю.Г. Драгунов на стенде НИКИЭТ. Форум поставщиков атомной отрасли Атомекс-2011, декабрь 2011 г.



*50-летие кафедры «Ядерные реакторы и установки» МГТУ им. Н.Э. Баумана.
16 декабря 2011 г.*



Совместное заседание секции № 9 НТС Ядерного оружейного комплекса Госкорпорации «Росатом» и НТС ОАО «НИКИЭТ», посвященное памяти главного конструктора транспортных установок ОАО «НИКИЭТ» В.А. Шишкина. НИКИЭТ, 16 марта 2012 г.



День Военно-Морского Флота России. Июль 2012 г.

Б

ПЕРВОПРОХОДЦЫ



Аксенова
Вера Николаевна



Алшенков
Петр Иванович



Баланик
Сергей Федотович



Бугаков
Петр Иванович



Булкин
Михаил Михайлович



Булкин
Юрий Михайлович



Буланов
Юрий Борисович



Вазингер
Виктор Валентинович



Веселкин
Анатолий Петрович



Владимирская
Анна Григорьевна



Горшков
Станислав Иванович



Гребеников
Роман Васильевич



**Гречко
Георгий Иванович**



**Делене
Павел Антонович**



**Князева
Галина Дмитриевна**



**Корякин
Юрий Иванович**



**Крылова
Вера Ивановна**



**Лувина
Лидия Ивановна**



**Максюков
Сергей Андреевич**



**Малицкий
Николай Николаевич**

**Матюхина
Антонина Ивановна**



**Митяев
Юрий Иванович**



**Попов
Дмитрий Николаевич**



**Папковский
Борис Петрович**



**Перемышен
Василий Дмитриевич**



**Проволович
Александр Алексеевич**



**Рылин
Василий Васильевич**



Сергеев
Михаил Петрович



Смолин
Владимир Никитич



Туркина
Людмила Николаевна



Флоринский
Борис Васильевич



Шапаровская
Зоя Александровна

КОМАНДА НИКИЭТ СЕГОДНЯ

КАДРОВОЕ ЯДРО – ОПОРА НИКИЭТ



**Абакумова
Ольга Андреевна**
Ведущий специалист



**Абросимов
Вячеслав Александрович**
Печатник плоской печати



**Абросимов
Дмитрий Александрович**
Электрофотограф



**Авасев
Василий Николаевич**
Старший научный сотрудник



**Аверичкина
Татьяна Кузьминична**
Инженер 1 категории



**Адамов
Евгений Олегович**
*Научный руководитель
института*



**Адраев
Владимир Иванович**
Начальник группы



**Акатов
Аркадий Алексеевич**
Техник



**Акимкин
Сергей Викторович**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Аксенова
Татьяна Борисовна**
Начальник группы



**Александров
Александр Николаевич**
Старший научный сотрудник



**Александров
Дмитрий Александрович**
Старший научный сотрудник



**Александров
Сергей Игоревич**
Начальник отдела



**Александрова
Вера Сергеевна**
Инженер



**Алексашенков
Дмитрий Борисович**
Презервационщик



**Алексеев
Александр Борисович**
Начальник группы



**Алексеев
Андрей Иванович**
Старший научный сотрудник



**Алексеев
Николай Сергеевич**
*Слесарь по ремонту
оборудования*



**Алешин Александр
Владимирович**
Транспорт



**Алешина
Галина Васильевна**
Бухгалтер



**Алешкина
Ксения Степановна**
Ведущий инженер



**Алимбаров
Вячеслав Кириллович**
*Начальник лаборатории
сетевых технологий*



**Алимов
Юрий Викторович**
Старший научный сотрудник



**Амелина
Галина Ивановна**
Специалист



**Андреев
Александр Иванович**
*Ведущий инженер-
конструктор*



**Андреев
Виктор Николаевич**
Техник



**Андреева
Людмила Анатольевна**
Начальник группы



**Андреева
Наталья Викторовна**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Андреева
Светлана Александровна**
Инженер 1 категории



**Андросенко
Сергей Викторович**
Инженер



**Аликин
Владимир Юрьевич**
Ведущий конструктор



**Анисимов
Виталий Иванович**
Слесарь метанокислородных работ



**Анисимов
Юрий Григорьевич**
Дополнительно



**Анисин
Иван Васильевич**
Ведущий инженер



**Анохина
Татьяна Сергеевна**
Инженер-электроник 2 категории



**Антипова
Татьяна Степановна**
Врач-кардиолог



**Антонов
Владимир Владимирович**
Фрезеровщик



**Антонов
Дмитрий Андреевич**
Начальник бюро



**Антонов
Олег Владимирович**
Токарь



**Антонов
Сергей Гурьевич**
Инженер-электроник 2 категории



**Антонов
Юрий Яковлевич**
Токарь-расточник



**Антохина
Ангела Викторовна**
Начальник участка



**Аравин
Андрей Александрович**
Слесарь-сантехник



**Арбузов
Сергей Иванович**
Главный специалист



Ардатова
Людмила Ивановна
Инженер



Аркатов
Николай Александрович
Электросварщик ручной сварки



Артыухова
Татьяна Николаевна
Инженер 1 категории



Артыушин
Сергей Александрович
Начальник участка



Архангельский
Егор Борисович
Начальник группы



Архипова
Наталья Петровна
Заведующий архивом



Асеев
Герман Александрович
Оператор теплового пункта



Асютина
Валентина Николаевна
Инженер



Афанасьев
Александр Владимирович
Контролер



Афанасьев
Александр Николаевич
Ведущий конструктор



Афанасьев
Игорь Александрович
Слесарь механизаторных работ



Афанасьев
Юрий Степанович
Инженер



Афанасьева
Татьяна Леонидовна
Пожар



Афремов
Дмитрий Александрович
Директор отделения



Ахвердиев
Гидаят Мамед оглы
Оператор станков с программным управлением



Ахунов
Константин Ульфатович
Ведущий инженер



**Афонасов
Алексей Алексеевич**
Ведущий инженер



**Бабанова
Любовь Алексеевна**
Оператор котельной



**Базунова
Светлана Викторовна**
Администратор дежурной



**Байдоров
Алексей Валерьевич**
*Инженер-технолог
I категории*



**Байков
Владимир Иванович**
Начальник лаборатории



**Байков
Владимир Трофимович**
Ведущий инженер



**Байков
Юрий Алексеевич**
*Инженер-конструктор
I категории*



**Бакаева
Светлана Андреевна**
Ведущий экономист



**Бакунин
Анатолий Николаевич**
*Инженер-конструктор
I категории*



**Балзев
Алексей Александрович**
*Слесарь системоборонных
работ*



**Балашов
Владимир Александрович**
Электромонтер



**Балашова
Светлана Владимировна**
*Контролер станочных
и слесарных работ*



**Бадин
Виктор Дмитриевич**
Ведущий научный сотрудник



**Балтадзе
Ирина Владимировна**
Начальник группы



**Банишевский
Андрей Алексеевич**
Ведущий конструктор



**Баранов
Александр Васильевич**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Баранов
Игорь Михайлович**
Начальник лаборатории



**Баранчук
Николай Станиславович**
*Слесарь по ремонту
оборудования*



**Баринов
Алексей Лукич**
Научный сотрудник



**Баринов
Борис Николаевич**
Начальник лаборатории



**Баринов
Сергей Викторович**
Начальник лаборатории



**Барышников
Владимир Алексеевич**
Ведущий инженер



**Батманова
Ольга Валерьевна**
Ведущий инженер



**Батов
Борис Владимирович**
Инженер



**Батраков
Павел Миронович**
Распределитель работ



**Батылин
Дмитрий Юрьевич**
Инженер 1 категории



**Батыков
Андрей Сергеевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Баум
Фёдор Игоревич**
Ведущий инженер



**Бахилина
Галина Николаевна**
Техник



**Бахилина
Наталья Вячеславовна**
Электрофотосграф



**Башкин
Андрей Валерьевич**
Инженер 1 категории



**Безубиков
Сергей Николаевич**
*Электросварщик ручной
сварки*



**Безубикова
Полина Николаевна**
Лаборант-металлограф



**Безменов
Сергей Павлович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Безруков
Геннадий Иванович**
Фрезеровщик



**Белов
Валерий Тимофеевич**
Техспиромонтер



**Белов
Григорий Константинович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Белова
Елена Викторовна**
Инженер 2 категории



**Белова
Ирина Алексеевна**
Врач-терапевт



**Беловус
Владимир Никитич**
Ведущий инженер



**Беловус
Ирина Михайловна**
Инженер



**Беляев
Вадим Владимирович**
Ведущий инженер



**Беляев
Владимир Иванович**
*Ведущий инженер-
конструктор*



**Беляев
Евгений Федорович**
*Слесарь механических
работ*



**Беляков
Михаил Сергеевич**
Начальник группы



**Белякова
Валентина Александровна**
Старший инспектор



**Беневоленский
Михаил Андреевич**
*Электромонтер охранно-
пожарной сигнализации*



**Бестужева
Нига Викторовна**
Научный сотрудник



**Бешанова
Тина Гурамовна**
Старший техник



**Бибиков
Дмитрий Александрович**
Ведущий конструктор



**Бибичев
Сергей Михайлович**
Слесарь-вакуумщик



**Бирюкова
Ольга Васильевна**
Инженер 1 категории



**Бирюлева
София Николаевна**
Техник



**Богачев
Василий Алексеевич**
Водитель автомобиля



**Богачева
Анастасия Владимировна**
Специалист



**Богданова
Наталья Евгеньевна**
*Инженер-программист
1 категории*



**Бойн
Сергей Николаевич**
Начальник группы



**Болгов
Александр Иванович**
Слесарь-ремонтник



**Большов
Александр Александрович**
Старший научный сотрудник



**Большова
Марина Борисовна**
*Инженер-конструктор
2 категории*



**Борисов
Валерий Евгеньевич**
*Электромонтер
телефонной связи*



**Борисов
Сергей Витальевич**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Борисов
Юрий Николаевич**
Старший научный сотрудник



**Боровков
Дмитрий Игоревич**
Ведущий инженер



**Боровкова
Галина Васильевна**
Инженер 1 категории



**Бородин
Анатолий Владимирович**
Слесарь механизмов сборных работ



**Борчков
Валентин Константинович**
Ведущий инженер



**Бровкина
Лариса Владимировна**
Лаборант-металлограф



**Бровкина
Оксана Александровна**
Комплектовщик



**Брусилов
Александр Александрович**
*Контролер КПП
1 категории*



**Бубиiov
Василий Игоревич**
Инженер 1 категории



**Бубиiova
Татьяна Александровна**
Научный сотрудник



**Бугаков
Александр Андреевич**
Техник



**Буданов
Владимир Ильич**
Токарь



**Бузовский
Валерий Петрович**
Главный специалист



**Бузлаков
Вячеслав Владимирович**
Главный энергетик



**Бузлаков
Юрий Владимирович**
Электромонтер



**Буколов
Сергей Николаевич**
Старший научный сотрудник



**Букреева
Ирина Валентиновна**
Инженер 2 категории



**Бузыанов
Владимир Васильевич**
*Инженер-технолог
2 категории*



Буданов
Владимир Вячеславович
Начальник участка



Бузин
Сергей Юрьевич
Начальник отдела



Бульгина
Ольга Анатольевна
*Ответственный дежурный
по институту*



Булятов
Вадим Дмитриевич
*Инженер по нормированию
труда*



Бурдейко
Виктор Иванович
Начальник бюро пропусков



Бурлаков
Алексей Леонтьевич
Ведущий инженер



Бурмистров
Александр Михайлович
Токарь



Бурмистрова
Галина Ивановна
Диспетчер



Буртсева
Елена Славовна
Медицинская сестра



Бутонов
Александр Владимирович
*Электросварщик ручной
сварки*



Бутринов
Евгений Викторович
Электрик



Бухарин
Николай Владимирович
*Заместитель главного
бухгалтера*



Бушкин
Юрий Валентинович
*Заместитель начальника
отдела*



Быков
Вячеслав Васильевич
*Старший механик сборочных
работ*



Быкова
Елена Сергеевна
Техник



Быков
Сергей Васильевич
Ведущий инженер



**Быченко
Михаил Петрович**
Старший контролер



**Бычков
Андрей Владимирович**
Контролер



**Бюнис
Антон Дмитриевич**
Лаборант-металлограф



**Бюнис
Павел Дмитриевич**
*Ведущий инженер по
ультразвуковому контролю*



**Бялко
Андрей Константинович**
Главный специалист



**Вагин
Юрий Степанович**
Начальник КБ



**Вазингер
Валентин Викторович**
Ведущий научный сотрудник



**Ванчагова
Ирина Олеговна**
Заведующая столовой



**Ванюкова
Галина Владимировна**
Начальник группы



**Варакова
Елена Александровна**
Ведущий специалист



**Варакина
Ирина Вячеславовна**
Главный экономист



**Варнавский
Вячеслав Александрович**
Инженер 2 категории



**Василевский
Вячеслав Петрович**
Начальник лаборатории



**Васильев
Александр Валентинович**
Начальник группы



**Васильев
Альберт Петрович**
Главный научный сотрудник



**Васильев
Георгий Андреевич**
Начальник группы



**Васильев
Сергей Вячеславович**
Главный специалист



**Васильева
Людмила Мятвеевна**
Начальник отдела



**Васин
Александр Владимирович**
*Инженер-технолог
2 категории*



**Васюхин
Владимир Петрович**
Директор отделения



**Вахания
Надежда Алексеевна**
Начальник бюро



**Веников
Сергей Вячеславович**
Заведующий поликликой



**Вербницкий
Дмитрий Анатольевич**
*Инженер-конструктор
2 категории*



**Веретенникова
Ирина Серафимовна**
Художник-конструктор



**Вершинин
Игорь Викторович**
Научный сотрудник



**Веселкин
Александр Анатольевич**
Ведущий конструктор



**Веселкина
Елена Сергеевна**
Инженер 1 категории



**Веселова
Любовь Петровна**
Ведущий инженер



**Ветрова
Анна Александровна**
Ведущий специалист



**Ветшев
Валентина Федоровна**
Повар



**Вуков
Владислав Константинович**
Старший научный сотрудник



**Винникова
Альбина Николаевна**
Начальник лаборатории



**Виноградов
Александр Николаевич**
*Начальник органа
информационной службы*



**Виноградов
Владимир Григорьевич**
Главный специалист



**Вихарева
Татьяна Ивановна**
Контролер



**Владимиров
Анатолий Владимирович**
Ведущий инженер-конструктор



**Владимирова
Нина Константиновна**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Волков
Антон Александрович**
Инженер 2 категории



**Волков
Борис Матвеевич**
Инженер 1 категории



**Володченко
Владимир Сергеевич**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Волостнова
Нина Ивановна**
Инженер



**Волошин
Александр Николаевич**
*Начальник складового
хозяйства*



**Волошин
Сергей Александрович**
Штитофици



**Волчок
Андрей Витальевич**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Волчкова
Наталья Эдуардовна**
Инженер



**Воробьев
Сергей Николаевич**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Воробьева
Галина Вячеславовна**
Инженер



