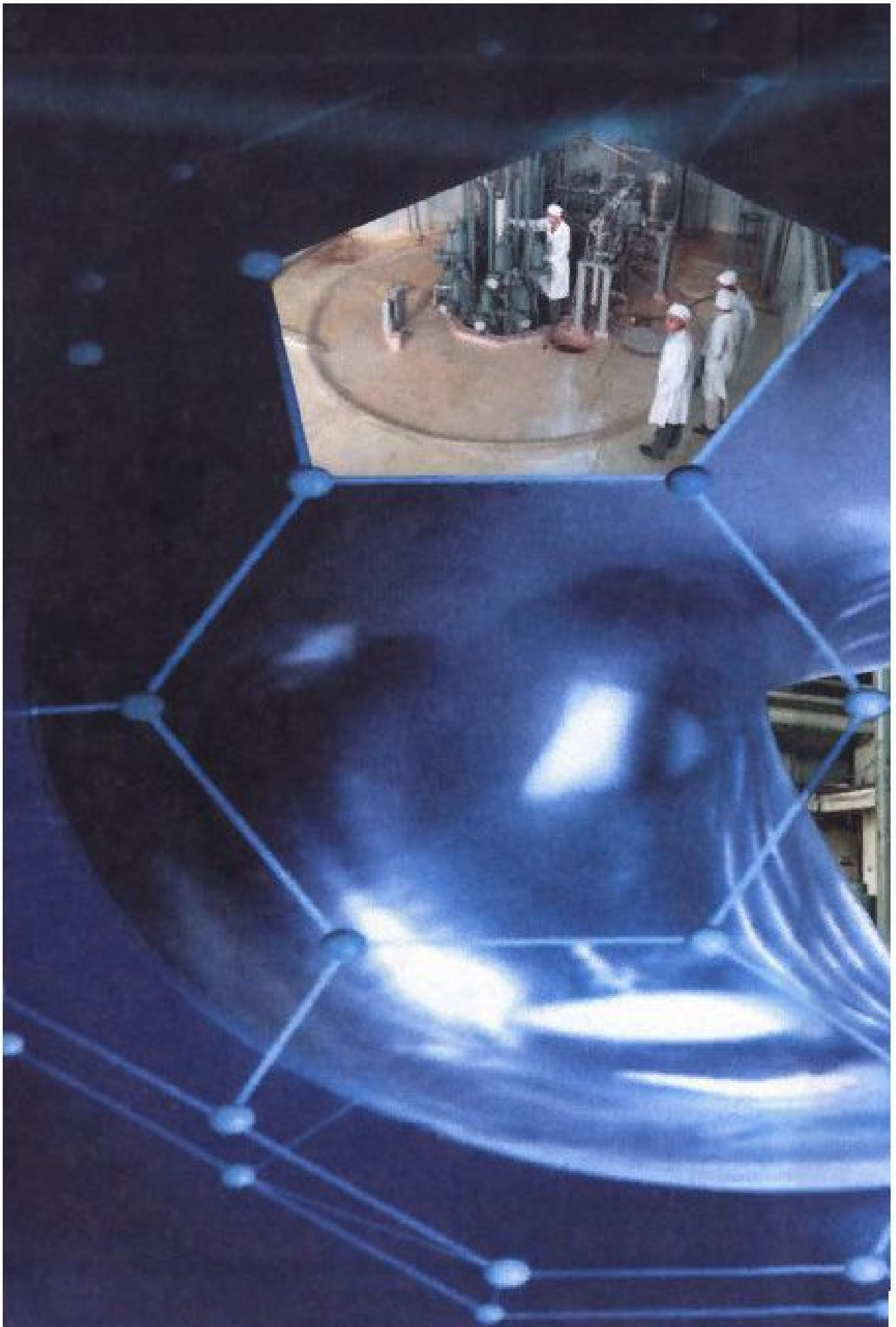


НПО  
• ЛУЧ •



ДЕЛА И ЛЮДИ





Минсредмаш – Минатом России

НПО  
• ЛУЧ •  
ДЕЛА И ЛЮДИ  
*История и судьбы*



Подольск НИИ НПО «Луч»  
2004

ББК 31.4(2Рос)84  
Н60

#### **Редакционная коллегия**

Главный редактор — чл.-корр. РАН, проф. И.И. Федик  
зам. главного редактора — проф. А. Г. Ланин  
ктн Л.А. Ижванов  
А. М. Казаков  
ктн Е.М. Ракитская  
Э.М. Чижова  
В.В. Чипкунов

#### **Авторский коллектив:**

ктн **А.П. Белоусенко**, ктн В.В. Глаголев, ктн Л.А. Ижванов, А.М. Казаков,  
ктн И.А. Каретников, проф. В.С. Колесов, ктн И.В. Колупаев, ктн В.В. Косухин,  
дтн Ю.М. Королев, ктн В.Г. Косых, проф. А.Г. Ланин, С.В. Леонов,  
ктн Р.А. Лютиков, В.И. Митрофанов, Л.В. Мирошкин, ктн Н.Я. Паршин,  
дтн Л.Н. Пермяков, ктн Е.М. Ракитская, проф. П.П. Олейников, проф. И.И. Федик,  
ктн А.С. Черников, Э.М. Чижова, ктн А.А. Ястребков.

#### **Редколлегия выражает признательность за предоставленные материалы для написания книги:**

проф. С.В. Алексееву, проф. Р.А. Андриевскому, проф. А.А. Бабад-Захряпину,  
ктн Г.И. Бабаянцу, Э.С. Барянцева, ктн Л.Э. Бертиной, Н.Л. Васильевой,  
дтн Н.М. Власову, ктн В.И. Выбыванцу, ктн А.С. Гонтарю, В.Л. Гординскому,  
ктн В.Д. Дарагану, ктн И.Д. Дарагану, ктн В.П. Денискину, дтн Е.К. Дьякову,  
дтн В.А. Зайцеву, дтн В.П. Исакову, Г.М. Кухаренко, ктн Я.Р. Кучерову,  
ктн Л.Е. Ластовецкому, проф. Ю.В. Николаеву, дтн Х.И. Макееву, П.П. Мизину,  
И.А. Могильному, кфмн В.И. Наливаеву, ктн И.Б. Савватимовой, И.М. Семенову,  
ктн В.Н. Стецкоку, ктн А.Р. Хенвену, В.Н. Хромьлеву, Л.Д. Червякову,  
проф. О.И. Шанину, ктн З.А. Шокиной, Р.Б. Штралениной, О.Н. Филатову,  
В.Е. Эрсту, ктн **В.Я. Якубову**

**НИИ НПО «Луч». Дела и люди. — М.: Типография «Новости», 2004. — 456 с.**

В книге, в доступной для читателя форме, в историческом аспекте впервые освещены основные направления деятельности и достижения коллектива одного из ведущих предприятий в области атомной энергетики страны — ФГУП НИИ НПО «Луч».

ББК 31.4(2Рос)84

ISBN 5-88149-170-X

© НИИ НПО «Луч», 2003

*История — сокровищница наших деяний,  
свидетельница прошлого, пример  
и поучение для настоящего,  
предостережение для будущего.*

*М. Сервантес*

*У всякой эпохи свои задачи, и их решение  
обеспечивает прогресс человечества.*

*Генрих Гейне*

---

## Уважаемые читатели!



*В предлагаемой вашему вниманию книге представлена история научно-исследовательского института «Научно-производственное объединение «Луч» Министерства Российской Федерации по атомной энергии. Объединения, сочетавшего в едином комплексе институт высокого научного и инженерного потенциала, опытное производство и крупную экспериментальную базу с атомными установками на Семипалатинском полигоне в Казахстане.*

*Объединение НПО «Луч» явилось уникальным комплексом современных технологий на основе высокотемпературных материалов. Здесь впервые в СССР были созданы и испытаны реакторы для ядерно-ракетных двигателей, предложены и реализованы установки для термоэмиссионного преобразования ядерной энергии в электрическую, создана технологическая цепочка изготовления металлооптики для мощных лазерных установок. Разработаны технологии ядерных и высокотемпературных материалов для нужд оборонной, атомной, электронной и других отраслей промышленности России и для партнеров-потребителей в странах Европы, Америки и Азии. Многие разработки Института получили международное признание по итогам его участия в международных конференциях, симпозиумах, выставках и были отмечены множеством дипломов и свидетельств. В Объединении выросла плеяда ученых, защитивших более 30 докторских и 200 кандидатских диссертаций. Ряд сотрудников стали лауреатами Государственных премий СССР и премий Правительства, заслуженными деятелями науки и техники, заслуженными изобретателями, заслуженными технологами, конструкторами, энергетиками России.*

*Наше Объединение существует более сорока лет, и мысль о том, что скоро окончательно уйдет поколение основателей, и молодые ученые, приходя в Институт, не будут знать, что же делалось в этих стенах до них — эта мысль не давала покоя, поэтому логичной казалась идея написания книги общих воспоминаний о делах минувших дней, о людях, вершивших эти дела — книги, написанной коллективом авторов.*

---

*Членами редколлегии стали люди, проработавшие в Институте долгие годы. Они собрали воспоминания сотрудников и материалы архивов воедино, и я считаю, что эта книга будет интересна и тем, благодаря труду которых стало возможным ее создание, и тем, кто сейчас продолжает научный и инженерный поиск в стенах нашего Института.*

Генеральный директор НИИ НПО «Луч»,  
член-корреспондент РАН *И.И. Федик*

### *Дорогие коллеги!*

*Российскому атомному проекту уже более полувека, его же подольская составляющая — моложе, но не намного. В научном смысле этот срок вобрал в себя труд трех поколений: пионеров-зачинателей, соратников-последователей и нынешних продолжателей научно-технической эстафеты. Судьба мне благоволила, я стал свидетелем, а в пределах моих научных интересов и прямым участником атомного проекта с первых лет его зарождения. Поэтому научное возмужание и восхождение НИИ НПО «Луч» (беру его последнее наименование) проходило на моих глазах, и я знаком с ним не понаслышке.*



*Выход в свет этой книги — своеобразный отчет о труде многотысячного коллектива, это, можно сказать, — момент истины, в котором отразились не только победы, но и самый путь к ним, который был долог и тернист. Мгновенные озарения и открытия, ошибки и заблуждения, настойчивое устремление к правильно обозначенной цели, интуиция и строгий анализ — все это, взаимодействуя и дополняя друг друга, дало замечательные результаты. Фундаментальные и прикладные работы в области материаловедения и преобразования видов энергии, молекулярной физики и создания принципиально новых материалов, теоретические оценки и ма-*

---

*тематическое обеспечение впервые разрабатываемых ядерных установок, конструкцией металлооптики и многое, многое другое — перечисление стало бы слишком длинным — говорят о научном разнообразии и возможностях НПО «Луч». При этом следует помнить, что главное в таком широком научно-технологическом профиле Института заложено его руководителями — М.В. Якутовичем, И.Г. Гвердцители, В.Ф. Гордеевым, И.И. Федиком. Физики по образованию и призванию, они определили основную перспективу Института, заключающуюся в том, что развитие высоких технологий зиждется на неперемных опережающих успехах исследований основ физических процессов. Так в жизни превосходно реализовался дружеский союз теории и практики.*

*Подольчане могут гордиться земляками, а администрация города — испытывать заслуженное удовлетворение от того, что ее внимание к науке и поддержка «своего» института были ненепрасными.*

*Между тем «Луч» известен не только в родном городе, с ним плодотворно сотрудничают многочисленные научные центры, производственные организации и фирмы как России, так и зарубежных стран. Коллективу института и, в частности, его руководству, несомненно, следует поставить в заслугу стойкое и находчивое противостояние такому на первых порах негативному для нашей науки фактору, как резкое изменение социально-экономического устройства страны. Однако коллектив уже не только выживает, он — теперь об этом можно говорить определенно — живет, полон дерзких планов и энергии. Возможно, грядут новые испытания, на пути встретится еще не один крутой поворот судьбы, а я желаю всем научным сотрудникам «Луча», как и сотрудникам его вспомогательных служб, уверенного научного будущего — они его достойны, и оно им по плечу.*

Академик РАН *В.И. Субботин*

## Уважаемые читатели!

*Вам предстоит прочесть интересную и во многом поучительную историю предприятия, созданного в Подольске в самом начале 60-х годов XX столетия и затем ставшего одним из ведущих научно-исследовательских институтов атомной отрасли страны.*

*Большинству подольчан более привычно его прежнее наименование, выраженное аббревиатурой ПНИТИ, в которой присутствует и привязка к названию города, и указание на технологический профиль ранее безликого «почтового ящика». А вот чем пришлось заниматься созданному коллективу, яснее становится только сейчас.*

*За короткое время около железнодорожной станции вырос научный комплекс, в котором трудились ученые, создавшие ряд уникальных производств для реализации на практике новейших научных идей. Для простого подольчанина более осязаемым было появление современных высоток (в районе нынешнего Центрального рынка, в начале Октябрьского проспекта, по Зеленовской улице, у городского парка), которые вместе с прилегающими микрорайонами во многом изменили архитектурный облик города. Всего же Институт построил в городе около 200 000 м<sup>2</sup> жилья, 2 школы, 4 детских сада и ясли, принял большое участие в благоустройстве территории, строительстве объектов технического и социально-культурного назначения. Ныне НПО «Луч» — это крупный научный центр, коллектив которого вносит зримые черты в интеллектуальное лицо Подольска, и горожане благодарны своему детищу за его добрые дела.*

*Особую ценность этой книге придает то, что все ее разделы написаны непосредственно участниками событий. К ней, конечно, проявят интерес и наши ветераны, их родные и близкие. И особенно хочется, чтобы с ней познакомились школьники и студенческая молодежь, ведь именно им предстоит выше поднять планку отечественной науки и тем прославить свой город.*



Глава администрации г. Подольска **А.В. Никулин**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

В августе 1960 г. Министерство Среднего Машиностроения СССР, имея ввиду задачи по дальнейшему развитию фундаментальных и прикладных исследований в перспективных направлениях атомной науки и техники, приняло решение о создании в Подольске Научно-исследовательского института тепловыделяющих элементов — НИИТВЭЛ с опытным заводом. В задачи вновь созданного комплекса входили разработки высокотемпературных твэлов реакторных установок и технологий жаропрочных материалов. Впоследствии в процессе развития и структурных преобразований институт именовался по-разному: НИИТВЭЛ, ПНИТИ, НПО «Луч», ГосНИИ НПО «Луч», ФГУП НИИ НПО «Луч».

В 1962 г. директором института был назначен доктор физико-математических наук, профессор М.В. Якутович, чьи заслуги в области создания технологии получения высокообогащенного урана и его промышленного производства были отмечены Ленинской (1958 г.) и двумя Государственными (1951, 1954 гг.) премиями СССР. В последующие годы институтом руководили такие яркие личности, как доктор физико-математических наук, член-корреспондент АН Грузинской ССР И.Г. Гвердцители; доктор технических наук, лауреат Ленинской (1960 г.) и Государственной (1953 г.) премии СССР В.Ф. Гордеев. Сегодня их дело продолжает И.И. Федик, выросший в коллективе института с должности научного сотрудника до Генерального директора, доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента РАН, заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации, лауреата Государственной премии СССР (1980 г.).

К середине 60-х годов было построено более 11 тысяч квадратных метров производственных помещений, оснащенных новыми специально разработанными технологическими установками и исследовательскими приборами. Началось строительство экспериментальной базы на Семипалатинском ядерном полигоне для испытания (ЯРД). Численность инженерно-технических сотрудников всего Объединения на конец 80-х годов составляла 6500 человек.

Конверсия науки и промышленности в стране привела к существенной перестройке структуры и деятельности Объединения. Опытный завод выбыл из состава НПО, а Семипалатинский полигон оказался за рубежом в Казахстане, что сказалось на объеме финансирования и характере проводимых исследований. В 1998 г. в состав Объединения вошли дочерние предприятия — НТЦ «Теплоэнерготехника» и НТЦ «Водород», объединенные в 2000 г. в Протвинский филиал, занимающийся созданием измерительных приборов для реакторов АЭС, а также проблемами водородной энергетики. Институт по-прежнему обладает высокими научным и инженерно-техническим потенциалами, уникальными по характеру решаемых проблем и комплексности подхода к их решению.

История Подольского Опытного Завода, на базе которого началось становление Института, были описаны в книге Л.А. Ижванова «Очерки истории Подольского Опытного Завода до 60-х годов» (Подольск, 1998 г.). История Объединения до начала 90-х годов XX столетия прослежена в книге Ю.В. Козловского «Марсианские и земные тайны «Луча» (Москва, 1996 г.). Настоящая книга отражает деятельность коллектива Объединения за период 1962—2002 гг.



## ЭТАПЫ ОРГАНИЗАЦИИ, СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА

---

Во второй половине 50-х годов XX столетия темпы и достигнутый научно-технический уровень проводимых в стране работ в области атомной энергетики заложили объективные предпосылки для создания принципиально новых видов стационарных и ядерных энергетических реакторов и установок, в том числе для космических целей, таких как ядерные ракетные двигатели, высоконапряженные малогабаритные преобразователи ядерной энергии в электрическую, энергетические реакторы повышенной безопасности и др.

Поскольку успех эксплуатации (использования) указанных выше объектов во многом определяется надежностью работы в течение заданного ресурса (срока службы) «сердца» реактора — его тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ), особое значение приобрели задачи разработки и реализации нового поколения высокотехнологичных топливных композиций и конструкций, способных противостоять высоким температурам, тепловым и нейтронным потокам.

В сложившейся ситуации в 1960 г. руководство Министерства Среднего Машиностроения (МСМ) приняло решение о создании научно-исследовательской структуры, обладающей стартовыми технологическими возможностями для последующего ускоренного развития комплексной разработки и постановки на испытание и производство новых видов ядерного топлива и ТВЭЛ.

После неоднократного обсуждения, через которое прошли ряд ведущих в области атомной энергетики и промышленности научно-исследовательских институтов и промышленных предприятий МСМ, предпочтение было отдано Подольскому опытному заводу (ПОЗ), известному в городе узкому кругу лиц как организация п/я 12.

Этому способствовали следующие обстоятельства:

- наличие определенной материально-технической базы для разработки и изготовления ядерного топлива и ТВЭЛ;
- сложившийся коллектив квалифицированных специалистов: или — материаловедов, технологов и производственников;
- наличие рядом расположенной и практически свободной площади для строительства зданий и сооружений с целью размещения в них научно-исследовательских, конструкторских, технологических и испытательных подразделений, расширения механической базы, складского хозяйства, поликлиники, столовой и т.п.;
- территориальная близость к управляющим органам МСМ и ведущим НИИ Москвы и Обнинска, что давало возможность оперативного взаимодействия друг с другом;
- возможности широкого отбора и комплектования кадрами из числа молодых специалистов московских вузов.

Здесь будет уместным коротко сказать о предыстории ПОЗ, относящейся к работам по ядерному топливу, на момент его вхождения в структуру образованного на базе ПОЗ Научно-исследовательского института тепловыделяющих элементов.

ПОЗ был создан в 1946 г. в системе Министерства цветной металлургии, как Опытная установка Государственного института редких металлов. В 1951 г. ПОЗ передается в подчинение Второго Главного Управления при СМ СССР, а затем — в Первое Главное Управление. В 1952 г. ПОЗ был административно введен в состав НИИ-10, находящегося в составе МСМ. В апреле 1955 г. ПОЗ вывели из состава НИИ-10 и подчинили Научно-техническому управлению МСМ.

В 1955 г. в структуре ПОЗ, наряду с производственными подразделениями, был организован научно-исследовательский отдел (рук. Эпштейн А.Л.) в составе лабораторий: химико-технологической, металлургической, обработки металлов давлением, химико-аналитической и коррозионных испытаний.

Результаты научно-исследовательских работ (НИР), главным образом по технологии редкоземельных элементов, бериллия и циркония, создали ПОЗ и его научно-исследовательскому отделу определенную известность, и в 1957 г. отдел получил статус института второй категории.

При ПОЗ была создана Государственная экзаменационная комиссия (ГЭК) для защиты дипломов студентами МИФИ, Института стали и

сплавов, Ленинградского и Уральского политехнических институтов. К 1960 г. одиннадцать сотрудников ПОЗ защитили кандидатские диссертации.

Начало работ на ПОЗ по твэлам под научным руководством ВНИИНМ, ИАЭ, ВИАМ относится к 1955 г. Первой работой было создание совместно с ВНИИНМ технологии производства уран-бериллиевых сердечников и в 1956 г. начат их выпуск. Затем последовали разработки технологий и выпуск твэл на основе сплавов уран-цирконий, уран-алюминий и др.

Итак, в 1960 г. был издан приказ Министра МСМ о создании НИИТВЭЛ с Опытным заводом. Обязанности директора НИИТВЭЛ исполнялись временно директором ПОЗ А.Ф. Петровым.

На заседании коллегии ГКАЭ СМ СССР были определены следующие важнейшие направления в развитии работ НИИТВЭЛ:

- разработка высокотемпературных твэл на основе карбидов и графита, а также дисперсионного и сплавного типа на основе жаропрочных материалов для специальных реакторных установок и термопреобразователей;
- разработка конструкционных материалов и технологии изготовления изделий из них для оболочек высокотемпературных твэл на основе тугоплавких металлов и сплавов;
- разработка технологии получения редкоземельных элементов в виде окислов и металлов применительно к требованиям атомной науки и техники.

Развертывание работ по становлению института поначалу шло медленно.

Бурный период становления и развития института начался лишь с марта 1962 г., когда директором института был назначен доктор физико-математических наук, профессор Михаил Васильевич Якутович, чьи заслуги перед страной в области создания технологии получения вы-

сокообогащенного урана и его промышленного производства с весомыми экономическими показателями были заслуженно отмечены двумя Государственными (1951 г., 1954 г.) и Ленинской (1958 г.) премиями, орденами Ленина (2), Трудового Красного Знамени (2), Знак Почета (2).

Под промышленное строительство городом было выделено 7,5 гектаров земли, на которых началось



*Ветераны института в год двадцатилетия со дня образования Подольского Опытного завода (1976 г.). Слева направо: 1-й ряд — А.И. Корнеева, А.А. Аракелян, А.И. Козлова, В.М. Булаева, А.Я. Хаатова, Е.С. Кузнецова, А.А. Митина; 2-й ряд — Н.П. Массайлова, И.В. Пиенигная, М.А. Старостина, Е. Аюрамова, М.Д. Юдина; 3-й ряд — П.А. Хуторов, А.С. Константинов, А.Д. Мусатов, А.Т. Середенко, П.П. Янчур, Л.А. Изванов, Н.А. Юрасов, В.И. Галкин; 4-й ряд — С.М. Разумовский, М.М. Погодин, А.П. Изумнов, И.Д. Гаврилов, В.А. Писарев, Т.М. Тальянов, В.С. Макеев, П.А. Коротков, А. Соловьев, П.Н. Дронов*

интенсивное строительство новых зданий и оснащение вновь образующихся научно-исследовательских подразделений современным научным оборудованием. Уже в середине 60-х годов было введено более 11 тысяч квадратных метров производственных площадей. Одновременно осуществлялось строительство социальных объектов.

Координацию работ по строительству института и объектов социальной сферы обеспечил потомственный специалист-строитель подольчанин Николай Владимирович Усанов, назначенный заместителем директора института по капитальному строительству, известный авторитетный и уважаемый человек в городе, среди строителей и в МСМ.

Решение всех хозяйственных и социальных вопросов плодотворно и оперативно осуществлял заместитель директора по общим вопросам А.П. Мышко, друг и соратник М.В. Якутовича по прежнему месту работы. Это был опытный компетентный администратор, для него не существовало вопросов институтского, городского, районного, министерского или иного уровня, которые он не сумел бы решить. Таким образом, директор получил возможность сосредоточиться исключительно на руководстве научной работы в институте. Вместе с М.В. Якутовичем, по его приглашению, в институт прибыли талантливые ученые доктор наук М.А. Ханин и кандидат технических наук С.П. Чижик.

Первый из них занялся организацией расчетно-теоретического и конструкторского направления по разработке твэл в составе созданного

отдела 30, который он и возглавил, второй — комплексом материаловедческих и технологических работ по ядерному топливу. Оба лично отбирали кадры новых сотрудников, преимущественно из числа молодежи, имеющей соответствующую специализацию, квалификацию и опыт работы в области атомной и смежных областях науки и техники.

Среди первых принятых летом 1962 г. сотрудников в отдел 30 были научные сотрудники И.И. Федик, Е.Б. Попов, Г.Н. Чернышев, Н.Г. Серпилина, приглашенные из ОКБ «Гидропресс» расчетчики-конструкторы В.Н. Киселев, А.М. Казыков, Л.А. Шумкин, а вслед за ними в 1963 г. высадился «десант» выпускников Воронежского университета в составе Н.М. Власова, В.И. Гранова, В.С. Колесова, Н.Я. Паршина, Э.М. Федорова, В.А. Шмакова и др.

Ряды материаловедов-исследователей и технологов пополнили Р.М. Альтовский, Р.А. Андриевский, А.А. Бабад-Захряпин, А.Г. Ланин, Г.А. Рымашевский и др.

Все вышеуказанные сотрудники в последующем возглавили работу соответствующих подразделений.

Следует отметить, что подготовке научных кадров и их аттестации было уделено самое серьезное внимание.

В 1965 г. в институте был создан Ученый совет с правом рассмотрения кандидатских диссертаций (председатель — М.В. Якутович, ученый секретарь — П.А. Гудович.). В состав совета были приглашены видные ученые из ряда смежных организаций, таких как МИФИ, ИАЭ, ВНИИНМ, ФЭИ, ВИАМ, и в их числе Р.С. Амбарцу-

мян, А.И. Енстухин, А.С. Займовский, Д.М. Скоров. В 1970 г. Ученый совет получил право рассмотрения докторских диссертаций.

За время существования Ученого совета было выпущено свыше 250 кандидатов наук и 50 докторов наук.

В дополнение к вновь создававшимся и уже действующим испытательным стендовым комплексам для отработки образцов твэл и его узлов в 1964 г. в НИИТВЭЛ передали от ГКАЭ строительство экспериментальной базы на Семипалатинском ядерном полигоне для испытаний элементов активных зон и реакторов ядерных ракетных двигателей (ЯРД).

Таким образом, структура института приобрела следующий вид:

**Управление** — в состав которого входило управление института, Опытного завода и вспомогательных служб.

**Научно-исследовательские отделы** — объединяющие в своем составе комплекс специализированных по методическому принципу подразделений, призванных обеспечить выполнение научно-исследовательских, опытно-технологических и опытно-конструкторских работ (теплогидравлические, прочностные, физические расчеты; конструирование; разработка технологий изделий; проведение материаловедческих исследований; отработка методик и программ подготовки и проведения испытаний; программное обеспечение управления научными исследованиями с использованием ЭВМ и др.).

**Опытный завод** — в составе цехов основного и вспомогательного

производства, осуществляющий изготовление изделий по всем тематическим направлениям и стадиям разработки, включая опытные образцы.

**Строящаяся экспериментальная база** — для натуральных испытаний создаваемых изделий.

В 1970 г. были объединены Экспедиция №10 и отдел ИАЭ с реактором ИГР и создана Объединенная Экспедиция (ОЭ), вошедшая в состав института на правах филиала с общим тематическим планом. Директорами ОЭ в разное время были О.П. Руссков, И.А. Могильный, А.П. Ивлев, Е.К. Дьяков, В.П. Денискин, В.М. Щербатюк, Ю.С. Черепнин, О.С. Пивоваров.

Работы по созданию ЯРД велись в кооперации с НИКИЭТ, ИАЭ, НИИТП, ФЭИ, КБХА.

В этой кооперации институту, позднее ставшему именоваться Подольским научно-исследовательским технологическим институтом (ПНИТИ), отводилась роль конструктора-технолога активной зоны. В институте эти работы возглавляли И.И. Федик, Ю.Н. Подладчиков, Е.К. Дьяков. Все основные работы по проектированию и изготовлению активных зон ЯРД велись в ПНИТИ. К этой работе на протяжении почти 30 лет были привлечены многие лаборатории института, цеха Опытного завода, вся ОЭ. Здесь впервые в мире были созданы и испытаны реакторы для ЯРД, разработан и осуществлен принцип газодинамического преобразования ядерной энергии в лазерное излучение. За выполненные работы И.И. Федик, Е.К. Дьяков и И.А. Могильный были удостоены Государственной премии СССР. По

тематике ЯРД в институте было защищено более 100 диссертаций. Работы по ЯРД на 10—15 лет опередили американские разработки.

При М.В. Якутовиче были заложены реализованные в будущем работы по матричной композиции ядерного топлива (1965 г.) — прообраза будущего топлива для твэл реакторов повышенной безопасности, а также работы по термоэмиссионным установкам и, прежде всего, по твэл, конструкциям и материалам активной зоны реактора (1967 г.).

В 1969 г. директором ПНИТИ был назначен доктор физико-математических наук, член-корреспондент Академии наук Грузинской

ССР, Заслуженный деятель науки и техники Грузинской ССР и Абхазской АССР, заместитель Председателя Верховного Совета Абхазской АССР И.Г. Гвердцители, работавший до этого назначения директором Сухумского физико-технического института — СФТИ. Это был признанный специалист в области атомной энергетики и прямого преобразования тепловой энергии в электрическую, сочетающий глубокую эрудицию с хорошими организаторскими способностями.