**Воронин
Иван Иванович**
Начальник группы



Воронич
Владимир Михайлович
Водитель автомобиля



Воронцов
Михаил Тимофеевич
Ведущий инженер



Воронцова
Ольга Вадимовна
Инженер 2 категории



Варьвельский
Геннадий Георгиевич
Ведущий конструктор



Габараев
Борис Арсентьевич
Главный научный сотрудник



Габарасева
Наталья Леонидовна
Техник



Гавриков
Сергей Анатольевич
Наладчик станков и манипуляторов



Гадалин
Геннадий Александрович
Электромонтер



Галахов
Вадим Витальевич
Заместитель начальника отдела



Галахов
Владимир Михайлович
Токарь



Гальцова
Ирина Анатольевна
Старший бухгалтер



Гасева
Ольга Васильевна
Ведущий инженер



Гаринин
Юрий Сергеевич
Старший мастер



Георгиева
Ольга Викторовна
Помощник учебного секретаря



Герасимова
Мария Викторовна
Заведующая производством



Герип
Роман Андреевич
Слесарь механосборочных работ



**Гимадутдинов
Рустам Усманович**
Водитель автомобиля



**Гладков
Олег Георгиевич**
Начальник группы



**Глазунов
Юрий Станиславович**
*Главный инженер редакционной
установки*



**Гмырко
Владимир Евгеньевич**
Научный сотрудник



**Голиков
Николай Александрович**
Начальник группы охраны



**Голицын
Дмитрий Алексеевич**
Инженер 2 категории



**Голованов
Виталий Евгеньевич**
Начальник бюро



**Голованов
Андрей Сергеевич**
*Слесарь механикоборочных
работ*



**Головкина
Анна Владиславовна**
Переводчик



**Голодаев
Александр Александрович**
Инженер 1 категории



**Голубев
Валентин Михайлович**
Ведущий инженер



**Голубев
Сергей Витальевич**
Токарь



**Голубков
Александр Валентинович**
Начальник лаборатории



**Гольцов
Евгений Николаевич**
Ведущий конструктор



**Гончарук
Николай Иванович**
*Ведущий инженер-
конструктор*



**Гончар
Игорь Михайлович**
*Слесарь систем вентиляции
и кондиционирования*



**Гончарова
Галина Николаевна**
Ведущий специалист



**Гончев
Николай Николаевич**
Слесарь механических работ



**Горбачев
Виктор Геннадьевич**
Фрезеровщик



**Горбачев
Сергей Александрович**
Ведущий инженер-программист



**Горбачева
Лариса Анатольевна**
Начальник группы



**Горбов
Дмитрий Алексеевич**
Слесарь механических работ



**Горсеев
Александр Александрович**
Ведущий инженер



**Гордо
Владимир Павлович**
Старший научный сотрудник



**Горшков
Александр Евгеньевич**
Ведущий инженер-конструктор



**Горячев
Александр Сергеевич**
Заготовщик



**Гославский
Олег Владимирович**
Старший научный сотрудник



**Готовцев
Александр Аркадьевич**
Ведущий инженер по учету и контролю РВ и РАО



**Грашина
Валентина Алексеевна**
Инженер



**Грачева
Наталья Борисовна**
Ведущий инженер



**Грашенко
Владимир Николаевич**
Резчик металла на ножницах и прессах



**Гребенчиков
Виктор Борисович**
Оператор станков с программным управлением



**Грешая
Светлана Георгиевна**
Ведущий инженер



**Гречихина
Надежда Николаевна**
Ведущий специалист



**Гречко
Георгий Иванович**
Начальник лаборатории



**Григорович
Сергей Михайлович**
Ведущий инженер



**Григорьев
Сергей Анатольевич**
Водитель автомобиля



**Григорьева
Ирина Николаевна**
Ведущий инженер



**Гришкин
Виктор Николаевич**
Старший контролер



**Гривутенко
Татьяна Васильевна**
Старший инспектор



**Гришаков
Евгений Иванович**
Токарь



**Гришкин
Вячеслав Александрович**
Токарь



**Громов
Константин Викторович**
*Начальник участка станков
с ЧПУ*



**Громаков
Виктор Дмитриевич**
Ведущий инженер



**Громов
Анатолий Александрович**
Научный сотрудник



**Громова
Ольга Александровна**
Инженер



**Громова
Татьяна Вячеславовна**
Инженер 2 категории



**Грошин
Александр Николаевич**
Слесарь-ремонтник



**Груздев
Борис Александрович**
Начальник участка



**Грязнов
Сергей Владимирович**
Фрезеровщик



**Губернаторов
Александр Анатольевич**
Токарь



**Губернаторов
Олег Александрович**
*Оператор станков с
программным управлением*



**Гудков
Владимир Иванович**
Начальник бюро



**Гудков
Николай Дмитриевич**
Начальник бюро



**Гулевич
Александр Петрович**
Композитор



**Гулина
Татьяна Ахбулатовна**
Инженер-конструктор



**Гулядяшев
Вадим Константинович**
Начальник группы



**Гурова
Елена Алексеевна**
Инженер I категории



**Гусаров
Вадим Режигальдович**
Начальник лаборатории



**Гущин
Виктор Николаевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Давыдов
Владимир Константинович**
Старший научный сотрудник



**Давыдова
Лариса Юрьевна**
Техник



**Дадаева
Любовь Антоновна**
Кладовщик



**Далонов
Борис Александрович**
*Слесарь механостроительных
работ*



Дадыко
Сергей Владимирович
Топ-менеджер



Данилин
Вадим Вячеславович
Начальник КИП и А



Данилов
Игорь Викторович
Начальник отдела



Данилова
Евгения Николаевна
Начальник группы



Дворина
Галина Михайловна
Ведущий научный сотрудник



Демин
Валерий Евгеньевич
Ведущий инженер службы ХТК



Демин
Александр Васильевич
Слесари-сантехники



Демьянова
Светлана Михайловна
Главный специалист



Денисова
Татьяна Леонидовна
Ведущий специалист



Дербенев
Дмитрий Сергеевич
Инженер-конструктор 2 категории



Дербенева
Нина Владимировна
Инженер-конструктор 3 категории



Державин
Александр Галикович
Заместитель начальника лаборатории



Джакалва
Александр Владимирович
Ученый секретарь



Диодорин
Дмитрий Владимирович
Техник



Дикарсева
Ольга Федоровна
Инженер 1 категории



Димитров
Владимир Владимирович
Заместитель начальника бюро



**Дмитренко
Виталий Васильевич**
Ведущий инженер



**Дмитриева
Ирина Александровна**
Ведущий инженер



**Довгий
Олег Васильевич**
Начальник лаборатории



**Додонова
Виктория Владимировна**
Художник-конструктор



**Долгов
Юрий Алексеевич**
Начальник лаборатории



**Донецкий
Владимир Игоревич**
Начальник бюро



**Дорохова
Елена Германовна**
Старший научный сотрудник



**Досталев
Сергей Александрович**
Электромонтер по ремонту электрооборудования



**Драгунов
Юрий Григорьевич**
Директор - Генеральный конструктор



**Дрошкин
Василий Евгеньевич**
Инженер-конструктор 1 категории



**Дроздов
Владимир Иванович**
Ведущий инженер



**Дроздова
Татьяна Дмитриевна**
Ведущий специалист



**Дронов
Дмитрий Львович**
Начальник отдела



**Друшкин
Дмитрий Николаевич**
Ведущий конструктор



**Дрюпин
Алексей Николаевич**
Электромонтажник



**Дубинин
Геннадий Владимирович**
Старший научный сотрудник



**Дубинин
Павел Сергеевич**
Дизайнер



**Дубинин
Сергей Васильевич**
Ведущий специалист



**Дубинина
Елена Азизовна**
Техник



**Дубинина
Мария Анатольевна**
Научный сотрудник



**Дубровский
Александр Сергеевич**
Ведущий специалист



**Дувакина
Ирина Анатольевна**
Техник



**Дугаров
Батор Дугарович**
Врач-стоматолог



**Дударева
Галина Алексеевна**
Ведущий инженер-конструктор



**Дудин
Геннадий Геннадьевич**
Слесарь металлообработных работ



**Дудин
Геннадий Николаевич**
Слесарь металлообработных работ



**Дулимов
Дмитрий Витальевич**
Инженер 1 категории



**Дулимова
Татьяна Викторовна**
Бухгалтер



**Душкин
Михаил Леонидович**
Заступитель начальника отдела



**Дымов
Михаил Дмитриевич**
Электромонтер электрооборудования



**Евдокимов
Андрей Михайлович**
Начальник участка



**Евдокимов
Евгений Иванович**
Начальник котельной



Европин
Сергей Владимирович
Директор отдела



Егоров
Александр Викторович
Начальник ЭМО



Егоров
Александр Владимирович
Секретарь лектораторских работ



Егоров
Андрей Сергеевич
Начальник группы



Езерский
Станислав Игоревич
Ведущий техник



Езовит
Эдуард Семенович
Ведущий инженер



Екимовский
Анатолий Иванович
Ведущий технолог



Елынин
Евгений Иванович
Начальник отдела



Емельянов
Андрей Иванович
Старший научный сотрудник



Епинатьев
Александр Михайлович
Ведущий инженер



Еремеев
Дмитрий Владимирович
Научный сотрудник



Еременко
Елена Валентиновна
Инженер



Ермошин
Федор Евгеньевич
Начальник группы



Ерохин
Вадим Дмитриевич
Заместитель начальника отдела



Ерусов
Игорь Владимирович
Механик



Ершов
Владимир Николаевич
Главный специалист



**Ершов
Тимофей Александрович**
Техник



**Ефимов
Владимир Петрович**
Монтажник технологического оборудования



**Ефремов
Вячеслав Юрьевич**
Ведущий конструктор



**Елкин
Владимир Николаевич**
Начальник бюро



**Елкин
Тимофей Владимирович**
Инженер



**Елскина
Мария Владимировна**
Инженер 2 категории



**Желтикова
Тамара Витальевна**
Стиральщица



**Жеребинова
Екатерина Олеговна**
Техник



**Жиганшин
Ахмет Абдыяшевич**
Начальник отдела



**Жиганшина
Татьяна Владимировна**
Инженер 2 категории



**Жигулин
Илья Константинович**
Терapist



**Жирнов
Андрей Павлович**
Заместитель начальника отдела



**Житкова
Ирина Михайловна**
Ведущий инженер



**Жмакин
Александр Владимирович**
Ведущий конструктор



**Жук
Наталья Львовна**
Начальник лаборатории



**Жуков
Игорь Валерьевич**
Начальник бюро



Жуков
Николай Владимирович
Главный специалист



Жукова
Светлана Николаевна
Инженер



Журавлев
Дмитрий Викторович
Начальник отдела



Журавлева
Ирина Владимировна
Ведущий инженер



Журавлева
Татьяна Владимировна
Ведущий инженер



Журавлева
Юлия Владимировна
Ведущий инженер



Забелин
Владимир Анатольевич
Стиляр



Заботин
Александр Леонидович
Начальник службы



Завидчиков
Сергей Николаевич
Ведущий конструктор



Завьялов
Николай Иванович
Оператор теплового пункта



Зайко
Ирина Вениаминовна
Начальник группы



Зайцев
Александр Викторович
Слесарь механизированных работ



Зайцев
Алексей Валентинович
Инженер



Зайцев
Валентин Аркадьевич
Ведущий инженер



Зайцев
Михаил Олегович
Электрик сварщик ручной сварки



Зайцев
Павел Юрьевич
Зачистчик и монтажники проводки



Замотин
Алексей Владимирович
Начальник участка



Замяткина
Надежда Дмитриевна
Инженер / категория



Захаров
Алексей Геннадьевич
Инженер



Захарова
Валентина Викторовна
Научный сотрудник



Захарова
Людмила Александровна
Начальник группы



Зверев
Геннадий Николаевич
Ведущий специалист



Зелов
Евгений Алексеевич
Инженер-конструктор / категория



Знаменский
Юрий Серафимович
Мастер



Зобкова
Людмила Дмитриевна
Ведущий специалист



Золотарев
Виктор Борисович
Ведущий инженер



Зубаков
Владимир Алексеевич
Заместитель директора / Генерального конструктора



Зубков
Александр Михайлович
Начальник сборочного участка ЯЭУ



Зуева
Галина Федоровна
Заместитель начальника отдела



Зыкова
Елена Витальевна
Ведущий инженер по общестроительным работам



Иванов
Александр Викторович
Начальник участка



Иванов
Александр Владимирович
Начальник лаборатории



**Иванов
Александр Дмитриевич**
Начальник лаборатории



**Иванов
Андрей Александрович**
*Инженер-технолог
2 категории*



**Иванов
Андрей Борисович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Иванов
Владимир Максимович**
Ведущий научный сотрудник



**Иванов
Владимир Михайлович**
Начальник группы



**Иванов
Дмитрий Юрьевич**
*Начальник службы хранения,
транспортировки и контроля*



**Иванов
Евгений Валентинович**
*Электросварщик ручной
сварки*



**Иванов
Михаил Юрьевич**
Ведущий инженер



**Иванов
Радик Николаевич**
*Электромонтер телефонной
связи и радиотелефонии*



**Иванов
Юрий Андреевич**
Ведущий научный сотрудник



**Иванов
Юрий Тимофеевич**
Ведущий инженер



**Иванова
Людмила Васильевна**
Инженер 1 категории



**Иванова
Надежда Эдуардовна**
Бухгалтер



**Иванова
Светлана Эдуардовна**
Ведущий специалист



**Иванов
Петр Михайлович**
Газовщик



**Иванюта
Анастасия Николаевна**
Техник



**Ивонин
Александр Анатольевич**
Слесарь механизированных работ



**Игнатьенко
Николай Никонорович**
Инженер 1 категории



**Игнатов
Сергей Николаевич**
Водитель автомобиля



**Игнатов
Юрий Иванович**
Ведущий инженер



**Ивлева
Елена Владимировна**
*Заместитель заведующего
политехникой*



**Изомов
Алексей Евгеньевич**
Водитель автомобиля



**Ильин
Игорь Анатольевич**
Переводчик



**Илларионова
Наталья Викторовна**
Старший кассир



**Ильина
Татьяна Константиновна**
Инженер



**Ильина
Татьяна Рузольфовна**
Экономист



**Ильинов
Сергей Алексеевич**
Слесарь-вакуумщик



**Ильинова
Ирина Анатольевна**
Начальник бюро планирования



**Ильичева
Ольга Вениаминовна**
Ведущий специалист



**Илюхина
Надежда Алексеевна**
Инженер



**Ионайтис
Ромуальд Ромуальдович**
Начальник лаборатории



**Ионов
Александр Иванович**
Ведущий научный сотрудник



**Ионин
Олег Иванович**
Врач-уролог



**Исаев
Владимир Михайлович**
Механик



**Исайчиков
Виктор Федорович**
Ведущий специалист



**Исакова
Галина Александровна**
Начальник бюро



**Кабанов
Игорь Викторович**
Начальник отдела



**Кабулов
Ботаз Яковлевич**
Слесарь механизированных работ



**Казakov
Алексей Викторович**
Токарь



**Казakov
Владимир Михайлович**
Начальник отдела



**Калабухов
Алексей Николаевич**
Ведущий инженер-технолог



**Калашников
Николай Сергеевич**
Начальник группы



**Калганова
Валентина Ивановна**
Техник



**Калинин
Георгий Михайлович**
Ведущий научный сотрудник



**Калиничева
Екатерина Геннадьевна**
Электрофотосграф



**Калинова
Татьяна Михайловна**
Ведущий инженер



**Камсюк
Алексей Михайлович**
Инженер



**Канищева
Любовь Александровна**
Инженер



**Канунников
Леонид Александрович**
*Ведущий научный
сотрудник*



**Каплиенко
Ольга Александровна**
Начальник отдела



**Капустин
Сергей Павлович**
*Надзорчик станков и
машинистов*



**Капышев
Виктор Кузьмич**
Ведущий инженер



**Караваев
Евгений Владимирович**
Токарь



**Карандина
Елена Альбертовна**
Начальник отдела



**Карасев
Эдуард Константинович**
Главный научный сотрудник



**Караулов
Владимир Николаевич**
Ведущий инженер



**Карпюк
Виктор Сергеевич**
*Слесарь электросборочных
работ*



**Карпов
Александр Игоревич**
Презервационщик



**Карпухин
Алексей Андреевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Карпухин
Владимир Андреевич**
Ведущий конструктор



**Карпукхина
Ольга Александровна**
Ведущий инженер



**Карпушов
Александр Алексеевич**
*Инженер-вспомогатель
I категории*



**Карсанов
Виктор Владимирович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Карташев
Игорь Александрович**
Старший научный сотрудник