И.Г. Гвердцители приехал со своей командой, которая активно включилась в работу по созданию термо-



*Группа сотрудников института (1971 г.).  
В первом ряду: второй слева — И.Г. Гвердцители, четвертый — М.В. Якутович,  
в последнем ряду третий слева А.Ф. Петров*



*Группа сотрудников института, награжденных орденами и медалями (1974 г.).*

*Слева направо: 1-й ряд — А.И. Козлов, П.М. Анискин, И.Г. Гвердцители,*

*Р.И. Королева, Е.И. Скворцова; 2-й ряд — С.С. Галаев, В.И. Зявлин,  
Л.В. Сернухов, А.В. Смирнов, А.П. Березников;*

*3-й ряд — А.Ф. Петров, Н.М. Горячев, В.Н. Бобриков, В.М. Хижняк,  
В.А. Анисимов, Н.Я. Чистов*

эмиссионных установок, проводимую в кооперации с ИАЭ, ЦКБМ, СФТИ, ФЭИ, НПО «Красная Звезда». Эта работа стала одним из основных тематических направлений института, при этом в зависимости от типа разрабатываемых аппаратов институт выполнял роль технолога, конструктора-технолога и изготовителя твэл и отдельных элементов активных зон.

Результатом явилось создание впервые в мире ЯЭУ термоэмиссионного преобразования электрической мощностью 5 кВт на основе одноэлементного ЭГК. Таким образом,

были созданы предпосылки для разработки ЯЭУ большей мощности. Руководителями работ являлись И.Г. Гвердцители и Ю.В. Николаев. Выполненные работы были отмечены рядом правительственных наград. Директор был награжден орденом Октябрьской Революции.

В 1971 г. с созданием специализированной конструкторской лаборатории (нач. В.Н. Киселев) активизировалась начатая в 1964—1965 гг. разработка твэл, способного работать в окислительной среде диссоциирующего газа, чьи физико-химические и

теплофизические характеристики были широко изучены и рекламировались ИЯЭ АН БССР. В качестве ядерного топлива отработывалась оксидная и нитридная дисперсионные композиции в металлической матрице. Конструкция твэла создавалась с привлечением материаловедов, технологов, испытателей и производственников института.

Предпетлевые ресурсные испытания образцов сердечников твэл, проведенные на стадии технического проекта и продолжившиеся далее, дали положительные результаты, впрочем, как и последующие реакторные испытания. Разработанный твэл предполагалось использовать в активной зоне реактора передвижной энергетической установки.

Следует отметить, что целесообразность использования диссоциирующего теплоносителя долгое время оставалась у руководства МСМ под сомнением, несмотря на заявленные ИЯЭ АН БССР преимущества. Точку в вопросе быть или не быть подобной энергетической установке, продолжать ее финансирование или нет, летом 1976 г. поставил сам министр МСМ Е.П. Славский на оперативном созванном у него совещании в составе заказчика, всех разработчиков и изготовителей разработки и ее составных частей. Примечательно, что первое слово на этом совещании министр предоставил представителю нашего института А.М. Казакову для аргументации надежности конструкции твэл и его сердечника в условиях эксплуатации реактора, с учетом достигнутых результатов испытаний. После заслушивания всех представителей организаций и предприятий,

министр, как вспоминает А.М. Казаков, заканчивая совещание, произнес: «Наконец, я уверовал в этот дисгаз. Установке — быть!». Установка была доведена до конца, реализована в металле (в том числе, активная зона была изготовлена на нашем опытном заводе) и поставлена заказчику. Однако, при дальнейших испытаниях активной зоны в ИАЭ БССР вскрылись отдельные недостатки и работа была прекращена.

В 1974 г. в институте под руководством А.С. Черникова широко развернулись работы по совершенствованию конструкции и материалов уран-графитовых шаровых твэл и микротвэлов высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР). Сложные задачи комплексной отработки твэл ВТГР (ведущий конструктор Кошелев Ю.В.) решались с участием специализированных институтов и предприятий, таких как ИАЭ, НИИАР, СФ НИКИЭТ, ВНИИРТ, МИФИ, НИИГРАФИТ, НЗХК и др. ПНИТИ выполнял функции конструктора-технолога твэл. Технология изготовления микротвэлов и шаровых твэл была внедрена на опытном заводе и заводе-изготовителе активных зон с выпуском ~ 100 тыс. шаровых физических макетов для стендов ИАЭ и ОКБМ.

В том же 1974 г. с изготовления на Опытном заводе бериллиевых блоков развернулись работы по изделиям для лазерных металлооптических систем, которые с приходом в институт в 1978 г. нового директора, специалиста в области физико-технологических проблем энергетики, Лауреата Ленинской и Государственной премии СССР В.Ф. Гор-



деева, возглавившего эти работы, вылились в разработку конструкций, выбор материалов отражающих систем, обеспечение качества отражающей поверхности, изготовление опытных образцов некоторых типов металлооптики для мощных лазерных установок. Эти работы стали в один ряд с основными направлениями института. Они проводились в кооперации с предприятиями «Альтаир», «Алмаз», «Астрофизика» и др. В.Ф. Гордеев был избран председателем секции и членом президиума Совета по проблемам лазерной технологии при ГКНТ СССР. Работы института были отмечены государственными наградами. Сам, В.Ф. Гордеев, получил за них вторую Государственную премию СССР, стал доктором технических наук.

В ходе выполнения институтом работ по основным тематическим направлениям решались технологические проблемы, по значимости сопоставимые с основной тематикой. Так в институте была разработана технология получения ряда тугоплавких металлов, в первую очередь, вольфрама, методами газофазной металлургии, что положило начало развитию газофазной металлургии в стране. Была разработана технология изготовления крупногабаритных монокристаллов вольфрама и молибдена и технология прокатки из них листов с сохранением монокристаллическости. Организовано производство термопар для атомных электростанций страны. Разработана технология производства монокристаллов лейкосапфира. Решено большое количество технологических проблем, возникавших при изготовлении кон-

струкционных и топливных материалов для твэлов и элементов активных ядерных реакторов с уникальными характеристиками.

Следует отметить, что успешное решение поставленных перед институтом задач стало возможным благодаря реализации на практике принципа системного и комплексного подхода к их решению. Так, в начале и в процессе выполнения работ, проводились во взаимосвязке детальные расчетно-теоретические оценки конструкции, необходимые материаловедческие исследования физико-механических, тепло-физических и физико-химических свойств материалов. Прорабатывались технологические цепочки, которые затем доводились до экспериментальных и опытных образцов изделий, которые в свою очередь подвергались соответствующим тепловым, гидравлическим, ресурсным и иным видам испытаний, в том числе реакторным (совместно с СФ НИКИЭТ, НИИАР, ФЭИ).

Неразрывной в эти периоды являлась деятельность Института и Опытного завода, обеспечившая практическую реализацию институтских разработок в виде партий материалов и изделий. Разработка и изготовление всех сборок и элементов активных зон реакторов различных типов и назначения проходили под единым руководством. В необходимых случаях приемка продукции, выпускаемая заводом, и ее испытания проводились с участием представителей заказчика. При этом, если в процессе производства образовывались экологически вредные или, наоборот, цен-

ные вещества, то разрабатывалась технология, обеспечивающая их очистку или регенерацию.

Указанному выше принципу подхода к осуществлению деятельности Института была также подчинена разработанная и внедренная во всех структурных подразделениях в период 1977—1980 гг., как неотъемлемая часть общей системы управления институтом с Опытным заводом и Объединенной Экспедицией, комплексная система управления качеством разработок, исследований и продукции (руководители И.И. Федик, А.М. Казаков), зарегистрированная Госстандартом СССР. Институт был первым среди предприятий 16 Главного управления МСМ внедрившим данную систему.

Тесная взаимосвязь деятельности института, Опытного завода и Объединенной Экспедиции послужила основанием для образования в 1989 г. Научно-производственного объединения в составе этих трех самостоятельных предприятий. К этому времени общая численность института приблизилась к 6500 работающих, в том числе в структуре научных подразделений работало более 2500 человек, в Объединенной Экспедиции около 1500 человек и на Опытном заводе около 2500 человек.

Работу по организации НПО возглавил кадровый сотрудник Института, доктор технических наук, профессор И.И. Федик, назначенный директором в 1989 г., после ухода на пенсию В.Ф. Гордеева. До 1989 г. И.И. Федик на протяжении 20 лет был заместителем директора Института по научной работе.

Итак, с 1989 г. Институт стал головным предприятием Научно-производственного объединения «ПНИТИ», в которое вошли Опытный завод «ПНИТИ» и Объединенная Экспедиция «ПНИТИ». В этом же году НПО «ПНИТИ» было переименовано в НПО «Луч».

Забегая вперед, отметим, что с 1992 г. институт получил наименование Государственного Научно-исследовательского института НПО «Луч», а затем с 2001 г. — Федерального Государственного Унитарного предприятия «Научно-исследовательский Институт Научно-производственное объединение «Луч» (ФГУП «НИИ НПО «Луч»).

После начала так называемых «перестройки» и «конверсии», которые для отечественной отраслевой науки стали неосознанной ставкой на уничтожение, на плечи Федика И.И. легла тяжелейшая задача по реорганизации НПО «Луч» и института для работы в новых социально-экономических условиях. Бюджетное финансирование практически прекратилось. Встал вопрос о выживании.

Опытный завод акционировался и вышел из состава НПО «Луч», поменял свою область деятельности. Объединенная Экспедиция оказалась в другой стране и стала Институтом Атомной Энергии Республики Казахстан.

Фундаментальные исследования практически свелись на нет, в результате чего многие научные подразделения в институте пришлось ликвидировать. Началась утечка квалифицированных кадров, особенно молодежи. Численность инсти-

туда сократилась в 2 раза. Институт начал усиленный поиск тематики, которая могла бы иметь финансирование.

Не все попытки оказывались удачными. Одной из таких попыток были исследования по созданию нового типа эффективных химических источников тока — серно-натриевых аккумуляторов. В этой работе широко использовался опыт, накопленный при разработке термоэмиссионных преобразователей. Были разработаны, изготовлены и испытаны опытные образцы батарей серно-натриевых аккумуляторов. Однако, создать производство конкурентно способных и востребованных рынком химических источников тока так и не удалось. Одна из причин неудачи заключалась в отсутствии солидного заказчика, т.е. рынка.

Новые условия работы потребовали изменения организационной структуры. В 1990—1994 гг. в Институте было организовано 6 отделений, по существу самостоятельных в финансово-экономической и научной деятельности.

Так в июне 1990 г. было организовано отделение «Керамические и полупроводниковые материалы» (директор ктн Г.И. Бабаянц), в которое вошли лаборатории, работавшие с высокотемпературной безурановой керамикой для металлооптики и с монокристаллическим кремнием. Основным направлением деятельности отделения стала разработка оснастки из высокочистого карбида кремния для электронной промышленности и контейнеров из реакционноспеченного карбида кремния

для захоронения высокорadioактивных отходов.

Отделение изготавливало и поставляло оснастку для предприятий электронной промышленности как в нашей стране, так и за рубежом.

В сентябре 1990 г. было создано отделение «Высокотемпературные технологии и конструкции» (директор дтн Е.К. Дьяков), в которое вошли подразделения, изготавливавшие материалы для активной зоны ЯРД и проводившие сборку тепловыделяющих секций и их испытания. В отделение вошла и лаборатория обработки металлов давлением. Новый коллектив продолжил поиск путей создания электродвигательных установок; было налажено производство распыляемых мишеней из высокочистых материалов для электронной промышленности и полуфабрикатов из тугоплавких материалов.

Отделение участвует в международной программе по исследованию тяжелых аварий на атомных станциях и, кроме того, изготавливает детали и узлы для ускорителей CERN и DEZI.

Научно-производственное отделение «Техно-Луч» (директор ктн В.П. Денискин) было организовано в октябре 1991 г. в составе лабораторий, входивших в метрологическую службу института, занимавшихся как разработкой нестандартизованных методов измерений для обеспечения деятельности Института по всем направлениям, так и обеспечением правильности использования стандартных методов измерения. В январе 1994 г. в отделение вошел цех опытного завода, зани-

мавшийся переработкой урансодержащих отходов с целью извлечения ценных компонентов и очистки сточных вод.

В результате перестройки и конверсии в отделении стали развиваться следующие научные направления:

- разработка и производство датчиков контроля температуры для атомных станций России и СНГ;
- переработка необлученных урансодержащих материалов с выдачей товарных оксидов урана;
- изготовление Знаков соответствия с повышенной степенью защищенности от подделок.

Научно-технический центр «Источники тока» (НТЦ «Исток», директор дтн Ю.В. Николаев) образовался в январе 1992 г. на базе от-

делов и лабораторий термоэмиссионного направления. Центр продолжил работы по термоэмиссии в сотрудничестве с РНЦ «Курчатовский институт» и рядом фирм США. Использование материалов и технологий, созданных в процессе разработки термоэмиссионных преобразователей, позволило развернуть исследования по разработке и опытному производству:

- металлокерамических рентгеновских трубок и анодов к ним;
- изделий из лейкосапфира (монокристаллического оксида алюминия);
- изделий из монокристаллов вольфрама и молибдена, в том числе для поставок в США, Швейцарию, Японию и Германию.



*Директорат института (1996 г.).*

*Слева направо: В.А. Ловкис, Э.С. Барятцева, Г.И. Бабаиц, Л.Д. Червяков, И.И. Федик, Ю.В. Николаев, А.С. Черников, В.П. Денискин, П.П. Мизин*

В январе 1993 г. в институте образовано отделение «Технология» (директор ктн А.С. Черников), оно объединило лаборатории, располагающие широким арсеналом приемов химической технологии получения различных соединений урана и переработки урансодержащих отходов, получения ряда металлов высокой чистоты методом дистилляции в вакууме, использования методов порошковой металлургии для получения топливных композиций, получения покрытий разного состава на различные подложки, получения гидридов металлов и сплавов и химико-аналитического контроля металлов высокой чистоты, различных сплавов и соединений. Накопленный опыт позволил развернуть следующие работы:

- по разработке твэлов для ядерных реакторов повышенной безопасности на основе уран (плутоний) — графитовых композиций для ВТГР и керметных композиций для ВВЭР, исследовательских реакторов и др.;
- по использованию метода дистилляции для получения бериллия высокой чистоты (более 99,9 %) покрытий из него, в том числе пластин, мишеней и окон для рентгеновских трубок;
- по созданию теплопреобразующих устройств и высокоэффективных аккумуляторов водорода с использованием гидридов ряда сплавов;
- по использованию процесса обработки водородом для диспергирования некоторых сплавов;
- по разработке оборудования и технологии нанесения защитных покрытий, в том числе из драгоценных металлов, на широкую номенклатуру изделий;

В июле 1993 г. в институте образовано элементным контролем технологических и материаловедческих разработок института, в том числе высокоточного приборного контроля изотопного состава урана.

В январе 1993 г. на базе нескольких расчетно-теоретических и конструкторских подразделений возникло отделение «Интеграл» (директор ктн В.А. Сальников); однако оно оказалось «короткоживущим», и в условиях конверсии, как структурное подразделение института, было ликвидировано, а его сотрудников перевели в другие отделения в соответствии с тематической направленностью.

В августе 1996 г. лаборатория, занимавшаяся получением монокристаллов кремния высокой чистоты, вышла из состава отделения «Керамические и полупроводниковые материалы», образовав в июле 1997 года дочернее предприятие «Отраслевая проблемная Лаборатория» (директор дтн. Х.И. Макеев), входящее в ГосНИИ НПО «Луч» и получившее государственную аккредитацию в марте 1999 года.

Лаборатория поставляет опытные партии монокристаллов кремния на все основные предприятия микроэлектроники России и стран СНГ. Лабораторией освоен выпуск до 6 тонн в год слитков монокристаллического кремния диаметром 100—150 мм. Выпускаются опытные партии монокристаллов диаметром 200 мм.

В июне 1998 г. в состав ГосНИИ НПО «Луч» вошли (приказ Министра Минатома России от 25.06.98)

2 дочерних предприятия: НТЦ «Теплоэнерготехника» (директор ктн Б.И. Рыбкин.) и НТЦ «Водород» (директор В.М. Подледнев).

Основные направления деятельности НТЦ «Теплоэнерготехника»:

- разработка, изготовление и испытания тепловых труб и устройств на их основе различных модификаций, предназначенных для работы в различных диапазонах температур (80—1200 К);

- разработка и изготовление каналов контроля нейтронного излучения различных реакторных установок (в том числе ВВЭР и РБМК) с высокой чувствительностью.

Основные направления деятельности НТЦ «Водород»:

- изготовление и совершенствование ряда модификаций электролизных ванн для производства водорода и кислорода путем электролиза воды;

- изготовление и совершенствование установок водородо-кислородной газоплазменной обработки ряда материалов и поверхностей (пайка микросхем, ювелирное производство и др.).

Совместно с другими организациями это предприятие принимает участие в разработке, изготовлении и испытаниях энергоисточников на основе топливных элементов.

В мае 2000 г. дочерние предприятия НТЦ «Теплоэнерготехника» и НТЦ «Водород» преобразованы в Протвинский филиал ГосНИИ НПО «Луч», директором которого был назначен В.В. Школяренко.

Настоящая глава знакомит читателя с хронологией развития Федерального Государственного Уни-

тарного предприятия «НИИ НПО «Луч». По существу это — мгновенный обобщающий взгляд на научно-техническое древо, взращенное коллективными стараниями многих людей. Однако такой взгляд лишен деталей, тонкой структуры и неминуемо приобретает некий абстрактный оттенок. Поэтому, заключая вводную главу, кажется, нелишним будет включить в нее некоторые положения Устава «НИИ НПО «Луч», откуда станет ясны, какие же задачи ставил себе научный коллектив. Так читателю будет легче оценить не только само древо, но и плоды, которое оно принесло, то есть, увидеть сделанное и оценить то, что еще предстоит сделать.

Итак, Устав декларирует, что ФГУП «НИИ НПО «Луч» создан в целях разработки наукоемких технологий, в том числе в области атомной науки и техники, создания на их основе продукции, товаров и оказания услуг для удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли.

Для достижения этих целей институт осуществляет в установленном законодательством Российской Федерации порядке следующие виды деятельности:

- организация и проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, включая работы с использованием ядерных материалов, и оказание услуг, в том числе научно-технических;

- организация опытного и мелкосерийного производства продукции и товаров;

- разработка, выпуск опытных партий и продажа в установленном

порядке организациям продукции (включая технологии изготовления) и товаров, в том числе: энергетических установок, устройств и технологий металлооптики, элементов оптических и лазерных установок, элементов рентгеновских трубок, датчиков контроля параметров реакторов, тепловых труб и агрегатов систем обеспечения тепловых режимов космических аппаратов, электрохимических генераторов.

- проведение, в том числе с российскими, зарубежными и совместными предприятиями и организациями испытаний и исследований физико-механических, физико-химических, теплофизических и других свойств и характеристик материалов, процессов и изделий;

- расширение, реконструкция и техническое перевооружение экспериментально-стендовой базы, опытных производственных участков, объектов инженерной и социальной инфраструктуры, в том числе систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов;

В настоящее время Институт располагает:

- должным уровнем управления и персоналом, обладающим высокой квалификацией и опытом работы;

- современной базой аттестованного испытательного оборудования и средств измерений;

- совокупностью разработанных и используемых уникальных технологий, материалов и обустроенными помещениями;

- развитой и хорошо отлаженной инфраструктурой, обеспечивающей нормальное функционирование организации в целом.

Продолжается развитие экспериментальной базы и обновление оборудования, особенно для материаловедческих исследований, метрологии, химического анализа материалов. Например, созданы и функционируют: уникальный комплекс стендов «Надежность» для длительных (8000 часов) испытаний, разработанных и поставляемых институтом датчиков температурного контроля на АЭС. Сооружен теплофизический стенд «Параметр» для моделирования и вне реакторных исследований возможных (в том числе тяжелых) аварий в энергетических реакторах типа ВВЭР. Спроектирована и изготовлена установка «Лава-П» для исследования взаимодействия расплавов легкоплавких металлов с жидким теплоносителем.

Активные работы по программе сотрудничества России и США в области учета, контроля и хранения ядерных материалов позволили оснастить цех по переработке отходов и изделий на основе урана новым оборудованием, повысившим производительность труда, а также уровень радиационной, ядерной и экологической безопасности, обеспечить учет, контроль и физическую защиту ядерных материалов. Обо всем этом и других примерах подробно сказано в соответствующих разделах книги.

Среди приоритетных работ, к которым сегодня привлечено внимание руководителей и специалистов Института, следует отметить такие, как:

- создание нового поколения ТВЭЛ на основе микротоплива применительно к условиям эксплуатации энергетических реакторов типа

ВВЭР с целью существенного повышения основных параметров и безопасности этих реакторов за счет снижения примерно на 1000 К температуры в центре топливного сердечника, двукратного увеличения выгорания топлива, на 2—3 порядка уменьшения выхода из него осколков деления;

- разработка нового твердого теплоносителя на основе сыпучих сред;
- использование созданных и освоение новых технологий, особенно в области высокотемпературных материалов, для нужд народного хозяй-

ства и обороны страны, атомной, электронной, медицинской, кабельной и других отраслей промышленности России и для партнеров-потребителей в странах Европы, Америки и Азии.

Все мы являемся ныне свидетелями смены поколений и, естественно, свои надежды на достойное будущее института связываем с приходящей к нам молодежью, которая продолжит работы своих предшественников и внесет новый вклад в дальнейшее развитие науки и техники.



## ГЛАВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

Более чем за сороколетний период институт, в соответствии с замыслом его основателей и идеологов, занимался, главным образом, разработкой различных установок для генерации и преобразования

атомной энергии, устройств для генерации и транспортировки энергии лазерного излучения, новых типов высокотемпературных реакторов, датчиков контроля параметров ядерных реакторов.

### ЯДЕРНЫЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Начало создания ядерных ракетных двигателей (ЯРД) в СССР относится к 50-м годам, когда встретились И.В. Курчатов, С.П. Королев и В.М. Келдыш, чтобы обсудить возможность создания ракеты с атомным двигателем. К этому времени уже летали спутники земли. СССР был первым в космосе; и естественно было стремление быть первыми и в полете на Марс и другие планеты, используя атомную энергию. С самого начала вырисовывались две концепции двигателя: первая — нагрев газа непосредственно в реакторе и выброс его через сопло для создания реактивной тяги. Второй путь предусматривал создание космических ядерных электроустановок, питающих электродвигатели различного типа и обслуживающих бортовую аппаратуру.

Идея ядерного ракетного двигателя (ЯРД) проста: использовать ядерный реактор вместо камеры сгорания, чтобы нагреть газ, создающий тягу при истечении через сверхзвуковое сопло. Эффективность ракетного двигателя определяется скоро-

стью истечения газов из сопла. Эта скорость прямо пропорциональна корню квадратному из температуры и обратно пропорциональна корню квадратному из молекулярного веса газа.

Наименьший вес (2) у водорода. Скорость истечения водорода, нагретого до температуры 3000 К, примерно в 2 раза выше, чем у лучшего химического топлива ЖРД. В этом и заключается преимущество ЯРД, который может нагреть чистый водород (а ЖРД не может: средний молекулярный вес продуктов сгорания всегда больше 10). Вместо скорости истечения часто применяют удельный импульс, равный скорости истечения, деленной на ускорение силы тяжести. Удельному импульсу можно придать физический смысл: он равен времени, в течение которого двигатель развивает тягу в 1 кг при расходовании 1 кг топлива.

Кроме отмеченного преимущества, ЯРД обладает и весьма существенными недостатками. Перечислим основные: во-первых, реактор ЯРД значительно тяжелее камеры

сгорания ЖРД, во-вторых, реактор является мощным источником радиации, что еще более утяжеляет двигатель из-за необходимости создания биологической защиты, а также сильно осложняет обращение с ним на этапе эксплуатации. Требование стойкости в среде водорода при высоких температурах и нейтронно-физические ограничения сильно сужают круг материалов, которые могут использоваться для изготовления твэлов и высокотемпературных элементов конструкции ТВС. Наиболее подходящими оказались карбиды циркония и ниобия, а также графит с защитными покрытиями из этих карбидов.

Стремление уменьшить вес реактора ведет к созданию очень напряженной активной зоны с плотностью энерговыделения в среднем по ТВС более 10 МВт на литр. Высокое энерговыделение вызывает большие температурные напряжения, ведущие к разрушению хрупких карбидных деталей. Это создает массу сложных проблем.

Тем не менее, преимущества ЯРД были весьма соблазнительны и разработка ЯРД началась в США в 50-х годах XX века. И уже с 1955 г. разворачиваются работы по практической разработке ЯРД (программа «Ровер»). Как было сказано выше, основная задача, встающая перед разработчиками — как уберечь от разрушения из-за температурных напряжений керамическую активную зону и прежде всего тепловыделяющие элементы (твэлы). Температурные напряжения пропорциональны произведению плотности энерговыделения, модуля упругости материа-

ла, коэффициента линейного расширения и квадрата характерного поперечного размера элемента конструкции. Энерговыделение нельзя сильно уменьшать, т.к. это ведет к увеличению веса реактора с защитой и сведению преимуществ ЯРД к нулю. Весьма эффективно уменьшение характерного размера, но оно ограничено тем, что элементы весьма малых размеров будут сильно разрушаться вибрационными нагрузками, которые велики в ракетных двигателях т.е. характерный поперечный размер в 2—3 мм является предельным. В этих условиях разработчики в США пошли по пути изготовления твэлов ЯРД из графита. Этот материал обладает уникальной термопрочностью, поскольку имеет значительно меньший (почти в 100 раз), чем у карбидов, модуль упругости. Правда графит (ничего не дается даром) имеет существенный недостаток: он довольно хорошо взаимодействует с водородом, но американские разработчики надеялись решить эту проблему с помощью защитных покрытий на графите из карбидов циркония и ниобия.

В СССР разработка ядерных ракетных двигателей началась в 50-х годах. В 1956 и 1958 г. были подписаны два постановления правительства по проведению этих работ.

На этом этапе были проведены предварительные конструкторские и материаловедческие исследования. Учитывался опыт США. Были рассмотрены различные схемы ЯРД. Простейшая схема — ЯРД с реактором с твердофазной активной зоной (получила название схемы «А») спо-

собна создать удельную тягу 800—900 с (лучшие ЖРД — 450 с). ЯРД с газофазным реактором (схема «В») мог дать удельную тягу до 2000 с, но проблемы, которые следовало решить при его создании (удержание урановой плазмы с температурой в десятки тысяч градусов и защита от нее стенок реактора) были значительно более тяжелыми, чем при создании ЯРД схемы «А». К разработке ЯРД схемы «А» и решено было приступить.

Создание активной зоны реактора ядерного ракетного двигателя стало основной задачей еще при формировании нового института НИИТВЭЛ в 1962 г. Через два года уже активно работали две кооперации по созданию первых ЯРД (ядерных ракетных двигателей). По реактору-стенду ИВГ (Исследовательский, высокотемпературный, газоохлаждаемый) главным конструктором был определен НИКИЭТ (академик РАН Н.А. Доллежал), научным руководителем — ИАЭ (академик РАН Н.Н. Пономарев-Степной) и конструктором-технологом активной зоны — НИИТВЭЛ. Вторую кооперацию по наземному варианту двигателя ИР-100 возглавлял научный руководитель двигателя НИИТП (член корреспондент АН СССР В.М. Иевлев), главным конструктором двигателя стало КБХА (Воронеж, академик А.Д. Конопатов), научным руководителем реактора был назначен ФЭИ (профессор В.Я. Пупко).

На этом этапе перехода к практическому созданию ЯРД к работе был подключен и Подольский опытный завод. В 1960 г. вышло поста-

новление ЦК КПСС и Совета Министров СССР, на основании которого на территории опытного завода был организован НИИТВЭЛ с опытным заводом, и ему была поручена разработка твэлов ЯРД.

Головным подразделением по созданию твэлов ЯРД стал вновь созданный отдел 30, который возглавил д-р М.А. Ханин, прибывший с первым директором института д-ром М.В. Якутовичем из Свердловска.

В состав отдела 30 входило четыре лаборатории: теории твэлов, начальник — И.И. Федик; прочности — Г.Н. Чернышов; технологии — Г.И. Бабаянц; конструкторская — Л.А. Шумкин. Отдел был комплексным, включающим не только расчетные лаборатории, позволяющие обосновать возможность создания новой конструкции твэла, но и технологические, позволяющие быстро изготовить первые опытные его образцы. Однако при М.А. Ханине границы между лабораториями были условными: М.А. Ханин сам руководил всеми работами.

Институт был не единственным разработчиком: работа велась в условиях конкуренции с кооперацией НИИ-9 — НИИ-1, которые участвовали в разработке ЯРД на этапе предварительных исследований 60-х г. Эти предприятия разрабатывали стержневой карбидный элемент. Было предложено много конструкций твэлов, и все они были подвергнуты критическому анализу. М.А. Ханиным была предложена оригинальная конструкция проволочного твэла, представляющего собой набор катушек, разделенных

дистанционирующими продольными проволоками. Твэл должен был наматываться из уран-циркониевой проволоки, с которой было удобно обращаться. Полученная металлическая заготовка твэла затем карбидизировалась в углеродсодержащей газообразной среде. Как видно, технология в случае ее реализации действительно позволила бы создать быстро массовое и очень высокопроизводительное производство, чем очень выгодно отличалась от технологии карбидного стержневого элемента, разрабатываемого конкурентами. В условиях творческого подъема и энтузиазма всех исполнителей от начала до создания экспериментального образца работа была выполнена в течение одного года. К сожалению, идея оказалась неудачной: в процессе карбидизации уран образовывал легкоплавкую фазу в центре твэла. Второй работой первого этапа — так называемого «быстрого штурма», были попытки создать ТВС на основе шарикового карбидного твэла с радиальным течением рабочего тела. Но эта идея не получила практической реализации в связи со сложностью обеспечения равномерного нагрева рабочего тела на выходе из опорной решетки.