**Картошкин
Вячеслав Григорьевич**
Начальник службы



**Карицев
Алексей Николаевич**
Начальник группы



**Кариева
Валентина Владимировна**
Техник



**Катасонова
Анна Александровна**
Инженер



**Катков
Сергей Павлович**
Инженер-исследователь



**Кашенаров
Федор Юрьевич**
Ведущий инженер



**Кашкарова
Светлана Владимировна**
Инженер



**Кашо
Ирина Александровна**
*Инженер-технолог,
1 категории*



**Квартальнов
Игорь Борисович**
Ведущий специалист



**Квашнина
Нина Георгиевна**
Инженер 2 категории



**Кербицкая
Ольга Сергеевна**
Техник



**Кидяев
Григорий Алексеевич**
Водитель автомобиля



**Кидяева
Светлана Владимировна**
Главный специалист



**Кирикова
Зинаида Тимофеевна**
Лаборант-металлограф



**Кириллин
Алексей Алексеевич**
Инженер



**Кириллова
Наталья Владимировна**
Инженер 3 категории



**Киселев
Александр Николаевич**
Инженер 1 категории



**Киселев
Виталий Анатольевич**
Ведущий научный сотрудник



**Киселев
Виталий Борисович**
Металлист



**Киселев
Николай Петрович**
Ведущий специалист



**Киселев
Роман Витальевич**
Металлист



**Киселева
Галина Аркадьевна**
Специалист



**Кислый
Валерий Михайлович**
Водитель автомобиля



**Кистенев
Вадим Николаевич**
Заместитель начальника РСО



**Клабуков
Павел Николаевич**
Токарь



**Клабуков
Павел Павлович**
Токарь-карuselник



**Клевова
Ирина Васильевна**
Начальник группы



**Климанов
Андрей Викторович**
Инженер-конструктор



**Климанов
Николай Семенович**
Дежурный механик



**Климов
Анатолий Дмитриевич**
Ведущий научный сотрудник



**Клопов
Михаил Анатольевич**
Водитель автомобиля



**Ключков
Михаил Александрович**
Главный специалист



**Ключков
Юрий Александрович**
Старший мастер



**Клушин
Юрий Васильевич**
Контролер



**Клушина
Ольга Васильевна**
Кладовщик



**Клюкин
Сергей Михайлович**
Ведущий специалист



**Князева
Любовь Александровна**
Техник



**Кобзев
Павел Вячеславович**
Начальник расчетного бюро



**Ковалев
Евгений Михайлович**
Ведущий инженер



**Ковалев
Игорь Владимирович**
Начальник группы



**Ковалевич
Андрей Николаевич**
*Эксперт-инженер
электрооборудования*



**Коваленко
Виктор Григорьевич**
Начальник группы



**Коваленко
Ольга Юрьевна**
Эксперт



**Ковальчук
Оксана Николаевна**
Ведущий специалист



**Когут
Владимир Александрович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Козичев
Николай Васильевич**
Токарь



**Козлов
Владимир Олегович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Козлова
Ирина Владимировна**
Начальник группы



**Козловский
Борис Петрович**
Катковник



**Козырева
Марина Владимировна**
Главный бухгалтер



**Колганов
Анатолий Михайлович**
Начальник участка



**Колганов
Владимир Юрьевич**
Ведущий конструктор



**Колтанова
Людмила Ивановна**
Инженер 1 категории



**Колесников
Кирилл Эдуардович**
Инженер 2 категории



**Колесников
Юрий Иванович**
Ведущий научный сотрудник



**Колтбас
Александр Васильевич**
Ведущий инженер



**Колмазов
Сергей Александрович**
Начальник бюро



**Колоколова
Елена Викторовна**
Техник 2 категории



**Колошина
Елена Васильевна**
Инженер-конструктор



**Колчakov
Николай Николаевич**
*Эксплуатационный ручной
сварщик*



**Колыжанина
Юлия Витальевна**
Инженер 2 категории



**Колышкин
Андрей Евгеньевич**
*Главный специалист по
экологической безопасности*



**Кольов
Сергей Александрович**
Водитель автомобиля



**Комаров
Александр Александрович**
*Слесарь электромеханических
работ*



**Комарова
Галина Александровна**
*Инженер-технолог
1 категории*



**Комарова
Елена Александровна**
Техник 2 категории



**Комолов
Дмитрий Викторович**
*Инженер-электрик
2 категории*



**Комиссарова
Валентина Анатольевна**
Инженер



**Конахин
Виталий Викторович**
Инженер



**Кондаков
Петр Владимирович**
Инженер 3 категории



**Кондратьев
Александр Михайлович**
*Наладчик станков и
машинистов*



**Кондратьев
Вячеслав Владимирович**
Начальник отдела



**Конеvский
Роман Витальевич**
Слесарь-сантехник



**Коноваленко
Елена Николаевна**
Инженер



**Коновалова
Наталья Николаевна**
Ведущий специалист



**Конопли
Михаил Михайлович**
Начальник отдела



**Конурев
Андрей Петрович**
*Начальник
электроремонтного участка*



**Коняева
Валентина Григорьевна**
*Художник-конструктор
2 категории*



**Кораблев
Константин Валерьевич**
Начальник группы



**Кораблева
Оксана Игоревна**
Главный специалист



**Корзенкова
Алла Юрьевна**
Инженер 2 категории



**Коризина
Наталья Леонидовна**
Старший инженер



**Корнеев
Александр Васильевич**
Начальник отдела



**Корнеев
Александр Евгеньевич**
Ведущий инженер



**Корнеев
Александр Евгеньевич**
Ведущий инженер



**Корнеев
Сергей Александрович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Корнеева
Наталья Павловна**
Ведущий инженер



**Корнейчук
Нина Викторовна**
Лаборант-металлограф



**Кориненко
Александр Васильевич**
Ведущий инженер



**Коробейников
Дмитрий Вячеславович**
Слесарь-ремонтник



**Коровкин
Сергей Александрович**
Стелжир



**Королева
Вера Николаевна**
Техник



**Королева
Татьяна Дмитриевна**
Ведущий инженер



**Короткова
Галина Викторовна**
Инженер 1 категории



**Коротцева
Екатерина Серафимовна**
Техник



**Корянов
Сергей Семенович**
Инженер-конструктор



**Костина
Ирина Константиновна**
Директор Департамента



**Косыикова
Александра Александровна**
Техник



**Котова
Валентина Анапольевна**
Техник 2 категории



**Котюк
Александр Анапольевич**
Ведущий инженер



**Кошоржинский
Константин Юрьевич**
Ведущий инженер



**Кочан
Сергей Алексеевич**
Слесарь-сантехник



**Кочетков
Николай Владимирович**
Слесарь меланоборочных работ



**Кочетов
Владимир Васильевич**
Слесарь меланоборочных работ



**Кочалов
Анатоль Анапольевич**
Слесарь по ремонту оборудования



**Кошчев
Денис Юрьевич**
Заместитель начальника участка



**Кошкина
Светлана Николаевна**
Главный специалист



**Кравцов
Лев Иванович**
Ведущий инженер-конструктор



**Кравцова
Ольга Анапольевна**
Ведущий инженер



**Кравченко
Светлана Александровна**
Инженер-конструктор 1 категории



**Красов
Владимир Петрович**
Электросварщик ручной сварки



**Краснова
Татьяна Дмитриевна**
Инженер-конструктор 1 категории



**Крестников
Николай Сергеевич**
Главный специалист



**Кривушкина
Надежда Владимировна**
Техник



**Круглов
Алексей Павлович**
Инженер



**Крутов
Андрей Васильевич**
Начальник отдела



**Крутова
Анна Анатольевна**
Главный экономист



**Крутоусова
Валентина Павловна**
Инженер



**Крылов
Сергей Васильевич**
Старший мастер



**Крюков
Сергей Иванович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Крючков
Алексей Владимирович**
Ведущий инженер



**Крюков
Владимир Николаевич**
*Начальник лаборатории
компьютерного сервиса*



**Кuatbekov
Руслан Панзатханович**
Начальник группы



**Кубиниев
Борис Борисович**
*Заместитель директора
отделения*



**Кудинов
Владимир Владимирович**
*Начальник конструкторского
бюро*



**Кудинов
Геннадий Николаевич**
Старший научный сотрудник



**Кудинова
Надежда Владимировна**
*Инженер-конструктор
I категории*



**Кудрявцев
Андрей Владимирович**
Ведущий инженер



**Кудрявцев
Михаил Юрьевич**
Ведущий конструктор



**Кузнецов
Геннадий Леонидович**
*Заместитель начальника
производства*



**Кузнецов
Павел Борисович**
Старший научный сотрудник



**Кузнецов
Сергей Николаевич**
Начальник группы



**Кузнецов
Юрий Николаевич**
Главный научный сотрудник



**Кузнецова
Елена Владимировна**
Инженер-экономист



**Кузнецова
Елена Юрьевна**
Инженер 3 категории



**Кузнецова
Татьяна Юрьевна**
*Контролер станочных и
слесарных работ*



**Кузубов
Кирилл Валерьевич**
Младший научный сотрудник



**Кулаков
Анатолий Васильевич**
Главный научный сотрудник



**Кулешова
Наталья Владимировна**
Начотчик камушек



**Кулеша
Галина Викторовна**
*Ответственный дежурный
по институту*



**Куликов
Александр Александрович**
Начальник бюро



**Куликов
Игорь Геннадиевич**
Ведущий инженер



**Кульчицкий
Сергей Викторович**
Внутренний аудитор



**Куприков
Валерий Михайлович**
Ведущий инженер



**Куршен
Сергей Александрович**
Инженер 1 категории



**Курьев
Юрий Иосифович**
Слесарь-электромонтажник



**Куц
Любовь Викторовна**
Инспектор



**Кучерова
Юлия Михайловна**
Референт



**Кучутенков
Константин Владимирович**
*Инженер-электроник
1 категории*



**Кушнareв
Павел Александрович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Лабазов
Вениамин Николаевич**
Ведущий технолог



**Лавров
Сергей Юрьевич**
*Электромонтер
электроустановок*



**Лаврова
Анна Георгиевна**
Техник



**Лаврова
Марина Юрьевна**
Главный специалист



**Лаврухин
Владимир Сергеевич**
Главный специалист



**Лагода
Елена Ильинична**
Общественно-политический



**Лагутенко
Борис Федорович**
*Слесарь по ремонту
оборудования*



**Лагутенко
Сергей Федорович**
*Слесарь по ремонту
оборудования*



**Лазарев
Алексей Михайлович**
Слесарь-электрик по ремонту



**Лазутов
Владимир Владимирович**
Начальник участка



Лавин
Дмитрий Борисович
Ведущий конструктор



Лавин
Леон Владимирович
Слесарь по КПП и А



Лапушкин
Александр Николаевич
*Монтажник радио-
электронной аппаратуры*



Лебедев
Сергей Иванович
Начальник отдела



Лебедева
Екатерина Юрьевна
Главный специалист



Лебененко
Виталий Тихонович
*Заместитель начальника
бюро*



Левашкевич
Тимофей Владимирович
Механик



Левенков
Михаил Алексеевич
*Начальник лаборатории
ППП-технологий*



Левина
Марина Васильевна
*Контролер станочных и
слесарных работ*



Левченко
Иван Павлович
Начальник узла связи



Левшин
Дмитрий Николаевич
Инженер



Лемехов
Вадим Владимирович
*Главный конструктор
РУ БРЕСТ*



Леонов
Владимир Александрович
Слесарь-инструментальщик



Леонтьев
Павел Вячеславович
*Электросварщик ручной
сварки*



Летникова
Валентина Васильевна
Диспетчер



Лешукوف
Андрей Юрьевич
*Заместитель начальника
отдела*



**Линде
Эндр Вадимович**
Ведущий инженер



**Линьков
Анатолий Евгеньевич**
Слесарь механических работ



**Липин
Сергей Вячеславович**
Начальник группы



**Липсева
Галина Петровна**
*Заместитель начальника
отдела*



**Лискутин
Евгений Васильевич**
Начальник группы



**Литвинов
Александр Евгеньевич**
Ведущий инженер



**Литвинова
Елена Петровна**
Техник



**Лихачев
Борис Иванович**
*Слесарь-механик по радио-
электронной аппаратуре*



**Лихачева
Любовь Михайловна**
Оператор котельной



**Логвинчев
Сергей Иванович**
Старший научный сотрудник



**Логвинова
Любовь Харитоновна**
Переводчик



**Логвинова
Ольга Георгиевна**
Фельдшер-лаборант



**Лониин
Аркадий Яковлевич**
Старший научный сотрудник



**Лопаткин
Александр Викторович**
*Заместитель Директора
-Генерального конструктора*



**Лопаткина
Светлана Валентиновна**
Инженер



**Лосова
Татьяна Николаевна**
*Инженер-конструктор
2 категории*



**Лохматиков
Алексей Кузьмич**
Старший мастер



**Лохматикова
Елена Александровна**
Кладовщик



**Лошаков
Петр Васильевич**
*Инженер-электроник
2 категории*



**Лукашевич
Иван Борисович**
Начальник отдела



**Лукашевич
Виктор Юрьевич**
Ведущий инженер



**Лукашевич
Зоя Викторовна**
Старший библиотечный



**Лукичев
Василий Анатольевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Лунина
Наталья Равильевна**
Референт директора



**Лунина
Элеонора Николаевна**
Инженер



**Лучинский
Владимир Васильевич**
Контролер



**Лучкин
Виктор Васильевич**
Контролер



**Лысенко
Сергей Геннадьевич**
*Заместитель главного
инженера*



**Лысенкова
Елена Николаевна**
Специалист



**Львов
Игорь Валентинович**
*Специст систем вентиляции
и кондиционирования*



**Любовнова
Елена Александровна**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Любчев
Александр Валериевич**
Начальник отдела



**Лямина
Елена Викторовна**
Заведующий хозяйством



**Маев
Владимир Васильевич**
Токсик



**Мазокин
Василий Александрович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Майоров
Михаил Борисович**
*Электромонтер
электрооборудования*



**Макаров
Василий Вадимович**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Макаров
Сергей Викторович**
Главный технолог института



**Максимкина
Ирина Ивановна**
Референт



**Максимов
Андрей Александрович**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Маликин
Владимир Михайлович**
Старший научный сотрудник



**Малугин
Алексей Викторович**
*Инженер-программист
I категории*



**Малышев
Алексей Владимирович**
Начальник группы



**Малышев
Борис Витальевич**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Мальшинов
Василий Семенович**
Главный специалист



**Мальшова
Татьяна Эдуардовна**
Контролер



**Маметев
Тимур Тахирчанович**
*Электросварщик ручной
сварки*



**Мамонтов
Алексей Юрьевич**
Научный сотрудник



**Мамочкина
Зинаида Викторовна**
Намотчик катушек



**Мамчина
Ольга Андреевна**
Перезащитчик



**Манаников
Николай Васильевич**
Электросварщик ручной сварки



**Маричев
Андрей Васильевич**
Ведущий конструктор



**Маркин
Сергей Петрович**
Заместитель начальника производства



**Мартыненко
Андрей Витальевич**
Инженер-электроник 2 категории



**Марченко
Инна Анатольевна**
Инженер 1 категории



**Масалин
Артём Владимирович**
Стесаль-сантехник



**Масалин
Владимир Юрьевич**
Стесаль-сантехник



**Масленкина
Татьяна Егоровна**
Инженер



**Масленников
Андрей Владимирович**
Инженер-технолог 1 категории



**Масленников
Дмитрий Николаевич**
Мастер



**Масленников
Николай Дмитриевич**
Стесаль механических работ



**Маслова
Лидия Викторовна**
Инженер-конструктор 3 категории



**Матвеев
Сергей Владимирович**
Токарь



**Маценев
Александр Евгеньевич**
Ведущий конструктор



**Медведев
Геннадий Викторович**
Электросварщик



**Медведева
Татьяна Владимировна**
Директор Департамента



**Мезинова
Елена Николаевна**
Специалист



**Мельник
Елена Александровна**
Старший сварщик



**Мельников
Николай Александрович**
Инженер 2 категории



**Мельников
Олег Петрович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Мельникова
Людмила Михайловна**
Переводчик



**Мельникова
Наталья Вадимовна**
*Ведущий инженер-
конструктор*



**Меньшов
Сергей Александрович**
Ведущий инженер



**Меркулов
Александр Сергеевич**
Слесарь механических работ



**Месропов
Михаил Григорьевич**
Начальник группы



**Мешалин
Владимир Петрович**
Фрезеровщик



**Мешалкина
Наталья Алексеевна**
Ведущий инженер



**Мешеряков
Александр Иванович**
Главный механик



**Милевская
Мария Михайловна**
Бухгалтер



**Милеев
Виктор Иванович**
*Ответственный дежурный
по институту*



**Милеева
Галина Викторовна**
Инженер 2 категории



**Мильчакова
Екатерина Эдуардовна**
Начальник отдела



**Мингалеева
Гельсина Салиховна**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Миронов
Александр Иванович**
Ведущий инженер



**Миронов
Вячеслав Николаевич**
Инженер 1 категории



**Миронов
Евгений Ильич**
Ведущий инженер



**Миронов
Юрий Владимирович**
Ведущий научный сотрудник



**Мирошин
Анатолий Владимирович**
Специалист



**Мирошников
Владимир Анатольевич**
*Электросварщик ручной
сварки*



**Митин
Дмитрий Анатольевич**
Ведущий конструктор



**Митюшин
Виктор Петрович**
Инженер 2 категории



**Михайлов
Антон Владимирович**
Инженер 1 категории



**Михайлов
Евгений Александрович**
Инженер 1 категории



**Михайлов
Михаил Николаевич**
*Заместитель Директора –
Генерального конструктора*



**Михайлов
Олег Владимирович**
Инженер



**Михайлова
Юлия Валерьевна**
Ведущий инженер



**Михаыченко
Андрей Петрович**
Ведущий инженер



**Михеев
Евгений Александрович**
Лифтер



**Мишин
Михаил Васильевич**
Начальник участка



**Мишустина
Галина Михайловна**
Инженер



**Мищенко
Лилия Викторовна**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Можаров
Михаил Алексеевич**
Ведущий инженер



**Моисеев
Евгений Михайлович**
Токарь



**Молоканов
Николай Анатольевич**
Начальник отдела



**Молочников
Юрий Семенович**
Ведущий научный сотрудник



**Молошников
Борис Анатольевич**
Инженер 2 категории



**Монахов
Михаил Викторович**
Контролер



**Морданова
Елена Викторовна**
Старший бухгалтер



**Морозов
Виктор Сергеевич**
*Электромонтер
электрооборудования*



**Морозов
Павел Андреевич**
*Инженер-энергетик
2 категории*



**Морозова
Надежда Алексеевна**
Администратор дежурный



**Морозова
Татьяна Ивановна**
Специалист



**Морозова
Татьяна Николаевна**
*Контролер станочных
и слесарных работ*



**Москалев
Александр Иванович**
Слесарь-вакуумщик



**Москаленко
Михаил Сергеевич**
Старший мастер



**Москвилин
Роман Евгеньевич**
Ведущий инженер



**Москвин
Олег Юрьевич**
Инженер



**Мочалов
Александр Александрович**
Электроустановщик



**Музафаров
Игорь Рамазанович**
Слесарь механических работ



**Музыка
Виктор Дмитриевич**
*Инженер-технолог
1 категории*



**Мунгалова
Лариса Викторовна**
Ведущий специалист



**Мурасова
Наталья Геннадиевна**
Инженер 2 категории



**Муратов
Андрей Григорьевич**
Начальник лаборатории



**Мухин
Александр Васильевич**
Начальник отдела



**Мухин
Сергей Владимирович**
Начальник группы



**Мякишев
Юрий Николаевич**
Диспетчер



**Наволочкин
Алексей Сергеевич**
Инженер 1 категории



**Надеждин
Алексей Викторович**
Токарь



**Налочий
Владимир Иванович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Назаров
Владимир Сергеевич**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Назаров
Дмитрий Александрович**
Электромеханик по лифтам



**Назаров
Юрий Александрович**
Намотчик магнитопроводов



**Назарова
Ирина Павловна**
Начальник группы



**Назарин
Виктор Георгиевич**
Главный специалист



**Назин
Алексей Ильич**
*Инженер-нормировщик
2 категории*



**Напирели
Тамара Ивановна**
Буфетчица



**Нарманова
Анна Леонидовна**
Техник



**Нарманова
Наталья Вячеславовна**
*Монтажник радио-
электронной аппаратуры*



**Нарышкин
Николай Борисович**
Начальник группы



**Науменко
Нина Константиновна**
Лаборант



**Невская
Людмила Федоровна**
Ведущий конструктор



**Некрасова
Анна Сергеевна**
Техник



**Некрасова
Вера Васильевна**
Старший инспектор



**Некрасова
Надежда Васильевна**
Корректор



**Некрасова
Татьяна Владимировна**
Лаборант



**Нестеров
Александр Юрьевич**
Стелсарь механических работ



**Нестеров
Михаил Иванович**
Токарь



**Нетеча
Михаил Евгеньевич**
Ведущий научный сотрудник



**Нефелов
Александр Иванович**
Стелсарь по ремонту оборудования



**Нефедова
Ольга Николаевна**
Кладовщик



**Никесенко
Дмитрий Павлович**
Токарь



**Никитин
Анатолий Васильевич**
Начальник лаборатории



**Никитин
Юрий Михайлович**
Главный научный сотрудник



**Никитина
Светлана Борисовна**
Инженер I категории



**Николаев
Валерий Петрович**
Стелсарь по ремонту автомобилей



**Николаев
Евгений Валентинович**
Заместитель директора отдела



**Николаев
Сергей Борисович**
Начальник отдела



**Николаева
Наталья Валерьевна**
Специалист



**Николотов
Анатолий Михайлович**
Начальник группы



**Никонов
Александр Юрьевич**
Начальник группы



**Никонович
Лариса Михайловна**
Специалист



**Никоноров
Владимир Николаевич**
Токарь



**Никulin
Андрей Сергеевич**
Ведущий инженер



**Никulina
Юлия Владимировна**
Бухгалтер



**Новиков
Александр Васильевич**
*Заместитель начальника
производства*



**Новиков
Алексей Васильевич**
Инженер 1 категории



**Новиков
Владимир Николаевич**
Ведущий инженер



**Новиков
Владимир Степанович**
*Заместитель начальника
лаборатории*



**Новиков
Илья Владимирович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Новикова
Валентина Сергеевна**
Инженер 2 категории



**Новикова
Елена Валентиновна**
Инженер-экономист



**Новикова
Елена Викторовна**
Инженер



**Новикова
Любовь Николаевна**
Медицинский регистратор



**Новицкая
Ирина Анатольевна**
Инженер 1 категории



**Новичков
Иван Вичеславович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Новосжилов
Николай Николаевич**
Токарь



**Новожилов
Сергей Николаевич**
*Инженер-технолог
1 категории*



**Новоселова
Лариса Сергеевна**
Ведущий инженер



**Новосельский
Олег Юрьевич**
Ведущий научный сотрудник



**Носенко
Александр Иванович**
Ведущий инженер



**Носков
Игорь Арсеньевич**
Ведущий конструктор



**Обухов
Сергей Леонидович**
Начальник отдела



**Обыкновенный
Олег Олегович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Овечкин
Геннадий Алексеевич**
Инженер



**Овчинников
Владимир Александрович**
Начальник группы



**Озеркин
Максим Алексеевич**
Инженер 1 категории



**Озерова
Любовь Юрьевна**
Инженер 1 категории



**Ознобин
Сергей Тихонович**
Начальник отдела



**Омельчук
Татьяна Евгеньевна**
Ведущий инженер



**Орлов
Александр Алексеевич**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Орлов
Александр Николаевич**
*Заместитель главного
конструктора*



**Орлов
Василий Павлович**
Начальник бюро



**Орлов
Виктор Викторович**
Главный специалист



**Орлов
Владимир Константинович**
Начальник группы



**Орлова
Елена Евгеньевна**
Начальник группы



**Орловский
Сергей Николаевич**
Начальник группы



**Осетров
Николай Анатольевич**
Инженер 2 категории



**Осипов
Сергей Львович**
Водитель автомобиля



**Осипова
Наталья Борисовна**
Бухгалтер



**Осипович
Светлана Викторовна**
Ведущий конструктор



**Оськин
Андрей Викторович**
Инженер 1 категории



**Оханов
Андрей Александрович**
Ведущий конструктор



**Павленко
Александр Павлович**
*Начальник службы
радиационной безопасности*



**Павлов
Владимир Леонидович**
Начальник группы



**Павлов
Михаил Андреевич**
*Инженер-технолог
1 категории*



**Палатова
Светлана Владимировна**
Инженер



**Палдин
Борис Матвеевич**
*Слесарь металлообработочных
работ*



**Палдина
Алла Ивановна**
Старший кладовщик



**Палочкина
Любовь Ивановна**
Заведующий истиническим
архивом



**Панов
Александр Петрович**
Начальник бюро



**Панов
Михаил Александрович**
Газовник



**Панфилов
Алексей Петрович**
Инженер-технолог
1 категории



**Паникина
Елена Николаевна**
Инженер-конструктор
2 категории



**Папандин
Михаил Викторович**
Ведущий инженер



**Папендик
Сергей Юрьевич**
Инженер-технолог
1 категории



**Пархимович
Иван Иванович**
Слесарь по ремонту
оборудования



**Паршутин
Арсений Евгеньевич**
Инженер



**Паршутин
Евгений Владимирович**
Ведущий инженер



**Патрин
Евгений Борисович**
Начальник группы



**Пепа
Владимир Николаевич**
Заместитель начальника
отдела



**Перенчук
Татьяна Николаевна**
Заместитель главного
бухгалтера



**Перепеченов
Василий Яковлевич**
Ведущий конструктор



**Петин
Борис Сергеевич**
Токарь-расточник



**Петренко
Тирас Юрьевич**
Водитель автомобиля



Петров
Анатолий Александрович
Главный конструктор



Петров
Григорий Григорьевич
*Инженер-программист
2 категории*



Петров
Евгений Александрович
Ведущий инженер



Петров
Михаил Борисович
Ведущий инженер



Петрова
Ирина Николаевна
Техник



Петрова
Татьяна Леонидовна
Фельдшер



Петрочук
Федор Константинович
Ведущий конструктор



Петрунин
Николай Алексеевич
Водитель автомобиля



Петрунин
Сергей Леонидович
Ведущий инженер



Петрунина
Юлия Николаевна
Инженер



Петрушина
Татьяна Сергеевна
Старший кладовщик



Петрушин
Артем Владимирович
Ведущий специалист



Петрушин
Владимир Васильевич
Начальник группы



Петрушин
Михаил Александрович
Ведущий конструктор



Петрыкина
Татьяна Николаевна
Старший кладовщик



Петухов
Александр Васильевич
Токарь



**Пикалов
Александр Алексеевич**
Начальник группы



**Пикалов
Николай Александрович**
Инженер-конструктор



**Пирогова
Елена Ивановна**
Ведущий специалист



**Пителев
Сергей Григорьевич**
Начальник группы



**Пичкова
Татьяна Николаевна**
Главный экономист



**Плышевский
Михаил Иванович**
Начальник лаборатории



**Плюсинна
Галина Николаевна**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Плюшева
Юля Владимировна**
Главный специалист



**Поварова
Татьяна Анатольевна**
Старший администратор



**Поволяев
Михаил Васильевич**
Начальник группы



**Погорелов
Виктор Григорьевич**
Ведущий инженер-технолог



**Подгайский
Владимир Игнатьевич**
*Оператор станков с
программным управлением*



**Подгорчук
Юрий Георгиевич**
Ведущий инженер



**Поджарый
Александр Константинович**
Инженер



**Подточилина
Татьяна Викторовна**
Ведущий инженер



**Подшибякин
Сергей Викторович**
*Слесарь машиностроительных
работ*



**Полекасова
Елена Петровна**
Администратор журнала



**Поленов
Дмитрий Сергеевич**
Слесарь механических работ



**Полиданов
Андрей Александрович**
Начальник бюро



**Поликарпов
Владимир Николаевич**
Начальник отдела



**Поликша
Виктор Владимирович**
Старший научный сотрудник



**Поляков
Александр Викторович**
Дефектоскопист рентгено-гаммаграфирования



**Поминова
Любовь Андреевна**
Электрик телефонной связи



**Помыткин
Михаил Геннадьевич**
Заведующий командой



**Пократов
Николай Валерьевич**
Электрик



**Пonomarev
Владимир Николаевич**
Начальник бюро



**Пonomareva
Светлана Александровна**
Ведущий специалист



**Пonorovskaya
Евгения Даниловна**
Ведущий инженер



**Попков
Антон Александрович**
Электросварщик ручной сварки



**Попкова
Елена Александровна**
Ведущий инженер



**Попов
Андрей Викторович**
Слесарь механических работ



**Попов
Владимир Евгеньевич**
Ведущий инженер



**Попов
Михаил Алексеевич**
Начальник группы



**Попов
Николай Константинович**
Инженер



**Попова
Елена Николаевна**
Кладовщик



**Псохов
Михаил Владимирович**
Слесарь механосборочных работ



**Постников
Виктор Викторович**
Главный научный сотрудник



**Постнов
Виктор Петрович**
Начальник отдела



**Потанов
Александр Александрович**
Ведущий инженер



**Потанов
Алексей Альбертович**
Ведущий инженер



**Потанов
Иван Васильевич**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Потанова
Валерия Павловна**
Начальник бюро



**Привезенцева
Зоя Александровна**
*Инженер-технолог
1 категории*



**Припчкин
Дмитрий Александрович**
Инженер 2 категории



**Прокопенко
Татьяна Григорьевна**
Инспектор



**Прокушенков
Иван Геннадьевич**
*Инженер-конструктор
2 категории*



**Пронин
Александр Владимирович**
Главный специалист



**Проскуряков
Сергей Федорович**
Инженер 2 категории



**Простиков
Владимир Васильевич**
Ведущий научный сотрудник



**Прозорова
Виктория Викторовна**
Ведущий оценщик



**Прозорова
Виолета Андреевна**
Заведующий архивом



**Прошин
Валерий Александрович**
Ведущий инженер



**Примов
Виктор Юрьевич**
*Монтажник радио-
электронной аппаратуры*



**Птицин
Владимир Алексеевич**
Начальник группы



**Пугачев
Александр Владимирович**
Токарь-расточник



**Пузанов
Евгений Григорьевич**
Ведущий инженер



**Пушкарска
Галина Ивановна**
Оператор котельной



**Пушкина
Елена Сергеевна**
Бухгалтер



**Пятков
Юрий Леонидович**
*Инженер-конструктор
I категории*



**Рабчун
Александр Васильевич**
Начальник отдела



**Раджевич
Владимир Евгеньевич**
Начальник лаборатории



**Радченко
Сергей Владимирович**
Начальник группы



**Разенкова
Нина Евгеньевна**
Начальник отдела



**Размеров
Алексей Владимирович**
Начальник группы



**Разувасва
Наталья Александровна**
Инженер 1 категории



**Разумов
Олег Евгеньевич**
*Электромонтер
электрооборудования*



**Рассошкина
Нина Степановна**
*Инженер-технолог
3 категории*



**Рахманов
Алексей Платонович**
Начальник расчетного бюро



**Рахманова
Александра Александровна**
Инженер 2 категории



**Ревитва
Игорь Петрович**
*Заместитель главного
инженера*



**Релько
Александр Андреевич**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Репецкий
Игорь Степанович**
Оператор теплового пункта



**Решетин
Василий Леонидович**
Ведущий инженер



**Рогачев
Александр Андреевич**
Водитель автомобиля



**Рогожникова
Нина Ивановна**
*Заместитель начальника
отдела*



**Родин
Михаил Евгеньевич**
Ведущий инженер



**Родин
Сергей Иванович**
Слесарь механических работ



**Родичев
Максим Михайлович**
Начальник группы



**Роженков
Борис Сергеевич**
Ведущий научный сотрудник



**Рожественский
Иван Михайлович**
Научный сотрудник



**Рожdestvenskiy
Михаил Иванович**
Начальник отдела



**Рожков
Андрей Владимирович**
Токарь



**Рожков
Антон Александрович**
Начальник группы



**Рожков
Станислав Семенович**
Ведущий инженер



**Рожкова
Татьяна Ивановна**
Старший научный сотрудник



**Ромадова
Елена Леонардовна**
Заместитель главного конструктора



**Романов
Иван Сергеевич**
Экономист



**Романова
Наталья Викторовна**
Начальник отдела



**Романова
Татьяна Вячеславовна**
Техник



**Романов
Анатолий Анатольевич**
Начальник отдела



**Ростов
Геннадий Иванович**
Ведущий инженер-технолог



**Роцин
Борис Васильевич**
Ведущий инженер



**Роцина
Любовь Павловна**
Ведущий специалист



**Рошупкин
Владимир Павлович**
Токарь



**Рублева
Наталья Владимировна**
Ведущий специалист



**Рубнов
Сергей Николаевич**
Заместитель начальника отдела



**Рубнова
Татьяна Юрьевна**
Оператор котельной



**Рукавишников
Дмитрий Борисович**
*Инженер по безопасности
дорожного движения*



**Рукавишникова
Марина Павловна**
Начальник группы



**Русинов
Николай Николаевич**
Фрезеровщик



**Рухлов
Олег Михайлович**
*Заместитель Директора -
Генерального конструктора*



**Рыбакова
Валентина Климентьевна**
Инженер I категории



**Рыбников
Алексей Сергеевич**
Экспедитор



**Рыжкова
Мария Николаевна**
Техник



**Рыбихин
Сергей Александрович**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Рыбов
Ростислав Михайлович**
Начальник отдела