Итак, советские исследователи, в отличие от американских, пошли другим путем: путем создания твэлов не из термостойкого, но нестойкого в среде водорода графита, а из хрупких, но более стойких в среде водорода карбидов. В отличие от многих областей, когда нам приходилось «догонять», в разработке ЯРД не проводилось слепого копирования

«заморских» образцов, а опыт предшественников анализировался критически. Советские исследователи сочли (и как показал результат — справедливо), что защитить твэл от взаимодействия с водородом сложнее, чем обеспечить его удовлетворительную термостойкость. Хотя твэлы на основе графита разрабатывались и в СССР, они были запасным вариантом.

М.А. Ханин ушел из института в 1964 г. Причиной ухода было его стремление уехать в Москву. Он был весьма разносторонней творческой личностью, и ЯРД было лишь одним из интересов, причем, по-видимому, не самым главным. Как вспоминает Е.Б. Попов: «Однажды Ханин позвал меня в кабинет и изложил свою идею создания вспомогательного сердца в виде механической сжимающейся манжеты на аорте. Мне он поручил создание математической модели кровообращения. Я ездил в Ленинку и изучал литературу. Так впервые я познакомился с терминами «систола» и «диастола»».

После ухода Ханина начальником отдела 30 был назначен И.И. Федик. Отдел стал приобретать характер расчетно-конструкторского подразделения.

Пора пионерских исследований по направлению ЯРД кончилась, и наступил этап практических разработок. Под руководством М. В. Якутовича в 1962—1965 гг. были созданы материаловедческий отдел 60 (начальник — А.Л. Эпштейн) и технологическо-экспериментальный отдел 40 (начальник — Б.Г. Игнатьев) с обширными проблемными задачами:

- обоснования и выбора топливных и конструкционных материалов ЯРД;

- разработки технологических основ изготовления изделий из этих материалов.

Материалы активной зоны высокотемпературного ЯРД должны обладать уникальным сочетанием свойств. Температура плавления и возгонки материалов должна быть выше максимальной эксплуатационной температуры 3000 К. Термочувствительность изделий должна быть достаточной для обеспечения несущей способности при очень высоких плотностях энерговыделения 10000 КВт/л (для понимания огромности этой величины напомним, что бытовая электроплитка едва дотягивает до 1 КВт/л); прочность материалов должна быть достаточной для сопротивления статическим и вибрационным нагрузкам в упруго-хрупком состоянии и не вызывать опасного изменения геометрии компонентов в вязко-пластическом состоянии за счет ползучести. Недопустимо термохимическое взаимодействие рабочего тела (водорода) с материалами. Радиационные повреждения материалов и структурные изменения при нейтронных потоках до  $10^{16} \text{с}^{-1} \text{см}^2$ , не должны вызывать снижения эксплуатационной надежности компонентов ТВС. Кроме того, не допускается использование материалов с высоким сечением захвата нейтронов. Исходя из этих требований, в качестве основы для безоболочковых твэлов рассматривались карбид циркония, карбид ниобия, их взаимные растворы между собой и карбидом урана. В

качестве замедлителя и отражателя нейтронов приняты были к рассмотрению гидриды циркония, иттрия и бериллий.

Учитывая, что к началу работ сведения о свойствах этих и других перспективных материалов отсутствовали или были недостаточны с 1962—1963 гг. в лабораториях 66 (нач. лаб. ктн А.Г. Ланин), 67 (нач. лаб. ктн Р.А. Андриевский), 68 (нач. лаб. ктн Р.М. Альтовский) начал проводиться комплекс термодинамических, теплофизических, физико-механических, коррозионных исследований свойств материалов и влияния радиации на их изменение, как для расчетных оценок элементов конструкций, так и начального обоснования работоспособности. Следует отметить, что в большинстве случаев методики для определения свойств в интересующих нас интервалах температур отсутствовали, и необходимо было их разрабатывать и изготавливать необходимую аппаратуру. Подробное описание постановки исследовательских работ по разрабатываемым материалам приводится в главе книги «Материаловедение».

В те же годы началась разработка технологии изготовления карбидных и графитовых твэлов соответственно в лаб. 42, начальник — Н.И. Полторацкий, и в лаб. 43, начальник — Ю.Л. Кудрявцев. В секторе лаб. 42, научными сотрудниками Г.С. Фоминьим, А.С. Маскаевым, Е.В. Астаховой, А.С. Мороз, В.И. Тюрленевым, ктн Б.Д. Гуревичем под руководством Л.Б. Нежевенко, проводились технологическо-материаловедческие исследования ус-

ловий получения твердых растворов карбидов урана, циркония и ниобия с высоким содержанием легирующих компонентов, обеспечивающих достаточно высокие температуры плавления.

Изготовление стержневых твэлов производилось на основе метода мундштучного прессования, предложенного в НИИ-9. Эта технология затем была усовершенствована Н.И. Полторацким, Л.Б. Нежевенко, В.И. Грошевым, А.С. Маскаевым, А.А. Барянцевым, В.П. Булычевым и внедрена на опытном заводе. Позднее было предложено использовать для твэл уранкарбидографитовые материалы, в 2—3 раза более термопрочные, чем уранкарбидные. Технология изготовления опорной решетки была также разработана в лаб. 42. Технология изготовления конструкционных деталей ТВС из пористых и плотных карбидных материалов разрабатывалась сотрудниками В.И. Пилипишиным, В.И. Грановым, Л.Ф. Филоновой, В.М. Голомазовым в лаб. под руководством Г.И. Бабаянца. Технология нанесения карбидных покрытий на графит была разработана В.В. Косухиным, Н.С. Ямским, И.В. Пшеничным в лаб. 43 под руководством В.Ф. Функе. Теми же сотрудниками был разработан новый материал из чередующихся слоев карбида и пирографита (так называемая «слоенка»). Комбинации плотных, пористых карбидов и графитов позволили получить конструктивно прочную теплоизоляционную сборку со средним уровнем теплопроводности не выше 2—3 Вт/(мК) в рабочем диапазоне температур ТВС реактора ЯРД.

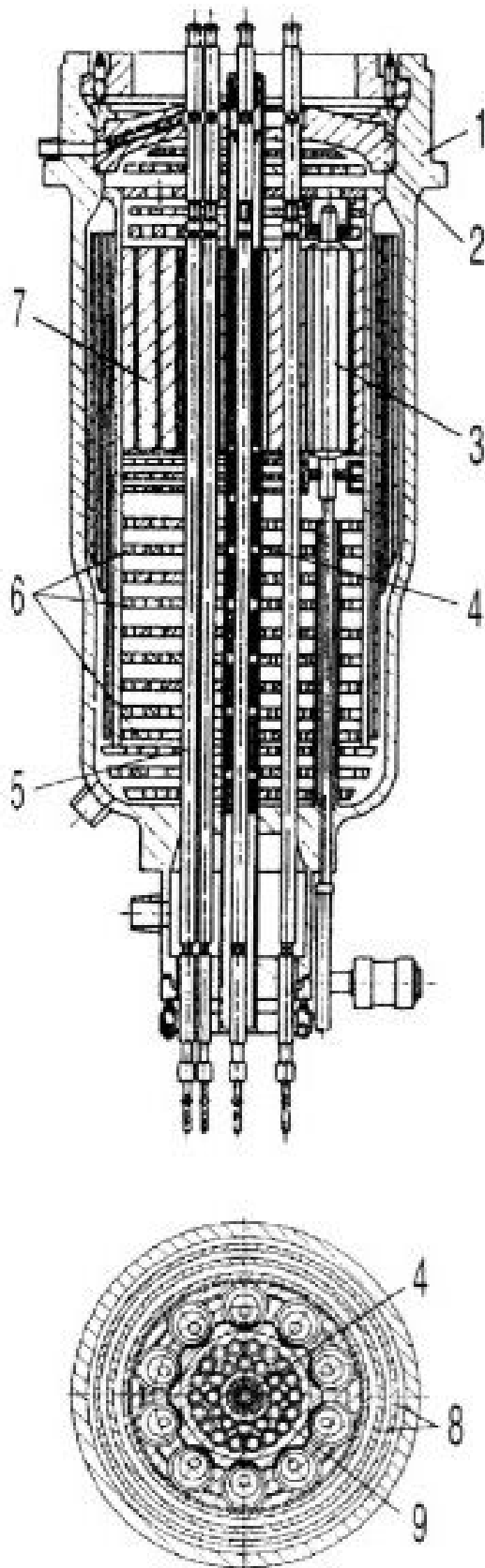
Получаемые образцы материалов по различным технологическим вариантам незамедлительно передавались для исследования в материаловедческие лаборатории отдела 60, и сведения об измеренных характеристиках использовались технологами для корректировки технологических процессов. Уже на начальных этапах технологических проработок приготавливались первые образцы твэлов и конструкционных изделий для предпетлевых испытаний. Это потребовало расширения экспериментально-испытательной базы, которая начала создаваться в 1964 г. в отделе 70 (нач. Д.К. Ширяев).

- Лаб. 71 (нач. Ю.А. Краснощек) осуществляла предпетлевые стендовые высокотемпературные испытания изделий, (твэлов, деталей теплоизоляции, опорно-соплового узла);

- В лаб. 72 — под руководством нач. лаб. сначала Ю.С. Золотухи, затем К.П. Власова проводились петлевые реакторные испытания изделий, разрабатывались идеи и методики этих испытаний, создавались испытательные системы.

- В лаб. 73 (нач. А.В. Кондрашов, впоследствии В.И. Наливаев) разрабатывались и изготавливались стандартные и уникальные датчики измерения (для испытательных стендов, в том числе и для реакторных испытаний).

В 1966 г. НИИ-8 (НИКИЭТ) выпустил эскизный проект исследовательского высокотемпературного газоохлаждаемого корпусного реактора ИВГ-1 с легководным замедлителем и бериллиевым отражателем нейтронов. Требования к надежности ЯРД и высокая стоимость его от-



работки и изготовления определили идею модульного варианта реактора, состоящего из отдельных тепловыделяющих сборок. Эта концепция позволила вести большую часть отработки элементов реактора, минуя натурные реакторные испытания и используя электрический нагрев, плазмотроны, испытания отдельных элементов в исследовательских реакторах.

Аппарат ИВГ-1 представляет собой гетерогенный газоохлаждаемый реактор с водяным замедлителем и физически бесконечным бериллиевым отражателем. Конструкция его состоит из стационарной и сменной частей. Стационарная часть включает корпус реактора 1 с крышкой 2, отражатель 7, барабаны регулирования мощности 3, блоки биологической защиты 6, экраны 8. Сменная часть активной зоны содержит центральную сборку 9 с комплектом из тридцати технологических каналов (ТК) 5 и центральным каналом 4. Исследуемые ТВС ЯРД могут располагаться как в составе группы ТК, так и в центральном канале, где благодаря окружающему канал бериллиевому вытеснителю может быть обеспечен увеличенный примерно в 2 раза по сравнению со средним по сечению поток тепловых нейтронов, что позволяет испытывать установленную в центральном канале ТВС при форсированных (вплоть до разрушающих) нагрузках. Использование в стендовом прототипе ЯРД вместо гидрид-циркониевого замедлите-

*Продольный и поперечный разрезы реактора ИВГ-1*

ля воды (близкой к гидриду циркония по ядерно-физическим свойствам) расширяет экспериментальные возможности реактора, позволяя производить замену исследуемых блоков без конструктивных доработок, и увеличивает надежность эксплуатации реактора.

На Институт была возложена функция конструктора-технолога ТВС для этого реактора. Разработка ТВС для реактора ИВГ-1 на основе варианта, предложенного НИКИЭТ, началась в конструкторской лаб. 37 (начальник — П.П. Кузнецов), формально не входившей в состав отдела 30. В 1969 г. новым начальником отдела стал Ю.Н. Подладчиков, И.И. Федик был назначен заместителем директора по научной работе.

В том же году работы по направлению ЯРД в НИИ-9 были прекращены. Часть сотрудников, пожелавших продолжить работу в этом направлении, перешла в наш институт. Среди них был Е.К. Дьяков — в будущем один из руководителей направления ЯРД и генератор многих идей по конструкции ТВС ЯРД. Однако тогда его никто особенно не знал, и в процессе подготовки перехода, по воспоминаниям Ю.В. Кошелева, Н.И. Полторацкий ему заявил: «Тебя, Юра, я возьму с удовольствием. Ну, а для Дьякова я что-нибудь подыщу — будет конструировать у меня технологическую оснастку».

Однако судьба оказалась более благосклонна: бывшие сотрудники НИИ-9 составили ядро сектора (начальник — Е.К. Дьяков), который занимался разработкой ТВС реактора ИВГ-1. В 1970 г. этот сектор был

выделен из лаб. 37 и вошел в состав отдела 30 как лаборатория 33. После прекращения работ по ЯРД в НИИ-9 («девятке») ПНИТИ стал монополистом. Но обеспечение конкуренции требует денег, которых у страны, естественно, не хватало. Пришедшие в институт сотрудники из «девятки» принесли и разработанные там технические решения, которые после неудачи с проволоочным твэлом еще ранее стали внедряться в ПНИТИ. Ю.В. Кошелев считает Р.Б. Котельникова основным идеологом технологий, разработанных в «девятке»: «Именно Рэд Борисович был вдохновителем всех первых работ по конструированию изделий из хрупких материалов, технологиям изготовления, высокотемпературному материаловедению».

Первой проблемой при разработке конструкции ТВС, над которой работали И.И. Федик, Г.Н. Чернышов, Ю.Н. Подладчиков, Л.Б. Нежевенко, Е.Б. Попов, Е.К. Дьяков Ю.В. Кошелев, Е.Н. Ботулин, А.Т. Гречкин, М.Ф. Тищенко был выбор формы карбидного твэла. Поиск велся среди закрученных стержневых твэлов (длина 100—200 мм, описанный диаметр 1,5—3 мм). Рассматривались три формы закрученных стержней. В результате был выбран вариант (двухлопастный закрученный стержень с описанным диаметром 2,2 мм и толщиной лопасти 1,24 мм), у которого была наименьшая разрушаемость под действием температурных напряжений. К тому же характер разрушения двухлопастных твэлов позволял надеяться на меньшее увеличение гидравлического сопротивления нагревной секции, чем у четы-

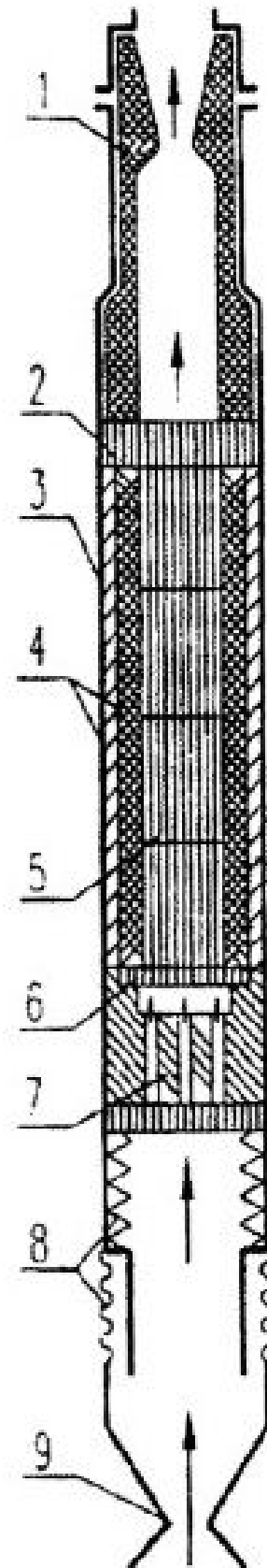


рехлопастных и плетеных твэлов, которые как правило, давали косые изломы, а следовательно, и много осколков.