**Рызанова
Татьяна Ивановна**
Машинист крана (крановщик)



**Рызанцев
Евгений Кузьмич**
Заступающий Бази отделе



**Рысянский
Сергей Григорьевич**
Директор отделения



**Саблин
Петр Иванович**
Водитель автомобиля



**Саввин
Сергей Юрьевич**
Инженер



**Савельев
Владимир Николаевич**
Начальник производства



**Савенко
Владимир Иванович**
Стесарь межансборочных работ



**Савенко
Марина Ивановна**
Техник-технолог



**Савостнина
Аделя Анверовна**
Бухгалтер



**Сазонов
Николай Александрович**
Главный специалист



**Салимбева
Алла Алексеевна**
Специалист



**Самак
Елена Ивановна**
Кассир



**Самсонова
Нина Дмитриевна**
Начальник группы



**Сапелкина
Наталья Олеговна**
Экономист



**Сапрыкин
Илья Николаевич**
Начальник группы



**Сифонов
Александр Иванович**
Токарь



**Сифонов
Владимир Константинович**
Начальник группы



**Сифонов
Михаил Александрович**
Стесарь по ремонту автомобилей



**Сифонова
Нина Владимировна**
Старший клерк



**Сифонова
Ольга Васильевна**
Замедующий лаборию



**Сифонов
Денис Викторович**
Инженер



**Сахарова
Татьяна Юрьевна**
Старший научный сотрудник



**Сачков
Виктор Федорович**
Начальник службы РБ



**Сбродов
Николай Тихонович**
*Слесарь по ремонту
оборудования*



**Сверчкова
Валентина Петровна**
Распределитель работ



**Светлова
Надежда Николаевна**
Техник



**Световидов
Константин Олегович**
Токарь



**Свириденко
Максим Николаевич**
Ведущий инженер



**Свириденко
Марина Николаевна**
Научный сотрудник



**Свириденков
Александр Николаевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Севост'янов
Михаил Валентинович**
*Слесарь механизаторных
работ*



**Сегалов
Кирилл Михайлович**
Начальник группы



**Седов
Алексей Юрьевич**
Инженер 3 категории



**Седова
Татьяна Кирилловна**
Инженер 1 категории



**Селиверстов
Михаил Михайлович**
Инженер 1 категории



**Семенихин
Виктор Иванович**
Начальник группы



**Семенов
Александр Николаевич**
Начальник отдела



**Семенов
Анатолий Викторович**
*Слесарь по ремонту
холодильного оборудования*



**Семенов
Сергей Сергеевич**
Инженер 1 категории



**Семеновская
Ирина Викторовна**
*Начальник специальной
информационной службы*



**Семченков
Александр Александрович**
Ведущий инженер



**Сенаторов
Василий Евгеньевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Сергеев
Алексей Александрович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Сергеева
Галина Александровна**
Инженер



**Сергеева
Елена Леонидовна**
Электрофотограф



**Сергеева
Нина Васильевна**
Инженер 1 категории



**Сергейчев
Анатолий Николаевич**
Токарь



**Сергиенко
Владимир Павлович**
Водитель автомобиля



**Сердюк
Надежда Михайловна**
Научный сотрудник



**Серебрякова
Светлана Анатольевна**
Инженер



**Серебряникова
Татьяна Ильинична**
Инженер-экономист



**Серовский
Владимир Александрович**
*Электромонтер
электрооборудования*



**Сибгатуллин
Мансур Минулович**
Токарь



**Сидоров
Александр Иванович**
Оператор теплового пункта



**Сидоров
Александр Михайлович**
Токарь



**Сизарев
Владислав Дмитриевич**
Ведущий научный сотрудник



**Сизова
Светлана Александровна**
Руководитель группы



**Сыкачев
Юрий Николаевич**
Водитель автомобиля



**Сила-Новицкий
Александр Георгиевич**
Ведущий конструктор



**Симбухов
Владимир Васильевич**
Водитель автомобиля



**Симониди
Андрей Рашидович**
*Инженер-конструктор
I категории*



**Симонов
Александр Петрович**
Токарь-расточник



**Симохин
Александр Сергеевич**
*Электромонтер
электрооборудования*



**Синяков
Вячеслав Иванович**
*Заместитель начальника
производства*



**Синяков
Станислав Вячеславович**
*Оператор станков с
программным управлением*



**Сироткин
Александр Юрьевич**
Фрезеровщик



**Сироткин
Игорь Юрьевич**
Зуборезник



**Скакунова
Светлана Васильевна**
*Инженер-электроник
I категории*



**Скворцов
Лев Алексеевич**
Начальник группы



**Складнов
Константин Сергеевич**
Начальник группы



**Скоморохова
Светлана Павловна**
Инженер



**Скоромная
Людмила Ивановна**
Инженер 1 категории



**Скрипаль
Виталий Александрович**
Зуборезчик



**Следков
Антон Павлович**
*Электросварщик ручной
сварки*



**Слепов
Леонид Анатольевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Слободчиков
Алексей Владимирович**
Начальник лаборатории



**Смендарев
Владимир Николаевич**
Презервщик



**Смирнов
Александр Валериевич**
Начальник группы



**Смирнов
Александр Станиславович**
Инженер 2 категории



**Смирнов
Валерий Сергеевич**
Старший научный сотрудник



**Смирнов
Виктор Георгиевич**
Ведущий научный сотрудник



**Смирнов
Владимир Павлович**
Начальник лаборатории



**Смирнова
Вера Николаевна**
Инженер



**Смирнова
Людмила Евгеньевна**
Инженер-экономист



**Смирнова
Наталья Георгиевна**
Инженер-метролог



**Смирнова
Татьяна Владимировна**
*Монтажник радио-
электронной аппаратуры*



**Смолина
Марина Николаевна**
Копировщик печатных форм



**Смоляков
Сергей Николаевич**
Ведущий конструктор



**Соболева
Наталья Анатольевна**
Ведущий специалист



**Соковых
Борис Петрович**
Инженер 1 категории



**Соколов
Андрей Васильевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Соколов
Игорь Алексеевич**
Инженер-нормировщик



**Соколов
Сергей Алексеевич**
*Заместитель директора
отделения*



**Соколов
Юрий Васильевич**
Токарь



**Соколова
Ирина Владимировна**
*Инженер-конструктор
2 категории*



**Солдатов
Николай Иванович**
Шлифовщик



**Соловцова
Елена Евгеньевна**
*Заместитель Директора-
Генерального конструктора*



**Соловьев
Алексей Леонидович**
Ведущий инженер



**Соловьев
Валерий Анатольевич**
Начальник смены



**Соловьев
Олег Витальевич**
Токарь



**Соловьева
Людмила Петровна**
*Патронник научного
руководителя*



**Соловьева
Мария Владимировна**
Экономист



**Соловьева
Оксана Николаевна**
*Старший мастер
гальванического участка*



**Солонин
Владимир Иванович**
Главный научный сотрудник



**Сорокин
Сергей Николаевич**
*Инженер-электроник
I категории*



**Сошникова
Нина Сергеевна**
Техник



**Спиридонов
Константин Александрович**
*Начальник конструкторского
бюро*



**Спицаков
Николай Иванович**
Начальник отдела



**Старостенко
Виктор Егорович**
Слесарь-инструментальник



**Стенбок
Игорь Александрович**
Главный научный сотрудник



**Степанов
Сергей Вячеславович**
Токарь



**Стефенко
Ранда Николаевна**
Инженер



**Стогов
Евгений Георгиевич**
*Ответственный дежурный
по институту*



**Стосов
Виталий Владимирович**
Начальник отдела



**Страхова
Галина Форитовна**
Ведущий специалист



**Стребков
Юрий Сергеевич**
*Заместитель Директора-
Генерального конструктора*



**Стрелков
Петр Борисович**
Начальник лаборатории



**Стрелкова
Надежда Михайловна**
Старший инспектор



**Стрельцов
Евгений Викторович**
Водитель автомобиля



**Стрельцова
Марина Владимировна**
Заведующий хозяйством



**Стрижов
Михаил Васильевич**
*Оператор станков с
программным управлением*



**Стукалева
Маргарита Фаридовна**
Кладовщик



**Супранова
Елена Борисовна**
*Инженер-конструктор
I категории*



**Сурков
Юрий Андреевич**
Начальник участка



**Суханов
Анатолий Семенович**
*Мастер по ремонту
автомобилей*



**Суханова
Ирина Ивановна**
Начальник службы



**Суховский
Евгений Владимирович**
Ведущий инженер



**Сучков
Александр Викторович**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Сучков
Андрей Викторович**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Сучков
Илья Александрович**
*Сварщик на лазерных
установках*



**Сысова
Оксана Артыольдовна**
Инженер I категории



**Сытин
Вячеслав Георгиевич**
Начальник лаборатории



**Тараканов
Александр Николаевич**
*Электромонтер
электрооборудования*



**Тараненко
Алексей Сергеевич**
Бухгалтер



Тарасова
Лидия Сергеевна
Референт



Тегина
Татьяна Николаевна
Старший инспектор



Темиров
Иван Андреевич
Техник



Терешин
Сергей Владимирович
Слесарь диспетчерских работ



Тимакина
Татьяна Николаевна
Ведущий инженер



Тимонина
Мария Юрьевна
Инженер-конструктор



Тимофеев
Сергей Николаевич
Начальник группы



Тимошин
Александр Вадимович
Инженер



Титяев
Сергей Владимирович
Электромонтер по ремонту электрооборудования



Тихомиров
Александр Николаевич
Старший научный сотрудник



Тищенко
Людмила Викторовна
Ведущий специалист



Токарев
Владимир Федорович
Электромонтер по ремонту электрооборудования



Токарева
Елена Станиславовна
Специалист



Толкачев
Дмитрий Вячеславович
Техник



Топилин
Виктор Сергеевич
Директор центра



Трескова
Наталья Николаевна
Инженер



**Третьяков
Игорь Товиевич**
*Главный конструктор наст.
и изотопных реакторов*



**Третьякова
Ирина Владимировна**
Референт



**Трифонов
Алексей Александрович**
Ведущий инженер



**Трифонов
Юрий Иванович**
Ведущий инженер



**Трифорова
Екатерина Владимировна**
Инженер 1 категории



**Троицкая
Ольга Юрьевна**
Инженер



**Трофимов
Андрей Львович**
Начальник группы



**Трофимович
Петр Дмитриевич**
Ведущий инженер-технолог



**Трухачева
Наталья Рудольфовна**
Главный специалист



**Трушин
Владимир Васильевич**
Старший научный сотрудник



**Трушкин
Владимир Иванович**
*Заместитель начальника
отдела*



**Трипличников
Игорь Вячеславович**
Стелсэр-сателитник



**Тукалова
Алла Александровна**
Техник



**Туктаров
Марат Адельшевич**
Ведущий инженер



**Тутукин
Алексей Владимирович**
Ведущий инженер



**Тушев
Виктор Иванович**
Ведущий инженер



**Тюков
Василий Васильевич**
Старший научный сотрудник



**Тюленев
Владислав Сергеевич**
Техник



**Тюленева
Оксана Юрьевна**
Научный сотрудник



**Угольников
Валентина Ивановна**
Медицинская сестра



**Угрева
Елена Викторовна**
Инженер



**Ужанова
Валентина Васильевна**
Ведущий инженер



**Уланов
Андрей Борисович**
Инженер



**Ульянова
Марина Владимировна**
Бухгалтер



**Ульянова
Светлана Андреевна**
Кладовщик камеры хранения



**Уманский
Антон Анатольевич**
Научный сотрудник



**Умаров
Умар Магомедович**
Слесарь-электромонтажник



**Умяров
Роман Мансурович**
Начальник отдела



**Уразов
Сабит Хайитович**
*Заместитель Директора -
Генерального конструктора*



**Урывская
Ольга Владимировна**
Главный специалист



**Урывский
Владимир Иванович**
*Заместитель Директора -
Генерального конструктора*



**Усманов
Умар Садекovich**
Фрезеровщик



**Устинова
Ольга Владимировна**
Начальник группы



**Уфасов
Николай Николаевич**
Ведущий инженер-конструктор



**Ухarov
Сергей Григорьевич**
Директор отделения



**Ушакова
Елена Анатольевна**
Начальник группы



**Фасвцев
Анатолий Семенович**
Начальник группы



**Факсёв
Павел Иванович**
Главный инженер



**Факсёв
Петр Иванович**
Ведущий конструктор



**Фатигаров
Василий Юрьевич**
Пресс-секретарь



**Фелин
Андрей Евгеньевич**
Инженер



**Федоров
Олег Юрьевич**
Старший научный сотрудник



**Федорова
Галина Юрьевна**
Старший инспектор



**Федосеева
Виктория Юрьевна**
Ведущий инженер



**Федотова
Светлана Леонидовна**
Ведущий инженер



**Федулов
Александр Владимирович**
Заместитель начальника отдела



**Филатов
Александр Григорьевич**
Ведущий инженер



**Филатов
Сергей Валентинович**
Заместитель начальника отдела



**Филатова
Елена Викторовна**
Начальник группы



**Филатова
Елена Михайловна**
Инженер 2 категории



**Филиппов
Леонид Алексеевич**
*Старший контрольный
мастер*



**Филиппов
Николай Геннадиевич**
Слесарь механических работ



**Финякин
Александр Федорович**
Начальник лаборатории



**Финякина
Наталья Васильевна**
Инженер-конструктор



**Фирсов
Андрей Спартакович**
Ведущий инженер-конструктор



**Фомин
Сергей Васильевич**
Мастер по ремонту



**Фомичева
Татьяна Игоревна**
Начальник группы



**Французова
Мария Андреевна**
*Инженер-технолог
2 категории*



**Фролов
Александр Сергеевич**
Инженер 1 категории



**Фролов
Андрей Леонидович**
*Инженер-технолог
1 категории*



**Фролов
Вадим Геннадиевич**
Начальник отдела



**Фролов
Николай Михайлович**
Токарь



**Фролова
Светлана Юрьевна**
Начальник группы



**Фураев
Антон Евгеньевич**
Слесарь механических работ



Фуркасов
Дмитрий Евгеньевич
Ведущий инженер



Хайдунов
Владимир Исакович
Термист



Хамаз
Александр Александрович
Ведущий инженер



Хидамиров
Юрий Эдуардович
Начальник лаборатории



Ханыгин
Владимир Юрьевич
Директор ПК "Катюшино"



Харина
Галина Анатольевна
*Помощник директора
отделения*



Харитонов
Валерий Владимирович
Начальник участка



Харитонов
Геннадий Владимирович
Инженер 2 категории



Харламова
Александра Павловна
Кладовщик камеры хранения



Харламова
Екатерина Львовна
Специалист



Хаттарова
Елена Альфировна
*Инженер-конструктор
1 категории*



Хачересов
Григорий Артемович
Старший научный сотрудник



Хизняк
Артем Григорьевич
Инженер



Ходаков
Евгений Алексеевич
Заведующий ИТБ



Хомяков
Сергей Валерьевич
Механик по автотранспорту



Хомяков
Сергей Эмильевич
Ведущий инженер



Хохлов
Александр Алексеевич
Презерватор



Хохловский
Сергей Александрович
Ведущий инженер-рентгенолог



Хромушкин
Александр Николаевич
Стелсарь-электромотажник



Хронопуло
Александр Георгиевич
Водитель автомобиля



Царев
Александр Владимирович
Водитель автомобиля



Цветаев
Владимир Юрьевич
Главный специалист (по СФЗ)



Цветаева
Ирина Викторовна
Техник 2 категории



Цветаева
Людмила Васильевна
Начальник группы



Цыганова
Любовь Николаевна
Контролер измерительных приборов



Чалый
Михаил Савельевич
Монтажник технологического оборудования



Чаплыгин
Владимир Петрович
Ведущий конструктор



Чарикова
Евгения Александровна
Техник



Чарикова
Светлана Евгеньевна
Инженер



Чеботарев
Александр Афанасьевич
Электромотажер охранно-пожарной сигнализации



Чеботарев
Анатолий Иванович
Начальник отдела



Ческалов
Александр Григорьевич
Инженер-конструктор 1 категории



Чекунов
Вячеслав Васильевич
Монтажник технологического оборудования



Черникова
Мария Константиновна
Научный сотрудник



Черепин
Юрий Семенович
Директор отдела



Чернобровкин
Юрий Васильевич
Ведущий инженер



Чернова
Антонина Анатольевна
Начальник группы



Чернова
Татьяна Васильевна
Начальник группы



Черномордик
Александр Львович
*Контролер КПП
I категории*



Чернышова
Елена Евгеньевна
Специалист



Четвериков
Никита Александрович
Начальник участка



Чигарев
Владимир Иванович
*Электромонтер по ремонту
электрооборудования*



Чилингарян
Шогик Фрунзеевна
*Инженер-конструктор
3 категории*



Чистов
Андрей Николаевич
*Электросварщик ручной
сварки*



Чубров
Анатолий Гаврилович
Начальник отдела



Чудов
Юрий Михайлович
Ведущий конструктор



Чукляева
Валентина Васильевна
Электрофотограф



Чулкова
Елена Викторовна
Ведущий инженер



Чуракова
Елена Владимировна
Начальник группы



Чурсин
Игорь Валентинович
Начальник бюро



Чутченко
Валентина Викторовна
Машинист крана (крановщица)



Чухлов
Алексей Гелиевич
Начальник группы



Шавырина
Наталья Сергеевна
Инженер 2 категории



Шакирова
Людмила Павловна
Инженер



Шалыгина
Лариса Александровна
Инженер 1 категории



Шамонова
Людмила Сергеевна
Инженер



Шаров
Николай Андреевич
Ведущий инженер



Шаронов
Юрий Анатольевич
Начальник группы



Шарутин
Владимир Владимирович
Слесарь механизмов буровых работ



Шатилников
Владимир Михайлович
Токарь



Шатов
Виктор Иванович
Начальник группы



Шашков
Сергей Максимович
Начальник группы



Шашкова
Алла Ивановна
Референт отдела



Швейков
Андрей Владимирович
Начальник группы



**Шебаний
Владимир Владимирович**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Шевченко
Рубен Дмитриевич**
Начальник охраны склада



**Шевченко
Тамара Павловна**
Техник



**Шевченко
Юрий Петрович**
*Слесарь-электрик на ремонте
электрооборудования*



**Шерстобитова
Лариса Анатольевна**
Инженер 1 категории



**Шерšov
Алексей Вячеславович**
Начальник группы



**Шерышев
Иван Евгеньевич**
Инженер



**Шibaева
Ольга Семеновна**
Начальник группы



**Шивер'sкий
Евгений Александрович**
Начальник отдела



**Шиловский
Владимир Владиславович**
Главный специалист



**Шилкин
Александр Сергеевич**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Шипкин
Юрий Федорович**
Ведущий инженер



**Ширяева
Светлана Михайловна**
Инженер 2 категории



**Шитиков
Александр Петрович**
Начальник бюро



**Шишкин
Николай Владимирович**
Водитель автомобиля



**Шишлов
Алексей Сергеевич**
Ведущий специалист



**Шинов
Валерий Павлович**
Начальник группы



**Шленов
Андрей Викторович**
Начальник группы



**Шмелев
Борис Алексеевич**
*Начальник службы информаци-
онной безопасности*



**Шпанский
Сергей Валериевич**
Начальник лаборатории



**Шубин
Владимир Иванович**
Главный специалист



**Шувалова
Виктория Константиновна**
Ведущий конструктор



**Шуленин
Виталий Николаевич**
*Слесарь механосборочных
работ*



**Шутько
Кирилл Игоревич**
Старший научный сотрудник



**Шекало
Сергей Аркадьевич**
Старший мастер



**Шетинин
Александр Валерьевич**
*Эксперт-опер по ремонту
электрооборудования*



**Шетинин
Валерий Николаевич**
*Начальник ремонтно-
механического участка*



**Шукин
Валерий Николаевич**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Эльгорт
Николай Израилевич**
Термист



**Юзев
Сергей Михайлович**
Печатник плоской печати



**Юдин
Владимир Александрович**
*Заместитель начальника
цеха*



**Юматова
Любовь Владимировна**
Инженер 1 категории



**Юркин
Геннадий Васильевич**
Начальник лаборатории



**Юрманов
Виктор Анатольевич**
Начальник группы



**Юрманов
Евгений Викторович**
Инженер 2 категории



**Юров
Сергей Сергеевич**
Водитель автопарка



**Юрова
Наталья Михайловна**
Техник



**Южнов
Николай Михайлович**
Инженер 3 категории



**Юшина
Людмила Алексеевна**
Комплектовщик



**Являченко
Александр Сергеевич**
Начальник отдела



**Яковлев
Вячеслав Евгеньевич**
Токарь



**Яковлева
Любовь Николаевна**
Инженер



**Якубецкий
Александр Иванович**
Заведующий центральным складом



**Якунин
Дмитрий Викторович**
Инженер 2 категории



**Якунин
Игорь Сергеевич**
Начальник группы



**Якушина
Лариса Владимировна**
Ведущий инженер



**Ямпольский
Вадим Александрович**
Начальник группы



**Ярмоленко
Олег Анатольевич**
Начальник отдела



Ярочкин
Анатолий Дмитриевич
Старший научный сотрудник



Яковлев
Владимир Борисович
Инженер 2 категории



Яковлев
Сергей Григорьевич
Ведущий инженер



Яшин
Алексей Сергеевич
Монтажник технологического оборудования



Яшников
Аркадий Иванович
Начальник группы



Яшников
Дмитрий Аркадьевич
Научный сотрудник



Яшникова
Светлана Евгеньевна
Инженер 1 категории

МОЛОДЕЖЬ – НАДЕЖДА НИКИЭТ



**Адельфинский
Кирилл Анатольевич**
Инженер-конструктор



**Айдаров
Александр Александрович**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Алексеева
Мария Николаевна**
Инженер-экономист



**Алиев
Михаил Иванович**
Научный сотрудник



**Андреев
Степан Сергеевич**
Инженер



**Андреева
Лина Шавкатовна**
Инженер



**Анисим
Артем Викторович**
Ведущий специалист



**Антонова
Евгения Викторовна**
*Заместитель начальника
отдела*



**Асташева
Марина Сергеевна**
Инженер



**Афонин
Сергей Юрьевич**
Научный сотрудник



**Багринов
Антон Владимирович**
Ведущий инженер



**Багринов
Олег Владимирович**
*Инженер-конструктор
2 категории*



**Бадаева
Елена Михайловна**
Юристка



**Бижанов
Антон Алексеевич**
Начальник группы



Баландин
Николай Васильевич
Начальник группы



Балониев
Алексей Владимирович
Инженер



Белых
Ксения Олеговна
Инженер



Боброва
Юлия Николаевна
Ведущий экономист



Богданова
Анна Александровна
Юристка



Боговков
Дмитрий Николаевич
*Инженер-технолог
2 категории*



Борисова
Александра Николаевна
Специалист



Бутрий
Николай Анатольевич
*Инженер-программист
2 категории*



Будников
Александр Георгиевич
*Заместитель начальника
отдела*



Булатова
Светлана Николаевна
Бухгалтер



Бурмистрова
Ольга Александровна
Инженер 2 категории



Бушков
Алексей Вячеславович
*Инженер-технолог
2 категории*



Виноградов
Максим Александрович
Инженер 2 категории



Власов
Дмитрий Алексеевич
Инженер



Восводин
Федор Андреевич
*Инженер-конструктор
3 категории*



Волков
Антон Александрович
Инженер 2 категории



Вододин
Антон Николаевич
Ведущий инженер



Волоцкий
Владимир Олегович
*Инженер-конструктор
3 категории*



Воронцов
Михаил Александрович
Инженер



Гладких
Андрей Владимирович
*Инженер-конструктор
2 категории*



Гольцов
Александр Евгеньевич
Инженер 3 категории



Гончаренко
Александр Станиславович
*Инженер-программист
2 категории*



Горovenko
Виктория Олеговна
Инженер



Горячих
Андрей Владимирович
*Инженер-конструктор
2 категории*



Грачев
Максим Вячеславович
*Инженер-программист
2 категории*



Гребенщикова
Дарья Владимировна
Экономист



Гренков
Алексей Александрович
Инженер 3 категории



Гринько
Сергей Олегович
Инженер 2 категории



Грицутенко
Екатерина Александровна
Инженер



Гуреев
Илья Борисович
Ведущий специалист



Данилов
Юрий Алексеевич
Инженер 2 категории



Дакнов
Игорь Леонидович
Начальник отдела



**Деменко
Илья Павлович**
Инженер



**Демехина
Светлана Игоревна**
Инженер-конструктор
3 категории



**Дерикот
Анна Павловна**
Инженер 1 категории



**Дмитриев
Сергей Борисович**
Инженер-технолог
2 категории



**Докеллин
Павел Сергеевич**
Инженер-конструктор
1 категории



**Дорофеев
Павел Андреевич**
Инженер-конструктор



**Драгомиров
Дмитрий Валерьевич**
Инженер-конструктор
2 категории



**Дударева
Екатерина Олеговна**
Переводчик



**Дунайцев
Алексей Анатольевич**
Инженер



**Евгений
Михаил Борисович**
Ведущий специалист



**Елифанов
Сергей Владимирович**
Начальник группы



**Епищенко
Артём Сергеевич**
Инженер-электроник
2 категории



**Елкин
Тимофей Владимирович**
Инженер



**Жданова
Татьяна Борисовна**
Специалист



**Жуков
Александр Викторович**
Главный специалист



**Зайцев
Андрей Николаевич**
Инженер-технолог
2 категории



Зеруал
Юлия Владимировна
Инженер



Зими́на
Гульнара Иарисовна
Инженер



Зими́на
Наталья Леонидовна
Специалист



Злобинская
Елена Юрьевна
Ведущий инженер



Зыбин
Станислав Эдуардович
Ведущий экономист



Иванков
Дмитрий Андреевич
Экономист



Иванова
Евгения Николаевна
*Инженер-конструктор
3 категории*



Иванова
Ольга Леонидовна
Ведущий специалист



Ивочкин
Михаил Юрьевич
Ведущий инженер



Казеннова
Елена Михайловна
Ведущий специалист



Калашников
Дмитрий Олегович
*Инженер-конструктор
3 категории*



Каледа
Павел Иванович
Научный сотрудник



Калинина
Нина Павловна
Инженер



Калугина
Ксения Михайловна
Инженер



Карауш
Валерия Викторовна
Ведущий специалист



Кашпыдай
Олег Валерьевич
Инженер



**Ким
Дмитрий Давидович**
Инженер



**Кырюшина
Мария Александровна**
Инженер 2 категории



**Клинина
Александра Евгеньевна**
Инженер-экономист



**Кловиткина
Наталья Петровна**
Библиотекарь



**Клюсов
Максим Германович**
Инженер



**Ковинский
Алексей Вячеславович**
Ведущий инженер



**Кожуров
Александр Сергеевич**
Инженер



**Колibas
Григорий Васильевич**
Инженер 1 категории



**Комиссаров
Дмитрий Сергеевич**
Инженер 2 категории



**Кондаков
Артем Юрьевич**
Инженер



**Кондратьева
Елена Михайловна**
Специалист



**Кондрашин
Денис Александрович**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Коновалова
Анна Геннальевна**
Инженер



**Копатев
Александр Михайлович**
Ведущий специалист



**Корецкая
Ольга Сергеевна**
Инженер



**Корецкий
Сергей Александрович**
Ведущий инженер



Коржов
Ярослав Владимирович
Инженер-конструктор
3 категории



Корнесс
Владимир Александрович
Инженер 2 категории



Королькова
Валерия Игоревна
Референт



Коротков
Анатолий Николаевич
Инженер 2 категории



Кочетов
Александр Владимирович
Инженер



Красненко
Ольга Юрьевна
Инженер



Красовский
Андрей Александрович
Инженер-технолог



Крупин
Вадим Константинович
Ведущий инженер



Кузнецов
Никита Валерьевич
Инженер 1 категории



Кузнецова
Юлия Станиславовна
Инженер 2 категории



Кузовеннина
Анна Павловна
Инженер



Кузьменко
Роман Сергеевич
Инженер-конструктор



Куликов
Денис Германович
Инженер



Кустова
Ирина Николаевна
Инженер 3 категории



Кухарь
Иван Николаевич
Инженер



Кучер
Руслан Владимирович
Ведущий инженер



**Лавренов
Павел Евгеньевич**
Инженер



**Ланцов
Михаил Юрьевич**
Ведущий экономист



**Ларарши
Ульяна Владимировна**
Инженер 1 категории



**Ларионов
Игорь Александрович**
Инженер



**Левачев
Алексей Юрьевич**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Левченко
Михаил Олегович**
Инженер



**Левшин
Кирилл Николаевич**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Лемехов
Юрий Владимирович**
Начальник отдела



**Личковаха
Сергей Олегович**
Ведущий инженер



**Лопатин
Иван Павлович**
Инженер



**Лысенко
Ольга Николаевна**
Инженер



**Люлин
Александр Александрович**
Ведущий инженер



**Лямкина
Екатерина Вячеславовна**
Бухгалтер



**Максимов
Виталий Александрович**
*Инженер-технолог
2 категории*



**Мамедов
Теймур Садигович**
Инженер-конструктор



**Мариничёва
Дарья Андреевна**
*Инженер-конструктор
3 категории*



Маркина
Елена Владимировна
Инженер-экономист



Мартыненко
Николай Андреевич
Инженер-конструктор



Марченков
Дмитрий Алексеевич
Инженер



Матвеев
Алексей Леонидович
Начальник лаборатории



Медведева
Юлия Алексеевна
Специалист по оценке персонала



Мельничева
Анастасия Александровна
Руководитель группы



Милехина
Анна Александровна
Инженер



Михлин
Дмитрий Игоревич
*Инженер-конструктор
3 категории*



Мишуков
Андрей Викторович
Инженер-конструктор



Морзин
Михаил Сергеевич
*Инженер-конструктор
1 категории*



Морозов
Сергей Александрович
Ведущий инженер



Морозова
Надежда Алексеевна
Юрисконсульт



Неретин
Александр Александрович
Инженер



Нестеров
Дмитрий Александрович
*Инженер-технолог
2 категории*



Нечаев
Алексей Сергеевич
*Инженер-конструктор
3 категории*



Никель
Кирилл Альбертович
*Инженер-конструктор
2 категории*



**Никель
Ольга Александровна**
Инженер-конструктор



**Николаев
Михаил Сергеевич**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Никоноров
Всеволод Дмитриевич**
Инженер



**Нилов
Михаил Юрьевич**
Ведущий экономист



**Новиков
Александр Викторович**
Инженер



**Огневский
Павел Тимофеевич**
*Инженер-технолог
3 категории*



**Огнерубов
Дмитрий Анатольевич**
Инженер



**Ожегин
Игорь Владимирович**
Инженер



**Олистров
Игорь Николаевич**
*Заместитель начальника
отдела*



**Остапенко
Надежда Алексеевна**
Инженер



**Пановский
Кирилл Евгеньевич**
Начальник бюро



**Парабина
Мария Викторовна**
*Инженер-конструктор
2 категории*



**Петраш
Наталья Евгеньевна**
Экономист



**Петренко
Дмитрий Викторович**
Инженер



**Петрова
Любовь Андреевна**
Инженер



**Пихалов
Михаил Александрович**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Платонов
Игорь Владимирович**
Инженер



**Поддубный
Иван Игоревич**
Инженер



**Покитилова
Юлия Владимировна**
Главный экономист



**Посашков
Дмитрий Александрович**
*Инженер-технолог
1 категории*



**Постнов
Артем Викторович**
Инженер



**Преображенский
Петр Анатольевич**
*Инженер-технолог
3 категории*



**Привезенцев
Владимир Владимирович**
*Инженер-технолог
3 категории*



**Радаев
Александр Иванович**
Научный сотрудник



**Ратников
Алексей Сергеевич**
Мастер



**Родина
Елена Александровна**
Научный сотрудник



**Родионов
Юрий Алексеевич**
Инженер 2 категории



**Романов
Антон Николаевич**
Научный сотрудник



**Рыдкина
Екатерина Алексеевна**
Инженер



**Рыбинина
Виктория Николаевна**
Инженер 1 категории



**Ряхина
Екатерина Дмитриевна**
Инженер



**Салихов
Руслан Ринатович**
Инженер-конструктор



**Самойлов
Дмитрий Алексеевич**
*Инженер-конструктор
1 категории*



**Санарин
Дмитрий Борисович**
Ведущий инженер



**Саркулов
Марат Курмангалиевич**
Инженер



**Семенова
Татьяна Николаевна**
Инженер



**Смольников
Дмитрий Сергеевич**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Соколов
Михаил Вячеславович**
Ведущий инженер