Ключевым фактором, обеспечившим создание работоспособной конструкции ТВС из хрупкой керамики, явился сформулированный специалистами ПНИТИ при дальнейших предпетлевых и петлевых испытаниях принцип прогнозируемого разрушения.

Следующая сложная проблема, которой занимались Л.Е. Ластовецкий, Б.В. Нерубайло, В.С. Николаев, Ю.Н. Подогов, заключалась в выборе конструкции корпуса, и теплоизоляции. По предложению Е.К. Дьякова, была принята конструкция двухслойного корпуса и под его руководством был разработан окончательный вариант конструкции ТВС, которая с элементами крепления и биологической защитой стала именоваться технологическим каналом (ТК), и в 1970 г. был завершён выпуск его технического проекта.

Канал состоял из двух частей. Нижняя часть (НЧТК), разработанная НИКИЭТ, содержала элемент биологической защиты, коммуникации системы измерения, датчики измерения давления, тракт подвода рабочего тела (водорода или азота на этапе холодных продувок), элементы крепления ТК в реакторе. Верхняя часть (ВЧТК), разработанная



Типовая конструктивная схема ТВС:

- 1 — сочловой блок; 2 — решетка створная; 3 — силовой чехол;
- 4 — теплоизоляционный пакет;
- 5 — нагревая секция; 6 — решетка входная; 7 — торцевой отражатель;
- 8 — узел компенсации; 9 — дроссель

ПНИТИ, состояла из двухслойного силового корпуса, изготовленного на участке активной зоны (АЗ) из циркониевого сплава 125 (наружный корпус) и алюминиевого сплава АМГ-6 (внутренний корпус), а вне активной зоны — из стали. Внутри корпус защищен трехслойной теплоизоляцией из высокоплотного пирографита (ПГВ) и пористого карбида (ПК). Внутри теплоизоляционного пакета размещаются 8 нагревных секций (НС), набранных из двухлопастных твэлов с описанным диаметром 2,2 мм. Пористая карбидная теплоизоляция защищена от эрозионного воздействия водорода плотной тонкостенной карбидной гильзой. Вся теплоизоляция и гильзы набраны из отдельных втулок длиной 50—150 мм, опирающихся друг на друга. Весь столб НС опирается на стержневую опорную решетку (ОР), спаянную из



*Нагревная секция ТВС реактора ИВГ-1, состоящая из центрального пучка витых твэлов и многослойной теплоизоляции*

четырёхлопастных карбидных стержней. Усилие от НС через ОР и опорные втулки передается на корпус. Конструкция теплоизоляции жаровой трубы и активной части аналогичны. Жаровая труба оканчивается соплом из карбидографитовых втулок. Перед входом в НС установлен торцевой бериллиевый отражатель с отверстиями для прохода рабочего тела. НС и теплоизоляция поджимаются разрезными, стальными пружинами к опорному узлу.

Впервые в машиностроении при разработке высоконадежной конструкции принято беспрецедентное решение использовать хрупко разрушающиеся материалы, что потребовало изменить принципы конструирования и установившиеся взгляды на прочность и термпрочность.

При разработке ВЧТК было решено большое количество задач по конструированию, расчетному и экспериментальному обоснованию работоспособности узлов ТВС, разработке технологии их изготовления. Расчетное обоснование ТВС гетерогенных газовых реакторов проводилось В.Д. Дарганом, Н.Я. Паршиным, Е.Б. Поповым, О.Г. Лебедевой, А.К. Волковым, Ю.Н. Подладчиковым, Э.М. Федоровым, В.М. Ждановым, Г.Н. Чернышевым, С.Д. Ивановым.

В ходе предреакторной ползментной отработки узлов ТВС и реактора был проведен большой объем газодинамических, термомеханических и петлевых испытаний. Результаты исследований позволили оптимизировать конструкторские и технологические решения, положенные в основу разработки ТВС и реактора.

Предпетлевые испытания узлов ТВС в лаб. 71 осуществлялись на электротермических и высокочастотных установках Ю.Б. Обыденковым, на электродуговых — А.В. Пустогаровым, на гидравлических — А.Р. Хенвениным, В.Г. Ермаковым.

Большой объем материаловедческих исследований, обосновавших выбор материалов и оценку поведения этих материалов при предполагаемых условиях эксплуатации, был проведен в лаб. 66, 67.

Реакторные испытания проводились на импульсном графитовом реакторе (ИГР) сотрудниками лаборатории К.П. Власова и работниками ОЭ А.С. Рычевым, В.Я. Ивановым в каналах Д-10, разработанных и изготовленных В.Я. Якубовым, Л.Г. Хорцевым, А.Г. Завражиным, Ю.В. Стахановым. Надо сказать, что ИГР не имел принудительного охлаждения АЗ и был создан для проверки некоторых физических и конструктивных идей, и после испытаний должен был быть уничтожен. Однако, реактор оказался весьма полезным в разработке твэлов ЯРД, дав возможность провести первые недлительные (несколько секунд) испытания карбидных твэлов при нагреве вплоть до расплавления.

Реакторные испытания проводились в специальных петлевых каналах, разрабатываемых и изготавливаемых на механосборочной базе отдела лаб. 74, руководимой последовательно А.Г. Завражиным, затем А.М. Захаровым и, наконец, с 1971 г. И.М. Семеновым. Конструкторский сектор лаборатории в этом же году был выделен в самостоятельную лаб. 75 под началом В.Я. Якубова.

Еще до образования лаборатории одна из первых задач конструкторского сектора лаб. 74 заключалась в усовершенствовании конструкции ампулы ПУ-07, разработанной в НИИ-1, НИИТП (ныне Центр М.В. Келдыша). К тому времени в этой ампуле было проведено несколько серий успешных испытаний различной конструкции стержневых твэлов ЯРД на реакторе ИГР в Семипалатинске. Теперь требовалось организовать ее производство. Первоначально в качестве базового опытно-технологического предприятия Министерством был определен п/я 2 в г. Нарва ЭССР. Группу сотрудников во главе с В.Г. Митрохиным в начале декабря 1963 г. командировали в Нарву для изучения обстановки на заводе и разработки стенда холодных испытаний ампул типа ПУ-07.

Одновременно в Институте начались подготовительные работы по созданию экспериментального производства ампулы. В связи с длительностью периода подготовки испытаний и их дороговизной с первых же шагов руководством была поставлена задача резко увеличить количество одновременно испытываемых твэлов в петлевой ампуле. Было принято решение вместо 7 твэлов в поперечном сечении модельной сборки ампулы ПУ-07, испытывать одновременно 31, увеличив тем самым представительность испытаний, мощность тепловыделяющей сборки и большее приближение твэлов к штатным условиям их работы. Это потребовало провести существенную модернизацию конструкции ампулы, по сути дела — создать новое изде-

лие — канал Д-10, который успешно эксплуатировался вместо ампулы ПУ-07.

К 1973 г. в лаб. 73, 74 были разработаны и защищены технические проекты полномасштабных петлевых каналов 91П и ЗООП/50 для испытаний ТВС ЯРД и стендового прототипа ЯРД — ИВГ-1 на реакторе ИГР. За время своего существования (с 1971 до 1995 г.) в лаб. 75 было разработано и внедрено на различных исследовательских реакторах страны свыше 200 наименований петлевых и облучательных устройств для испытаний различных твэл, ТВС и других конструктивных элементов разрабатываемых установок (замедлителя, отражателя и др.). Было получено свыше 40 авторских свидетельств на изобретения, большинство из которых были внедрены, и в 1981 г. В.Я. Якубов успешно защитил кандидатскую диссертацию.

Для подтверждения правильности конструктивных решений разрабатываемых проектов ЯРД одних предпетлевых и петлевых испытаний, естественно, недостаточно, требуется проведение полномасштабных реакторных испытаний.

С 1964. на Семипалатинском ядерном полигоне началось строительство стендового комплекса «Байкал-1» для полномасштабных реакторных испытаний ТВС, модулей активных зон и прототипов реакторов. Площадка для строительства была выбрана в 65 км к югу от города Семипалатинска-21 в центральной части полигона.

Выбор местонахождения стендового комплекса определялся наличием

большой охраняемой территории, а также расположением ранее созданного в 1962 г. импульсного графитового реактора ИГР. На стендовом комплексе сооружались реактор: ИВГ-1 и два реактора ИРГИТ. Руководство строительством осуществляла Экспедиция 10 ПНИТИ (начальник — А.А. Калыров, директор строящегося предприятия Д.Ф. Юрченко) с участием представителей разработчиков проектов реактора, систем и стендового комплекса в целом. К концу 1966 г. экспедиция 10 уже стала сформировавшимся, успешно действующим предприятием, обеспечивающим организацию и проведение строительства объектов стендового комплекса в городке на берегу Иртыша, ее численность составляла человек 50—60.

Большое значение в интенсификации разработки имело назначение в июне 1969 г. директором института (по предложению первого директора НИИТВЭЛ М.В. Якутовича) И.Г. Гвердцители, чей энтузиазм и большая творческая энергия сыграли существенную роль в налаживании и отработке кооперации предприятий-участников разработки.

«И.Г. Гвердцители, — вспоминает И.М. Семенов, — решительно произвел реорганизацию в институте, сосредоточив всю работу по ЯРД под руководством Ю.Н. Подладчикова. Естественно, с этого момента работать стало легче и интереснее, ибо Ю.Н. Подладчиков был очень хорошим, понимающим начальником. Он никогда не лез в мелочи, а руководил по-крупному. Хочу отметить Е.К. Дьякова как выдающегося конструктора, и при непосредственном участии которого в руководимой им

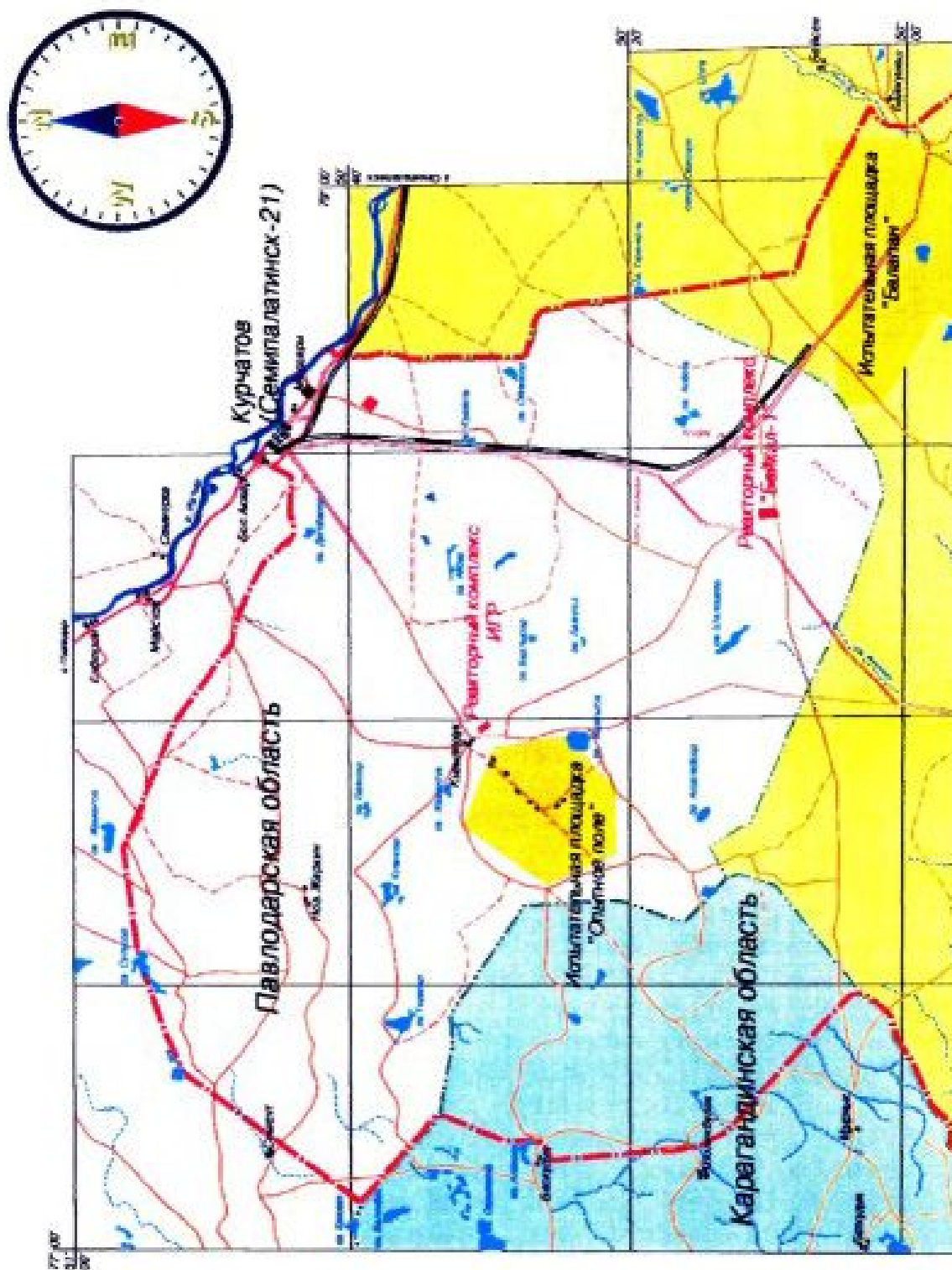


Схема расположения г. Семипалатинска-21 и стенового комплекса «Байкал-1»

лаборатории были разработаны все технологические каналы, из которых в Семипалатинске было собрано несколько разноплановых активных зон как на «большом» реакторе (ИВГ-1), так и на «малом» (ИР-100). Великолепная идея Е.К. Дьякова собрать высокотемпературную длинномерную многослойную теплоизоляцию ТК из фрагментов оптимальной длины по принципу «змейной чешуи» полностью подтвердилась жизнью, так как первая активная зона реактора ИВГ-1, собранная из таких технологических каналов, впервые в мировой истории проработала в жесточайших условиях температуры теплоносителя — 3000 К в течение почти 4000 сек. Е.К. Дьяков был «правой рукой» Ю.Н. Подладчикова и его главным советником по всем техническим вопросам.

Подготовка к изготовлению комплекта технологических каналов первой активной зоны реактора ИВГ-1 началась еще в 1970 г. в процессе отработки технологии и изготовления первого экземпляра ТК. С участием лабораторий были реконструированы цеха Опытного завода ПНИТИ. Сначала сотрудники этих цехов работали в составе лабораторий, и фактическое их выделение произошло в 1971—1972 гг. Всего в изготовлении каналов по схеме ЯРД участвовало пять цехов Опытного завода (2, 3, 4, 8, 10). Изготовление твэлов в реконструированном цехе (нач. цеха — Д.С. Львовский, затем Ю.И. Казимиров) началось с 1965 г., а с 1979 г. цех начал осваивать производство других элементов конструкции ТК: теплоизоляционных втулок, опорных решеток, термопар.

Производство теплоизоляции затем было передано специализированному цеху 10 (нач. — Н.Н. Владимирский, затем О.Д. Чепель), в котором было установлено большое количество нестандартного оборудования: печи газофазной металлургии, высокотемпературного горячего прессования, спекания и пайки изделий.

Сборка каналов осуществлялась в специализированном сборочном цехе 4 (нач. — А.П. Мирошников). Бериллиевые детали изготавливались в цехе 2 (нач. — В.Н. Степанов), а металлические детали (корпуса из стали, сплава 125 и АМГ-6) — в цехе 3 (нач. — А.В. Смирнов). Часть операций по изготовлению ТК проводилась в лабораториях (например, биметаллические переходники сплав АМГ-сталь формировались Е.И. Стражниковым в лаб. 44, руководимой И.И. Корниловым, из биметаллических труб, изготавливаемых в Волгоградском политехническом институте, по тогдашним временам, довольно экстравагантной сваркой взрывом).

В конце 60-х годов была выполнена очень важная работа, которая, к сожалению, прошла не так заметно в институте, как она того заслуживала. Это создание «Регулирующих барабанов» для реактора ИВГ-1. Ведущим по теме и ведущим конструктором разработки барабанов был сотрудник лаб. 74 В.В. Губанков. ПЭЛы (поглощающие элементы), которые являлись основой регулирования работы реактора, прошли, можно сказать, классический цикл отработочных испытаний на термудар в Обнинске у В.А. Малыха, на ресурс в реакторе СФНИКИЭТ, на

предельные температурные и нейтронные нагрузки в реакторе ИГР. Созданные совместно с цехом 2 Опытного завода барабаны были установлены в реактор и работают успешно до сих пор.

Оперативная организация производства, четкое взаимодействие лабораторий и цехов было обеспечено благодаря постоянному вниманию к этим вопросам директоров опытного завода А.Ф. Петрова (до 1973 г.) и затем Р.Г. Фрайштута.

Для решения сложных технических проблем в максимально короткие сроки было организовано эффективное содружество науки и производства под руководством расчетно-конструкторского отдела 30. Проектирование и изготовление ВЧТК велось параллельно. Большую роль сыграли еженедельные оперативные совещания у заместителя директора И.И. Федика. Технический проект ВЧТК был выпущен в 1969—1970 гг., а первый образец ВЧТК — изготовлен в 1970 г.

«Ритм работы, — вспоминает научный сотрудник лаб. 73 И.Д. Дараган, — очень напряженный. С утра — короткая оперативка. Далее Е.К. Дьяков, его заместитель — Ю.В. Кошелев, ведущие сотрудники М.Ф. Тищенко, А.А. Мартикян, В.М. Снегирев, Е.Н. Ботулин, А.Г. Гречкин, С.В. Туманов направляются то в одно, то в другое подразделение института. На стене висит картонный секторный циферблат со стрелками, указывающими, в каком подразделении в данный момент они находятся. Выполнение работы организовано по комплектуемым бригадам. При отдыхе на вечеринках или днях здо-

ровья в моде лозунг — «по комплектуемым бригадам, с нами Дьяков впереди».

Уже в конце 1971 г. первая партия как «верхних» (ВЧТК), так и «нижних» частей (НЧТК), из которых состоял технологический канал (ТК), была отправлена на Семипалатинскую площадку для досборки.

«Иракий Григорьевич, — вспоминает И.М. Семенов, — принял тогда мудрое решение: организовать на объекте 300 Семипалатинска участок сборки и контрольных стендовых испытаний полностью собранных ТК. Преследовались при этом две цели: первое, не транспортировать длинномерные (более 3 метров) изделия по железной дороге, опасаясь за их целостность, а дособрать, проверить их на месте и готовыми загрузить в активную зону уже установленного на объекте 300 корпуса реактора, и, второе, активной работой комплексной бригады, набранной из сотрудников института (лаб. 34, лаб. 73, цех 4, лаб. 32 и др.) показать сотрудникам ОЭ Семипалатинска, как надо работать, чтобы подстегнуть их к продуктивной, полной энтузиазма, деятельности в вопросах, которые им были поручены, ибо работа там шла ни шатко ни валко. В связи с этим при непосредственном участии И.Г. Гвердцители, И.И. Федика, Ю.Н. Подладчикова в ноябре 1971 г. была сформирована комплексная бригада под моим руководством. Моими помощниками по хозяйственным вопросам были В.И. Артемьев, по технологическим вопросам — отличный сварщик нашей лаборатории А.Н. Козленко. Монтажом «холодного» газодинамического

стенда руководил сотрудник лаб. 32 Б.А. Зыков. Начальником Объединенной экспедиции в ту пору был О.П. Руссков, человек знающий, но очень тяжелый, буквоед. По прибытии в начале декабря в Семипалатинск мы столкнулись с массой проблем: спецодежда, спецобувь, спецпитание, теплая одежда (холода в степи очень приличные), размещение на ночлег, транспорт, инструменты, чистота в сборочном помещении, которое при нас продолжали отделять (отсюда постоянная цементная пыль) и многое другое. Но, тем не менее, работа началась сразу, без раскочки, и уже в конце декабря мы звонили в Подольск, чтобы первые ВЧТК и НЧТК присылали к нам на опробование нашей технологии И.Г. Гвердцители поставил задачу, чтобы до конца 1971 г. первые два ТК были собраны. Два канала нам собрать не удалось, но на одном мы сумели опробовать всю технологическую цепочку досборки и газодинамического контроля. В январе 1972 г. меня в качестве руководителя комплексной бригады сменил Мирошников А.П.).

В 1971 г. было принято решение одновременно с разработкой ТВС ИВГ-1 начать разработку стендового двигательного ЯРД тягой 40 т и его прототипа ИР100 (ИРГИТ) (ЯРД тягой 3,6 т). Конструкторско-технологические разработки ТВС были поручены ПНИТИ. Приоритет в разработке был отдан реактору ИРГИТ (планировалось закончить отработку ТВС до 1976 г.). Следует отметить, что для двигательного варианта ЯРД в институте в течении ряда лет интенсивно проводились материаловедческие и технологические разработки по

изготовлению блоков замедлителя из гидрида циркония диаметром 800 мм. Технический проект ТВС реактора ИРГИТ был выпущен в 1973 г. Разработка реактора была законсервирована в связи с общим ограничением задач по направлению ЯРД.

База для реакторной отработки ТВС также приобрела к этому времени окончательный облик. И.Г. Гвердцители, посетив в сентябре 1969 г. экспериментальную базу на Семипалатинском полигоне, пришел к выводу о целесообразности объединения двух работающих там экспедиций: экспедиции — 10 и экспедиции — 361 ИАЭ, которая уже вела экспериментальные исследовательские работы на реакторе РВД, с 1962 г. именуемом как импульсный графитовый реактор (ИГР), и располагала опытными кадрами. Идею объединения поддержал директор ИАЭ академик А.П. Александров. В 1969 г. была образована Объединенная экспедиция ПНИТИ, начальником ОЭ был назначен О.П. Руссков. Это позволило перевести с объекта 100 ИГР на объект 300 (стендовый комплекс «Байкал-1») ряд подразделений, а также укомплектовать создаваемые в ОЭ научные лаборатории опытными специалистами.

Большое значение в вопросах реализации задач, стоящих перед объединенной экспедицией, имел прием в начале семидесятых молодых специалистов — выпускников вузов: Томского политехнического института, Московского авиационного института, Одесского института криогенной техники. Из них выросла замечательная, талантливая молодая смена. Они





*Одна из первых групп работников НИИТВЭЛ по организации базы на Семипалатинском полигоне (1964 г.). Слева направо — В. Воронин, П.П. Янчур, зам. директора по общим вопросам А.П. Мышко, Э. Шиловская, А.Г. Григорьев, И.А. Ершов; сидят — А.П. Князев, А.Н. Андреев*

с любовью и энтузиазмом продолжили начатое старшим поколением дело — создание ЯРД. Многие из них стали руководителями, учеными, высококлассными специалистами.

«Следует, — говорит И.А. Могильный, — хотя бы коротко сказать, в каких условиях жили и работали рабочие, инженеры и научные работники Объединенной экспедиции. Жилой городок, называемый в начале шестидесятых годов по-разному: «Конечная», «Берег», «Семипалатинск-21», позднее «Курчатов», жил жизнью военного гарнизона. Расположен он в 150 км от областного центра г. Семипалатинска на левом высоком бе-

регу Иртыша. Комплекс «Байкал-1» с реактором ИВГ-1 располагался в 70 км от городка в бескрайней степи в режимной зоне ядерного испытательного полигона, на территории которого с 1949 г. по 1989 г. было проведено 452 ядерных взрыва. К этому надо добавить прелести резко континентального климата. Летом температура воздуха в тени до +40°C, а порой и более, зимой до -40°C. Зима почти бесснежная, ветер зимой и летом 10—15 м/с, осадков в год выпадает всего 150—200 мм в год, солнечных ясных дней в году около 300.

Жилищные условия на базе 10 с 1966 г. по 1971 г. — общежития сбор-



*г. Курчатов — степной оазис на берегу Иртыша*



*Улица, ведущая к зданию управления ОЭ, вся в зелени только благодаря искусственной поливке, совершенно необходимой в засушливом климате*

но-щитовой конструкции, столовая такого же типа. С 1971 г. было введено в строй благоустроенное общежитие гостиничного типа с пищеблоком. От общежития (жилая зона) до технической зоны («Байкал-1») — 3 км. Режим работы работающих на объектах 100 и 300 каждый понедельник — отъезд на автобусах из городка в 6 ч. утра (зимой температура сиденья в автобусе равна температуре на улице); автобусы — в основном марки «Рафик», совсем не для Казахских зим, других не выделяли. Дорога до площадки 10 занимала 1,5 часа. В 8 часов начало работы на объекте «Байкал-1» в сооружениях и зданиях, расположенных под землей. Каждую пятницу в 17 часов — отъезд с площадки-10 на берег Иртыша в жилой городок к женам и детям. И так в течение 10—20 лет.

Переживания, которые испытывал за многие годы каждый, кто работал на объектах, трудно описать. При подъезде к городку душу переполняли чувства радости от ожидания встречи с близкими и родными, с домашней обстановкой и также ощущением запахов, отличных от запахов пыльной степи и запаха холостяцкого общежития. Но люди не жаловались. Нет, они мужественно переносили все неудобства и трудности. Об этом надо сказать, чтобы у тех, кто не был среди них, сложилось бы объективное представление о людях, посвятивших свои лучшие молодые годы важному для страны и любимому для них делу. Будь моя воля, я бы всех, кто работал на стендовом комплексе «Байкал-1» и стендовом комплексе реактора ИГР награждал ор-

деном «Мужества». Они это вполне заслужили. От себя скажу: прошло почти 25 лет, как я уехал из Объединенной экспедиции, но, проработав там 11 лет, я с любовью вспоминаю те годы и людей, с которыми посчастливилось мне жить и работать».

В конце 1972 г. под руководством Ю.Н. Подладчикова создается специальная выездная бригада для досборки ТК и подготовки реактора ИВГ-1 к испытаниям. Работа эта проводилась в условиях строительства испытательного стендового комплекса «Байкал-1». Следует отметить огромный энтузиазм людей, которые почти вручную устанавливали вертикальные калибры для контроля входимости ТК. Первый комплект ТК был готов к проведению испытаний в 1973 г. Некоторое впечатление об атмосфере работ передает М.Ф. Тищенко: «Большая часть комплексной бригады (инженеры, техники и др.) работала по 10—12 часов в подземных помещениях с унылыми серо-зелеными стенами. Через 2—3 недели работы в этих условиях началась хандра и уныние (особенно у женщин). Кто-то предложил разрисовать стены, после бурных обсуждений были нарисованы деревенские окна с занавесками, а в них почти левитановские виды. Люди приободрились и повеселели».

После изготовления комплекта ТК для реактора ИВГ-1 нужно было решить задачи их доводки и испытания. Кроме того, необходимо было интенсивно вести отработку ТВС реактора ИРГИТ. С этой целью в 1974 г. было принято решение объединить все конструкторские подразделения по направлению ЯРД в



*Реакторная площадка ИГР*

рамках отдела 30. В отдел 30 была переведена также часть лаб. 71 (в основном стенд ЭДУ), образовавшая лаб. 38 во главе с ктн А.В. Пустогаровым. Им в сотрудничестве с Ю.В. Курочкиным, Р.Я. Захаркиным, Б.С. Гаврюшенко, В.И. Завидеем, А.П. Халбошиным, В.В. Уколовым, Г.Н. Мельниковым было создано семейство плазмотронов, по своим характеристикам не имеющее аналогов в мире. При высоких температурах проведено более 2000 исследований конструктивных элементов в потоках нагретого водорода, азота и смеси азота и воздуха с общим ресурсом, составляющим десятки часов.

Проведенный большой объем газодинамических, термомеханических и петлевых испытаний в ходе предреакторной позлементной отработки узлов ТВС и реактора позво-

лил оптимизировать конструкторские решения, положенные в основу разработки ТВС и реактора. Были определены и измерены неизвестные ранее или слабо изученные термочувствительные, структурные и теплофизические характеристики большого количества реакторных материалов и топливных композиций из них, изучены эффекты радиационного воздействия на материалы ТВС и активных зон реактора ЯРД.

Разработана программно-методическая документация предстоящих пусков реактора и испытаний ТК. Эти документы рождались в результате бурных дискуссий с участием представителей ПНИТИ, ИАЭ им. И.В. Курчатова, НИКИЭТ. Большую роль в окончательном определении предполагаемых параметров испытаний сыграло рассмот-

рение этих вопросов у И.Г. Гвердцители и И.И. Федика. Выбор режимов пуска проводился на основании многочисленных расчетов сотрудников отд. 30 и расчетно-экспериментальных исследований сотрудников ОЭ А.И. Смирнова, Н.В. Могилатова, В.Н. Грознова, Ш.Т. Тухватулина, Б.В. Сорокина, В.М. Щербатюка, Н.Н. Дегтярева, Н.А. Уренского, Ю.С. Черепнина под руководством начальника И.А. Могильного.

В течение 1974—1975 гг. в реакторе ИГР были испытаны два технологических канала. Благополучный исход этих испытаний явился первым экспериментальным подтверждением работоспособности ТВС в целом. В 1972 г. был проведен физический пуск реактора ИВГ-1, руководили которым В.М. Талызин (ИАЭ) и И.А. Могильный (ОЭ). Энергетический пуск (ЭП) реактора ИВГ-1 успешно прошел 7 марта 1975 г. В процессе проведения энергетического пуска была проверена работоспособность реактора, оборудования и стендового комплекса в целом.