**Соловьев
Илья Олегович**
Специалист



**Стебло
Виктор Викторович**
Инженер



**Стребкова
Екатерина Валерьевна**
Инженер



**Струк
Артем Олегович**
Инженер 1 категории



**Суволокин
Дмитрий Валерьевич**
*Инженер-конструктор
3 категории*



**Суволокина
Ирина Николаевна**
Инженер



**Суворова
Анна Александровна**
Инженер



**Сыровой
Александр Сергеевич**
Ведущий инженер-конструктор



**Тарасов
Владлен Владимирович**
*Инженер-программист
2 категории*



**Тихоновская
Татьяна Александровна**
Начальник отдела



**Томшина
Ирина Сергеевна**
Инженер-конструктор



**Троицкий
Михаил Андреевич**
*Инженер-технолог
3 категории*



**Трусова
Екатерина Александровна**
Инженер



**Тюкина
Дина Олеговна**
Экономист



**Уваров
Андрей Андреевич**
Инженер



**Узикова
Ирина Витальевна**
Инженер



**Уланов
Максим Андреевич**
*Инженер-технолог
2 категории*



**Усов
Станислав Михайлович**
Научный сотрудник



**Утенков
Владимир Александрович**
*Инженер-электроник
2 категории*



**Федоровых
Алексей Олегович**
Инженер



**Фомина
Полина Юрьевна**
Инженер



**Фомичев
Дмитрий Владимирович**
Инженер 1 категории



**Французов
Вячеслав Геннадьевич**
Инженер 2 категории



**Фуркасов
Евгений Дмитриевич**
Главный экономист



**Хремина
Ирина Сергеевна**
Инженер 2 категории



**Чаплыгина
Ангелика Васильевна**
*Инженер-конструктор
2 категории*



Чеботарёв
Евгений Александрович
Инженер



Чёков
Михаил Евгеньевич
*Инженер-конструктор
2 категории*



Чернисов
Никита Геннадьевич
Инженер-конструктор



Шаповалов
Юрий Ренниевич
Инженер 3 категории



Шевченко
Алексей Борисович
Инженер-конструктор



Шорохова
Людмила Владимировна
Инженер



Шубин
Дмитрий Александрович
Научный сотрудник



Шутов
Игорь Владимирович
*Инженер-конструктор
3 категории*



Щедрина
Светлана Александровна
Инженер



Юсуфов
Сергей Константинович
Ведущий инженер



Юферева
Варвара Александровна
Научный сотрудник



Юхнов
Борис Михайлович
*Инженер-конструктор
2 категории*



Яковлева
Елена Валентиновна
Инженер



Якубович
Никита Романович
*Инженер-конструктор
3 категории*



Яковский
Константин Иванович
Инженер



ГОРДОСТЬ НИКИЭТ – ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИЙ И ПОЧЕТНЫХ ЗВАНИЙ СССР И РФ, ОРДЕНОНОСЦЫ

ЛАУРЕАТЫ ЛЕНИНСКОЙ, СТАЛИНСКОЙ И ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРЕМИЙ СССР И РФ



**Доллежал
Николай Антонович**
лауреат Ленинской,
трех Сталинских и двух
Государственных премий
СССР, дважды Герой
Социалистического Труда



**Емельянов
Иван Яковлевич**
лауреат Ленинской, двух
Сталинских
и Государственной
премий СССР



**Деленс
Павел Антонович**
лауреат Ленинской и двух
Сталинских премий СССР



**Рылин
Василий Васильевич**
лауреат Ленинской и
Сталинской премий СССР



**Будкин
Юрий Михайлович**
лауреат Ленинской
и Государственной
премий СССР



**Шатская
Ольга Анатольевна**
лауреат Ленинской премии
СССР



**Орлов
Виктор Владимирович**
лауреат Ленинской и
Государственной премий
СССР



**Алшенков
Петр Иванович**
лауреат Сталинской и
Государственной премий
СССР



**Ален
Владимир Геннадьевич**
лауреат Государственной
премий СССР



**Арта́мкин
Вадим Николаевич**
лауреат Государственной
премии РФ



**Бары́бин
Владимир Иванович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Бо́ини
Анатолий Петрович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Бу́гаков
Пётр Иванович**
лауреат Сталинской премии
СССР



**Вазингер
Виктор Валентинович**
лауреат Сталинской премии
СССР



**Васильев
Альберт Петрович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Власов
Владислав Иванович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Га́вриллов
Владимир Николаевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Га́вриллов
Пётр Алексе́евич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Га́нев
Игорь Хри́стович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Го́нчар
Валерий Фёдорович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Доро́феев
Николай Павлович**
лауреат Государственной
премии РФ



**Его́ров
Юрий Алексе́андрович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Кни́зева
Галина Дми́триевна**
лауреат Государственной
премии СССР



**Ку́знецов
Сергей Петро́вич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Лу́шина
Людия Ива́новна**
лауреат Государственной
премии СССР



**Митсев
Юрий Иванович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Младов
Вадим Романович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Парфёнов
Борис Григорьевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Подлузов
Лев Николаевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Попов
Дмитрий Николаевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Постников
Виктор Викторович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Рогатных
Борис Иосифович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Романенко
Леонид Васильевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Сергеев
Михаил Петрович**
лауреат Сталинской премии
СССР



**Синицын
Евгений Николаевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Сироткин
Анисодий Петрович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Станиславский
Георгий Александрович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Третьяков
Сергей Яковлевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Уласевич
Владимир Кондратьевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Флоринский
Борис Васильевич**
лауреат Сталинской премии
СССР



**Хмельников
Владимир Васильевич**
лауреат Государственной
премии СССР



**Черкашов
Юрий Михайлович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Шаругин
Леонид Михайлович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Шишкин
Владимир Александрович**
лауреат Государственной
премии РФ



**Штин
Анатолий Павлович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Шубин
Владимир Иванович**
лауреат Государственной
премии СССР



**Шупалов
Виктор Александрович**
лауреат Государственной
премии СССР

ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР



**Абрамов
Михаил Иванович**



**Белоус
Владимир Никитич**



**Быков
Виктор Александрович**



**Герасимов
Валентин Владимирович**



**Громова
Алевтина Ивановна**



**Драгунов
Юрий Григорьевич**



Егоров
Михаил Иванович



Зеленов
Виктор Иванович



Клементьев
Юрий Николаевич



Князева
Галина Дмитриевна



Корниенко
Адольф Васильевич



Кузьмичёв
Юрий Степанович



Налесник
Вячеслав Михайлович



Полушкин
Константин Константинович



Попов
Александр Александрович



Ривкин
Евгений Юрьевич



Серебренников
Юрий Михайлович



Фатеев
Юрий Дмитриевич



Шаповалов
Рений Тихонович



Шатская
Ольга Анатольевна



Шувалов
Виктор Александрович

ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ



Балдин
Виктор Дмитриевич



Вовк
Сергей Мировиславович



Ильин
Алексей Михайлович



Мухин
Александр Васильевич



Орлов
Александр Николаевич



Пета
Владимир Николаевич



Преображенский
Владимир Викторович



Сизырев
Владислав Дмитриевич



Сметанников
Владимир Петрович



Смирнов
Валерий Сергеевич



Сытин
Вячеслав Георгиевич



Урывский
Владимир Иванович



Христов
Николай Александрович



Черкашов
Юрий Михайлович



Шевелев
Игорь Порфирьевич



Шидловский
Владимир Владиславович

ЛАУРЕАТЫ ПОЧЕТНЫХ ЗВАНИЙ СССР И РФ



Адамов
Евгений Олегович
*Заслуженный деятель науки
и техники РФ*



Ионайтис
Ромуальд Ромуальдович
*Заслуженный деятель
науки РФ*



Орлов
Виктор Владимирович
*Заслуженный деятель
науки РФ*



Алябовская
Наталья Дмитриевна
*Заслуженный
конструктор РФ*



Борисов
Владимир Васильевич
*Заслуженный
конструктор РФ*



Буробин
Виталий Семёнович
*Заслуженный
конструктор РФ*



Гладков
Олег Георгиевич
*Заслуженный
конструктор РФ*



Гроздов
Игорь Иванович
*Заслуженный
конструктор РФ*



Драгунов
Юрий Григорьевич
*Заслуженный
конструктор РФ*



Любютин
Евгений Васильевич
*Заслуженный
конструктор РФ*



**Михаил
Вадим Иванович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Пепа
Владимир Николаевич**
Заслуженный
конструктор РФ



**Петров
Анатолий Александрович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Петрочук
Константин Владимирович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Подушкин
Константин Константинович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Преображенский
Владимир Викторович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Сметаников
Владимир Петрович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Станиславский
Георгий Александрович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Цикунов
Владимир Сергеевич**
Заслуженный
конструктор РФ



**Черкашов
Юрий Михайлович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Шишкин
Владимир Александрович**
Заслуженный
конструктор РФ



**Онищенко
Станислав Васильевич**
Заслуженный
технолог РФ



**Габраев
Борис Арсентьевич**
Заслуженный
энергетик РФ



**Михайлов
Михаил Николаевич**
Заслуженный
энергетик РФ



**Никитин
Анатолий Васильевич**
Заслуженный
энергетик РФ



**Шпанский
Сергей Валериевич**
Заслуженный
энергетик РФ



**Палдин
Борис Матвеевич**
*Заслуженный
машиностроитель РФ*



**Гречко
Георгий Иванович**
*Заслуженный
изобретатель РФ*



**Галкина
Зинаида Васильевна**
*Заслуженный
экономист РФ*



**Уразов
Сабит Хамитович**
*Заслуженный
врач РФ*

ОРДЕНОНОСЦЫ

За успешное выполнение государственного задания по разработке ядерной энергетической установки для первой советской атомной подводной лодки коллектив НИКИЭТ награжден в 1959 г. орденом Ленина – наивысшей наградой СССР.

Многие работники НИКИЭТ также удостоены государственных наград за большой вклад в достижения коллектива института.

Также следует отметить, что еще до недавнего времени в рядах никизтовцев успешно трудились участники Великой Отечественной войны, а на данный момент в институте работают бывшие воины-интернационалисты и участники боевых действий на территории РФ.

Они ковали оборонную и энергетическую мощь Родины (кавалеры трудовых орденов СССР и РФ)

Трудовые достижения никизтовцев отмечены государственными наградами: орденами награждены 237 чел., медалями – 1252 чел., медалями ВДНХ – 313 чел. В том числе за большой вклад в развитие атомной промышленности сотрудники НИКИЭТ удостоены следующих наград.

Орден Ленина и золотая медаль «Серп и Молот»

1. Доллежал Николай Антонович (1949, 1984)

Орден Ленина

1. Доллежал Николай Антонович (1956, 1959, 1969)
2. Аксенова Вера Николаевна
3. Алешенков Петр Иванович
4. Булкин Юрий Михайлович
5. Гусев Василий Федорович
6. Деленс Павел Антонович (1949, 1963)
7. Емельянов Иван Яковлевич (1970, 1983)
8. Звонарев Василий Африкантович



9. Зимин Георгий Васильевич
10. Крылова Вера Ивановна
11. Станиславский Георгий Александрович
12. Шатская Ольга Анатольевна

Орден Октябрьской Революции

1. Доллежалъ Николай Антонович
2. Веселов Герман Михайлович
3. Гаврилов Петр Алексеевич
4. Гартвиг Василий Андреевич
5. Емельянов Иван Яковлевич
6. Жирнов Алексей Данилович
7. Маслов Георгий Евгеньевич
8. Ручьев Вячеслав Иванович

Орден Трудового Красного Знамени

1. Доллежалъ Николай Антонович
2. Алещенков Петр Иванович
3. Баев Феодосий Федорович
4. Батов Иван Андреевич
5. Булкин Александр Леонидович
6. Булкин Юрий Михайлович
7. Вазингер Виктор Валентинович
8. Веселкин Анатолий Петрович
9. Веселов Герман Михайлович
10. Волков Евгений Никандрович
11. Гаврилов Петр Алексеевич
12. Горячев Николай Иванович
13. Гроздов Игорь Иванович
14. Гуров Николай Павлович
15. Гусев Николай Иванович
16. Донец Виктор Иванович
17. Дорофеев Николай Павлович (1959, 1981)
18. Емельянов Иван Яковлевич
19. Емельянов Степан Ильич
20. Ершов Владимир Николаевич
21. Жирнов Алексей Данилович
22. Законнов Николай Борисович
23. Зеленев Виктор Иванович
24. Клементьев Юрий Николаевич
25. Кныш Петр Алексеевич
26. Константинов Леонард Васильевич
27. Коровянский Игорь Григорьевич
28. Кузьмичева Нина Максимовна
29. Лебедев Виктор Андрианович
30. Мазокин Василий Александрович

31. Максюков Сергей Андреевич
32. Малицкий Николай Николаевич
33. Маряхина Наталия Ивановна
34. Маслов Георгий Евгеньевич
35. Мачичев Валентин Иванович
36. Мешков Игорь Константинович
37. Михан Вадим Иванович
38. Найденышев Александр Алексеевич
39. Никитин Александр Николаевич
40. Одинокое Евгений Георгиевич
41. Орлов Виктор Владимирович
42. Папковский Борис Петрович
43. Патрушева Валентина Васильевна
44. Петухов Евгений Сергеевич
45. Полушкин Константин Константинович (1975, 1985)
46. Потапова Валерия Павловна
47. Пушкарев Вячеслав Игоревич
48. Ренов Евгений Петрович
49. Рылин Василий Васильевич
50. Сергеев Михаил Петрович (1949, 1959)
51. Соколов Юрий Васильевич
52. Станиславский Георгий Александрович
53. Старостин Евгений Алексеевич (1977, 1986)
54. Степанов Евгений Константинович
55. Филиппов Аркадий Григорьевич
56. Флоринский Борис Васильевич
57. Черкашов Юрий Михайлович
58. Шатская Ольга Анатольевна
59. Шевелев Герман Николаевич

Орден Дружбы народов

1. Веселов Константин Петрович
2. Дмитриев Владимир Сергеевич
3. Местергази Май Михайлович
4. Михайлов Михаил Николаевич
5. Петров Юрий Григорьевич
6. Пирогов Василий Егорович
7. Поликарпова Алла Николаевна
8. Преображенский Владимир Викторович
9. Фролов Николай Дмитриевич

Орден Красной Звезды

1. Доллежал Николай Антонович
2. Суроегина Мария Ивановна
3. Топилин Виктор Сергеевич
4. Урывский Владимир Иванович
5. Фомичев Михаил Степанович



Орден «Знак Почета»

1. Адамов Евгений Олегович
2. Аден Владимир Геннадьевич
3. Алексеев Николай Михайлович
4. Алещенков Петр Иванович
5. Алявдин Геннадий Руфович
6. Андреев Владимир Александрович
7. Балтин Виктор Георгиевич
8. Барабанов Анатолий Михайлович
9. Безруков Геннадий Иванович
10. Бодригин Михаил Петрович
11. Болтинский Владимир Николаевич
12. Брежнев Алексей Романович
13. Вазингер Виктор Валентинович
14. Василевский Вячеслав Петрович
15. Васильев Альберт Петрович
16. Веселкин Анатолий Петрович
17. Волков Владимир Михайлович
18. Глазкова Таиса Александровна
19. Гранков Александр Павлович
20. Гребенников Роман Васильевич
21. Громова Алевтина Ивановна
22. Губарев Леонид Иванович
23. Гурьев Вадим Вениаминович
24. Егоров Михаил Иванович
25. Ефанов Альберт Иванович
26. Жигульский Алексей Васильевич
27. Зиновьев Алексей Дмитриевич
28. Иванов Александр Петрович
29. Ионкин Борис Андреевич
30. Карпова Валентина Николаевна
31. Князева Галина Дмитриевна
32. Колганов Анатолий Михайлович
33. Колесников Юрий Иванович
34. Конюхов Николай Гаврилович
35. Корниенко Адольф Васильевич
36. Корякин Юрий Иванович
37. Кравченко Сергей Алексеевич
38. Лукьянова Ольга Васильевна
39. Лысиков Борис Васильевич
40. Мамочкина Зинаида Викторовна
41. Мачичев Валентин Иванович
42. Можаров Евгений Васильевич
43. Моргунов Николай Георгиевич
44. Найденышев Александр Алексеевич
45. Носков Юрий Петрович

46. Орлов Виктор Владимирович
47. Перемышцев Василий Дмитриевич
48. Перфилов Евгений Иванович
49. Петров Анатолий Александрович
50. Полушкин Константин Константинович
51. Попов Дмитрий Николаевич
52. Потапова Валерия Павловна
53. Пржевальский Вячеслав Эдуардович
54. Рогатных Борис Иосифович (1963, 1966)
55. Сазонов Борис Михайлович
56. Семенчук Владимир Владимирович
57. Семин Эрик Трофимович
58. Стенбок Игорь Александрович
59. Стюпан Тимофей Никитович
60. Суроегин Валентин Александрович
61. Тищенко Станислав Петрович
62. Тужилов Евгений Дмитриевич
63. Уласевич Владилен Кондратьевич
64. Филиппов Аркадий Григорьевич
65. Флоринский Борис Васильевич
66. Хайсанов Юрий Васильевич
67. Хандамиров Юрий Эдуардович
68. Черкашов Юрий Михайлович
69. Шубин Владимир Иванович
70. Щипакин Олег Львович
71. Юхименко Иван Остапович

Орден Трудовой Славы II степени

1. Лихачев Анатолий Иванович
2. Цыгаркин Владимир Семенович

Орден Трудовой Славы III степени

1. Басенков Михаил Владимирович
2. Батраков Павел Миронович
3. Баулин Сергей Федорович
4. Беликов Владимир Семенович
5. Буданцов Владимир Ильич
6. Бурмистров Юрий Тимофеевич
7. Горбачев Игорь Николаевич
8. Гусев Вячеслав Иванович
9. Дроздов Вячеслав Михайлович
10. Жуков Николай Николаевич
11. Звонарев Василий Африкантович
12. Иванов Юрий Ефимович
13. Канатников Павел Дмитриевич
14. Козуленкова Ника Матвеевна



15. Копотков Борис Алексеевич
16. Корнильцев Владимир Викторович
17. Кудряшов Александр Михайлович
18. Лесков Анатолий Васильевич
19. Лисицын Роберт Яковлевич
20. Лихачев Анатолий Иванович
21. Лихачев Борис Иванович
22. Логунов Вячеслав Иванович
23. Малахов Анатолий Михайлович
24. Мартыанов Михаил Иванович
25. Мачичев Валентин Иванович
26. Ренов Евгений Петрович
27. Румянцев Геннадий Владимирович (1975, 1985)
28. Фурин Михаил Иванович
29. Цыгаркин Владимир Семенович
30. Яговитин Павел Иванович

Орден «За заслуги перед Отечеством» II степени

1. Доллежалъ Николай Антонович

Орден Почета

1. Аден Владимир Геннадьевич
2. Драгунов Юрий Григорьевич
3. Ершов Владимир Николаевич
4. Корякин Юрий Иванович
5. Нетеча Михаил Евгеньевич
6. Онищенко Станислав Васильевич
7. Подлазов Лев Николаевич
8. Потапов Александр Александрович
9. Уразов Сабит Хамитович
10. Урывский Владимир Иванович
11. Черепнин Юрий Семенович
12. Шишкин Владимир Александрович

Орден Дружбы

1. Василевский Вячеслав Петрович
2. Нетеча Михаил Евгеньевич
3. Стенбок Игорь Александрович
4. Сытин Вячеслав Георгиевич

Орден Мужества

1. Бурдейко Виктор Иванович
2. Миронов Александр Иванович
3. Павленко Александр Павлович
4. Перепеченов Василий Яковлевич
5. Полушкин Константин Константинович

6. Топилин Виктор Сергеевич
7. Урывский Владимир Иванович

Орден «За военные заслуги»

1. Гонцарюк Николай Иванович
2. Нарышкин Николай Борисович

Орден «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР»

1. Миронов Александр Иванович
2. Уразов Сабит Хамитович
3. Урывский Владимир Иванович

Медаль ордена «За заслуги перед Отечеством»

1. Нарышкин Николай Борисович
2. Перепеченов Василий Яковлевич

Медаль «За боевые заслуги»

1. Перепеченов Василий Яковлевич

Медаль «За отвагу»

1. Нарышкин Николай Борисович

Медаль Суворова

1. Голиков Николай Александрович
2. Зверев Геннадий Николаевич
3. Ознобишин Сергей Тихонович

Они защищали Родину (участники Великой Отечественной войны, воины-интернационалисты, защитники конституционных прав советских граждан на территории СССР)

В коллективе НИКИЭТ за прошедшие годы трудилось более двухсот участников Великой Отечественной войны, многие из которых вернулись к мирной жизни с боевыми наградами и офицерскими званиями. За воинские подвиги полковник Калущкий Николай Васильевич удостоен звания Героя Советского Союза.

Участники Великой Отечественной войны

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Авдеев Александр Дмитриевич | 11. Баранов Михаил Алексеевич |
| 2. Агафонов Иван Федотович | 12. Баранов Иван Павлович |
| 3. Алешин Павел Матвеевич | 13. Баруздин Михаил Иосифович |
| 4. Алешенков Петр Иванович | 14. Белов Николай Васильевич |
| 5. Аржанцев Иван Гаврилович | 15. Белов Константин Григорьевич |
| 6. Архипов Василий Макарович | 16. Благих Василий Федорович |
| 7. Алябьев Александр Степанович | 17. Бовин Павел Петрович |
| 8. Артамонов Василий Сергеевич | 18. Богданов Федор Федорович |
| 9. Балабанов Василий Владимирович | 19. Большаков Алексей Максимович |
| 10. Баранов Виктор Алексеевич | 20. Брежнев Алексей Романович |



21. Брусницына Александра Ивановна
22. Букарев Анатолий Викторович
23. Бучилин Анатолий Семенович
24. Бычков Иван Федорович
25. Быков Владимир Дмитриевич
26. Васильев Николай Сергеевич
27. Василенко Илья Григорьевич
28. Варяник Михаил Леонтьевич
29. Верещагин Василий Михайлович
30. Вершинин Валерий Федорович
31. Версткин Илья Петрович
32. Веселов Герман Михайлович
33. Веселкин Анатолий Петрович
34. Ветюков Валентин Николаевич
35. Виноградов Владимир Владимирович
36. Вишневский Александр Иванович
37. Воронцов Николай Александрович
38. Воробьев Валентин Матвеевич
39. Гаврилин Владимир Иванович
40. Гаврилов Петр Алексеевич
41. Гайдар Иван Иванович
42. Герасимов Валентин Владимирович
43. Гончарук Никита Исакович
44. Горский Николай Александрович
45. Горынкин Михаил Борисович
46. Горшкова Анна Алексеевна
47. Горюхов Николай Григорьевич
48. Горячев Владимир Михайлович
49. Гостищев Александр Иванович
50. Градюшко Георгий Леонидович
51. Гренков Леонид Васильевич
52. Грибков Владимир Александрович
53. Григорьев Иван Федорович
54. Громов Сергей Никифорович
55. Губарик Марк Степанович
56. Гудков Василий Дмитриевич
57. Гуров Николай Павлович
58. Гурович Владимир Яковлевич
59. Гусев Николай Иванович
60. Гуськов Олег Михайлович
61. Давыдов Иван Михайлович
62. Демидов Петр Иванович
63. Дробилин Алексей Елисеевич
64. Дробышев Виктор Анатольевич
65. Дрягин Николай Федорович
66. Егоров Н. М.
67. Егорычев Петр Феокистович
68. Емельянов Иван Яковлевич
69. Емельянов Степан Ильич
70. Еращенко Никита Никифорович
71. Ефремова Любовь Федоровна
72. Езов Петр Матвеевич
73. Желаннова Мария Ивановна
74. Жирнов Алексей Данилович
75. Жужикова Лидия Сергеевна
76. Заграчев Николай Иванович
77. Затравкин Савелий Мартыанович
78. Зайцев Николай Георгиевич
79. Зверев Виктор Константинович
80. Земцев Николай Александрович
81. Зуев Юрий Андреевич
82. Зыков Иван Иванович
83. Иванов Юрий Ефимович
84. Иконников Евгений Иванович
85. Ильин Борис Степанович
86. Исаев Сергей Сергеевич
87. Ипатов Иван Васильевич
88. Исаков Василий Михайлович
89. Ищук В. А.
90. Кадин Федор Петрович
91. Казачков Григорий Васильевич
92. Казаков Виктор Семенович
93. Калущкий Николай Васильевич
94. Кац Борис Евелевич
95. Кашинский Иван Илларионович
96. Кирсанов Михаил Сергеевич
97. Клещев Леонид Андреевич
98. Клещевников Константин Павлович
99. Климова Мария Даниловна
100. Климов Валентин Георгиевич
101. Кознов Владимир Васильевич
102. Кондратьев Глеб Михайлович
103. Кострикина Капитолина Дмитриевна
104. Корякин Юрий Иванович
104. Кочетов Борис Иванович
106. Кочетков Сергей Васильевич
107. Краснов Дмитрий Михайлович
108. Круглов Андрей Леонидович
109. Крылов Николай Александрович
110. Кувшинников Виктор Тихонович
111. Кузнецов Анатолий Александрович
112. Кузнецов Анатолий Афанасьевич
113. Кузнецов Николай Григорьевич
114. Кузьмичев Юрий Степанович
115. Кулагин Владимир Алексеевич
116. Лабушкин Алексей Андриянович

117. Лапин Борис Федорович
118. Лапин Владимир Сергеевич
119. Лапшин Николай Иванович
120. Левин Владимир Федорович
121. Лемиш Яков Филиппович
122. Литваков Владимир Львович
123. Ломакин Николай Федотович
124. Луговой Михаил Михайлович
125. Любимов Василий Андреевич
126. Люзенков Иван Максимович
127. Маджуга Ангелина Федоровна
128. Малахова Валентина Лукьяновна
129. Малышев Сергей Алексеевич
130. Макаренко Леонид Сергеевич
131. Маркович Сергей Михайлович
132. Массальский Владимир Николаевич
133. Матаркин Федор Сергеевич
134. Машонкин Иван Павлович
135. Местергази Май Михайлович
136. Минаев Алексей Иванович
137. Митрофанов Валентин Митрофанович
138. Митрофанов Николай Прохорович
139. Морозов Иван Андреевич
140. Музыка Нина Дмитриевна
141. Мурашов Василий Иванович
142. Наумов Юрий Иванович
143. Нестеренко Глеб Федорович
144. Никифоров Александр Александрович
145. Никифоров Валентин Иванович
146. Никифоров Николай Иванович
147. Недорезов Николай Васильевич
148. Николенко Нина Яковлевна
149. Николаев Валентин Алексеевич
150. Новиков Анатолий Васильевич
151. Олехно Эдуард Казимирович
152. Озерский Вадим Васильевич
153. Орлов Виктор Владимирович
154. Ощехин Иван Александрович
155. Пагур Константин Данилович
156. Патрушев Аркадий Андреевич
157. Пахомов Иван Николаевич
158. Перевезенцев Сергей Николаевич
159. Петров Константин Петрович
160. Петухов Сергей Васильевич
161. Поветников Анатолий Григорьевич
162. Полев Сергей Николаевич
163. Полетаев Михаил Георгиевич
164. Полилов Иван Иванович
165. Полуниин Иван Степанович
166. Потапов Алексей Сергеевич
167. Проволович Александр Алексеевич
168. Просянов Владимир Илларионович
169. Ранжин Александр Николаевич
170. Родин Иван Кондратьевич
171. Ружинский Виктор Игнатьевич
172. Ручьев Вячеслав Иванович
173. Рязанцев Евгений Кузьмич
174. Салтыков Александр Иванович
175. Самошин Сергей Иванович
176. Самсонов Алексей Иванович
177. Санталов Лев Арсеньевич
178. Светозерский Андрей Андреевич
179. Сергеев Георгий Семенович
180. Седов Михаил Григорьевич
181. Селезнев Алексей Васильевич
182. Семенов Владимир Алексеевич
183. Симаков Сергей Александрович
184. Синельников Василий Иванович
185. Скворцов Михаил Николаевич
186. Скуратов Иван Игнатьевич
187. Смиренкина Софья Ардалионовна
188. Смирнов Алексей Семенович
189. Соколов Евгений Дмитриевич
190. Соловьев Андрей Иванович
191. Соловьев Виталий Михайлович
192. Соловьев Николай Иванович
193. Сорокин Борис Григорьевич
194. Старкова Нина Васильевна
195. Староверов Николай Сергеевич
196. Староверова Зинаида Ивановна
197. Страхов Владимир Иванович
198. Стригулин Митрофан Митрофанович
199. Ступаев Яков Трифонович
200. Стюпан Тимофей Никитович
201. Суроегин Валентин Александрович
202. Суроегина Мария Ивановна
203. Терехов Михаил Алексеевич
204. Терехов Алексей Петрович
205. Тихонов Николай Александрович
206. Толоконников Иван Андреевич
207. Тумин Николай Дмитриевич
208. Тюндеров Николай Ефимович
209. Уласевич Виктор Петрович
210. Усачев Виктор Петрович
211. Федин Дмитрий Фролович
212. Феоктистов Николай Иванович



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 213. Филатов Василий Гаврилович | 227. Чудновец Александра Ивановна |
| 214. Филатов Юрий Петрович | 228. Чурляев Алексей Павлович |
| 215. Филиппов Николай Дмитриевич | 229. Шамалов Олег Евгеньевич |
| 216. Филяков Иван Сергеевич | 230. Шамонов Юрий Петрович |
| 217. Фомичев Михаил Степанович | 231. Шарымов Юрий Павлович |
| 218. Фурин Михаил Иванович | 232. Шубкина Елена Андреевна |
| 219. Харламов Василий Никитович | 233. Щеглов Яков Андреевич |
| 220. Хоменко Иосиф Ефимович | 234. Щербухина Каролина Егоровна |
| 221. Храмцов Александр Иванович | 235. Юрасов Леонид Федорович |
| 222. Хрястов Николай Александрович | 236. Юрасов Иван Сергеевич |
| 223. Цибизов Михаил Иванович | 237. Юсов Сергей Павлович |
| 224. Черняков Иван Александрович | 238. Юхименко Иван Остапович |
| 225. Честноков Иван Сергеевич | 239. Якушев Георгий Кириллович |
| 226. Чистова Вера Яковлевна | 240. Якубов Хасан |

Ряд работников НИКИЭТ при прохождении воинской службы отстаивали интересы нашей Родины, принимая участие в боевых действиях на территории России и за ее пределами. В настоящее время они успешно вносят свой вклад в решение задач, поставленных перед институтом.

Воины-интернационалисты, защитники конституционных прав советских граждан на территории СССР

1. Батьков Андрей Сергеевич
2. Бурдейко Виктор Иванович
3. Голиков Николай Александрович
4. Дронов Дмитрий Львович
5. Зверев Геннадий Николаевич
6. Лохматиков Алексей Кузьмич
7. Макаров Сергей Александрович
8. Ознобишин Сергей Тихонович
9. Осипов Сергей Львович

ВПЕРЕДИ ВЕКА

Ордена Ленина Научно-исследовательскому
и конструкторскому институту энерготехники
имени Н.А. Доллежала (НИИ-8 – НИКИЭТ) 60 лет

Под общей редакцией члена-корреспондента РАН Ю.Г. Драгунова

Ответственные за выпуск: *Е.А. Карандина, Б.А. Габараев*

Редакционная подготовка: *Е.Д. Ряхина, Е.М. Филатова*

Технический редактор: *А.А. Жиганин*

Компьютерная верстка: *А.А. Куликов, Т.В. Жиганишина, А.Ю. Корженкова*

Художники: *И.С. Веретенникова, В.В. Додонова*

Фоторедакторы: *Е.А. Комарова, О.А. Бурмистрова, В.А. Абросимов*

ISBN 978-5-98706-062-9



Подп. в печать 31.08.2012

Формат 70×100^{1/16}

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печ. л. 29,0.

Тираж 2500 экз.

Заказ № 12042

Изд-во ОАО «НИКИЭТ», 101000, Москва, а/я 788

Контактный телефон: (499) 763-02-63

Отпечатано в типографии ООО «Издательство «Авторская книга»

www.printmoscow.ru, тел.: 782-59-82