«Первый исследовательский пуск установки 300 (реактора ИВГ-1), — вспоминает И.Д. Дараган, — прошел в феврале 1976 г. При подготовке к пуску среди участников команды идут жаркие (очень эмоциональные) споры в части организации автономной аварийной защиты (ААЗ) по контрольным параметрам ТВС (температура, давление). У представителей научного руководителя ИАЭ и главного конструктора реактора НИКИ-ЭТ возникали опасения по ложному срабатыванию системы и упорное нежелание ужесточить систему кон-

троля. Мы же хотели назначить более жесткие пороги срабатывания защиты, чтобы не пропустить аварийную ситуацию. Компромисс был найден с трудом. Пуск прошел успешно. Мое личное впечатление, как участника выполненной работы — ощущение, сравнимое с чувством после полета Гагарина. Из суеверия ни в группу пуска, ни в гостевую зону женщины допущены не были. На банкете, после снятия стресса отдельные мужчины танцевали в паре друг с другом».

Удовлетворительное соответствие расчетов и экспериментов подтвердило достаточность расчетных методик. Разделка каналов, проведенных В.И. Тарасовыми, Б.Ф. Ушаковым, В.Я. Ивановым показала тот же характер повреждений, что и в испытаниях на ЭДУ и РВД: пористая теплоизоляция и ОР имеют трещины, но обломки не смещаются со своих мест, поэтому ТВС сохраняет свою работоспособность. Установленная лабораторными исследованиями А.Г. Ланина, В.С. Егорова, В.П. Попова принципиальная возможность неполного разрушения твэл при определенных видах термического нагружения была подтверждена реакторными испытаниями. Образующиеся поперечные трещины на поверхности твэлов в 3—5 раз снижают прочность. Полное разрушение твэлов, становятся возможным только за счет бандажных напряжений (силового воздействия обоймы ТИП на пучок твэлов) и вибрационных нагрузок.

В период подготовки к испытаниям реактора ИРГИТ для более эффективного управления разработкой

и оперативности научно-производственных связей с ОЭ в 1977 г. было образовано под руководством Ю.Н. Подладчикова отделение ЯРД, в которое вошли отделы 20, 30, и начавший «вторую жизнь» отдел 70 (начальник — Е.К. Дьяков).

Формирование отдела 70 не ограничилось механическим его выделением из отдела 30. Группа ведущих специалистов была направлена для работы в ОЭ. Е.К. Дьяков в должности заместителя руководителя ОЭ по испытаниям с сохранением статуса начальника отдела 70 возглавил экспериментальную отработку изделий. Ведущий конструктор, разработчик специальных каналов КЭТ, КЭП для испытания ТВС ЯРД А.А. Мартикян был назначен начальником лаб. 73. На должность главного инженера с одновременным исполнением обязанностей заместителя начальника отдела назначен М.Ф. Тищенко.

Под руководством В.Д. Дарагана была создана лаб. 76 для предпетлевой отработки узлов и элементов высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов. «Основное внимание специалистов А.Р. Хенвена, В.Г. Ермакова, В.Н. Стецюка, А.Ю. Котова, В.Ю. Вишневского, В.А. Лабзина, — говорит В.Д. Дараган, — было направлено на получение статистически обоснованных экспериментальных коэффициентов переноса масс в теплообменных процессах ТВС ЯРД. На основе ряда разработанных уникальных методик удалось исследовать протекание химических и эрозийных процессов на поверхности твэлов и конструктивных эле-

ментов. В частности, была оценена степень опасности взаимодействия водорода с пирографитом, находящимся в составе теплоизоляционного пакета. Была убедительно доказана необходимость выполнения жестких требований к чистоте рабочего тела (водорода)». Начальник группы лаб. 74 В.В. Губанков возглавил вновь организованную службу сборки изделий в ОЭ, что позволяло производить окончательную сборку изделий непосредственно на объекте и значительно повышало эффективность подготовительных работ на стенде. В период с 1979 по 1987 гг. коллектив отдела 70, в качестве головного подразделения, совместно с опытным заводом и сотрудников ОЭ под руководством директора В.П. Денискина выполнили значительный комплекс работ по созданию, изготовлению и испытаниям экспериментальных ТК и теплообменников изделия в реакторах ИВГ и ИРГИТ. Испытания реактора ИРГИТ были проведены на втором рабочем месте стендового комплекса «Байкал-1» в 1978 г. Многие отличившиеся сотрудники представлены на юбилейной фотографии 1990 г.

Каждый из проведенных пусков реакторов ИВГ-1, ИРГИТ, ИГР был неординарным со своими особенностями их подготовки и проведения. «Один из пусков серии ресурсных испытаний ТВС изделия ИРГИТ в реакторе ИВГ-1, — вспоминает И.Д. Дараган, — проходил в напряженной обстановке. Все готово к испытаниям, но задержка с пуском — не в ту сторону дует ветер. Наконец, он поменял направление и эксперимент



Сотрудники Объединенной Экспедиции в юбилейные дни 1990 г.

начат. Все хорошо, реактор выведен на требуемый уровень мощности, но вдруг загорелась крыша близлежащего здания. Следует вопрос к пожарным руководителю группы пуска Е.К. Дьякова: как долго будет гореть крыша? Ответ — 15 минут, далее — быстрая команда Дьякова о продолжении пуска, так как очевидно, что провести его успеем без серьезных пожарных последствий. Цена подготовки пуска несоизмерима с этими последствиями, чтобы эксперимент прекратить».

Работы с водородом на реакторе ИВГ-1 проводились до конца 1988 г. За это время проведено более полутора десятков испытаний на реакторе ИВГ-1 и достигнута максимальная температура водорода — 3100 К (что соответствует удельному импульсу 925 с), получено удельное тепловыделение в твэлах до 30 МВт/л с общим ресурсом более 4000 сек за 12 последовательных включений реактора. Эти результаты значительно превосходят достижения США, полученные на графитовых активных зонах. Следует заметить, что за все время испытаний, несмотря на открытый выхлоп струи газа, выход радиоактивных осколков деления никогда не превышал допустимых норм ни на полигоне, ни за его пределами и не был зарегистрирован на территории сопредельных государств.

Успешные испытания первого в СССР высокотемпературного газоохлаждаемого реактора ИВГ-1 можно считать крупным достижением науки и техники. Эта работа, сконцентрированная в основном в ПНИТИ, потребовала мобилизации всех сил и средств института. Она постоянно находилась

в центре внимания и под контролем директоров института М.В. Якутовича и И.Г. Гвердцители. Последний был председателем пусковой комиссии на исследовательских пусках. Работа потребовала полной отдачи от руководства программы: заместителя директора по научной работе И.И. Федика, начальника расчетно-конструкторского отдела Ю.Н. Подладчикова, ведущего конструктора Е.К. Дьякова. За эту работу Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров от 3.11.80 г. в числе сотрудников ведущих предприятий, участвующих в работе, И.И. Федик, Е.К. Дьяков и И.А. Могильный удостоены звания лауреатов Государственной премии СССР.

В конце 70-х — начале 80-х гг. НИИТП и ПНИТИ начали интенсивно прорабатывать различные варианты многорежимной установки, способной помимо реактивной тяги вырабатывать электроэнергию для обеспечения жизнедеятельности космического летательного аппарата. Кроме основного двигательного режима реактор ЯРД должен был работать еще на двух энергетических режимах: малой мощности в течение значительного времени и большой мощности в течение примерно половины назначенного ресурса двигательного режима. Режим большой мощности (РБМ) не создавал никаких особых трудностей для реактора, поскольку по всем параметрам он значительно меньше нагружал реактор, чем основной режим. На режиме малой мощности (РММ) теплоноситель омывает ТВС только снаружи, а тепло от твэлов излучением через теплоизоляцию передается на



корпус. Этот режим существенно отличается от основного, на нем достигается большое выгорание топлива. Поэтому работоспособность деталей ТВС и, прежде всего твэлов, потребовало дополнительных исследований.

Для исследования работоспособности твэлов на режимах малой мощности (РММ), было решено переделать ИРГИТ-3 в петлевой реактор РА, способный работать непрерывно в течение длительного времени (месяцами). Сотрудниками ПНИТИ и ОЭ была разработана конструкция ресурсной ампулы (РА), которая позволяла испытывать в РММ различные по составу и геометрии твэлы.

С 1987 г. в реакторе РА начались испытания твэлов и конструкционных материалов реакторов ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ) на радиационную стойкость в непроточных газовых средах при температуре твэлов до 2000 К. С 1987 по 1991 гг. проведено 55 испытаний. Исследованы процессы выхода из топлива продуктов деления, их распространения, осаждения и фильтрации в газовых контурах.

В этот же период времени кооперации ПНИТИ, ИАЭ, НИКИЭТ разработали технический проект активной зоны для реактора ИВГ-1 с использованием азота в качестве теплоносителя. В 1983—1984 гг. были проведены испытания реактора ИВГ-1 в каналах с нагретыми до 2500—2900 К твэлами, охлаждаемыми азотом. Эти испытания впервые в мире показали возможность создания высокотемпературного газоохлаждаемого реактора с азотным тепло-

носителем. Позднее начались также проработки использования реактора ИВГ-1 для нагрева азота для  $\text{CO}_2$  – газодинамического лазера (ГДЛ). Рассматривалось несколько схем.

В 1985 г., в котором отмечалось десятилетие энергетического пуска реактора ИВГ-1, за успехи в создании новой техники и достижении высоких научно-технических результатов при проведении исследовательских работ на реакторе ИВГ-1 приказом Министра от 12.06.85 г. была отмечена большая группа сотрудников предприятий, принимавших участие в этих работах.

От ПНИТИ: Ю.Н. Подладчиков, Е.К. Дьяков, И.Д. Дараган, Н.Я. Паршин, А.П. Мирошников, Л.С. Дегтярева, Ю.Н. Виноградов, В.С. Максимов.

От ОЭ: В.П. Денискин, В.С. Васильковский, В.Г. Думшев, В.Н. Грознов, М.Л. Таубин, В.П. Остапчук, В.М. Щербатюк, В.П. Кадников, Л.Н. Тихомиров, Б.В. Сорокин, В.И. Тарасов, Ш.Т. Тухватулин, Н.А. Уренский, Ю.С. Черепнин, Д.И. Зеленский, А.Н. Колбаенков, С.М. Харитонов, О.С. Пивоваров, Ю.С. Васильев и др. (всего 34 человека).

В 1988—1990 гг., после прекращения работ по программе создания ЯРД, проведена реконструкция реактора ИВГ-1 с целью создания реакторного комплекса для испытаний ТВС газо- и водоохлаждаемых реакторов в петлевом экспериментальном канале, расположенном в центральной ячейке реактора. Модернизированный реактор ИВГ-1М введен в эксплуатацию 18 декабря 1990 г. На реакторе проводились исследова-

ния параметров взаимодействия конструкционных материалов с водородом и азотом, влияния облучения на твэлы и конструкционные материалы, а также эксплуатационных характеристик модернизированного реактора и реакторной установки в целом. Проведены проектные работы по созданию мощного газодинамического  $\text{CO}_2$  лазера, и на реакторе РВД проведены первые его испытания. Этим работам предшествовали разработки проф. А.В. Пустогарова, В.В. Уколова, Ю.В. Курочкина, В.М. Снегирева и А.В. Повитухина по созданию первого в СССР газодинамического лазера с

электродуговым нагревом рабочего тела.

После 1991 г. работы по ЯРД почти прекращены (ведутся в основном в режиме сохранения наиболее важных элементов задела), многие достижения уже утрачены. Сотрудникам ПНИТИ, отдавших лучшие годы своей жизни созданию ЯРД, видеть это тяжело. Пожалуй, лучше всех это выразил М.Ф. Тищенко: «Трудно было привыкнуть к жаре  $+45^\circ$  и к холоду  $-45^\circ$ , почти невозможно спокойно относиться к качающемуся полу, шагающему по комнате шифоньеру, падающему с полки книгам во время испытаний атомных



*Инспекция состояния водоохлаждаемых технологических каналов реактора ИВГ-1М, разработанных отделением ВТК ГосНИИ НПО «Луч» и находящихся сейчас в эксплуатации казахстанского института атомной энергии, созданного на базе Объединенной Экспедиции. В составе комиссии слева направо: В.А. Пахниц, В. Ганжа, В.И. Наливаев, В.А. Павишук. 2001 г.*



Ветераны разработок ЯРД, 2002 г. Слева направо: 1-й ряд — М.Ф. Тимченко, В.П. Демиски, И.И. Федик., Е.К. Дьяков, Г.И. Бабяниц; 2-й ряд — В.Н. Стецюк, Н.А. Шебалина, Ю.В. Кошелев, М.Я. Лякало, Л.С. Дестырцев, Н.Н. Дестырцев; 3-й ряд — А.Г. Ланин, Е.Б. Попов, И.Д. Дараган, Е.В. Астахова, В.С. Константинов, Г.И. Кропотова, Р.И. Поликарпова, Л.Д. Черняков, В.И. Наливайев, А.В. Пустогаров, П.Г. Афанасьев; 4-й ряд — О.П. Целиковский, Ю.С. Егоров, А.Т. Гречкин, В.Б. Палура, А.Р. Хелвен, В.А. Залогин, В.Д. Дараган, Н.Я. Паршин

бомб. Но картина несущегося табуна лошадей вдоль пустых, разоренных домов Семипалатинска-21, города наших самых больших свершений — это очень жестоко, больно, и к этому невозможно привыкнуть. Остались очень теплые воспоминания от встречи с коллегами, которые еще там работают и благодаря энтузиазму которых реактор ИВГ-1М до сих находится в эксплуатации. Но, к сожалению, в прежнем качестве стендовый комплекс уже не возродится. В связи с прекращением ядерных испытаний и уходом военных г. Курчатова на 2/3 оказался пустым с заброшенным жилым комплексом и подобной же инфраструктурой».

Несмотря на это Министерство РФ по атомной энергии и многие его предприятия (в том числе и ПНИТИ, ставшее теперь ФГУП НИИ НПО «Луч») стараются сохранить насколько это возможно имеющийся задел, чтобы можно было впоследствии максимально быстро восстановить достигнутый уровень.

За 25 лет интенсивной работы по проблеме ЯРД была решена не только основная задача создания реакторов ИВГ-1, ИР-100 и др., но и много смежных задач. Общий объем научных трудов составил более 1000 отчетов, статей и книг. По этой теме было защищено около сотни докторских и кандидатских диссертаций.



*Директор НПО «Луч» И.И. Федик открывает Международную конференцию по ядерной космической энергетике. Подольск, Ерино (1999г.).  
За столом президиума: Министр Средмаша Л.Д. Рябьев (второй справа),  
Министр РФ по атомной энергии В.Н. Михайлов (четвертый справа)*

## **ТЕРМОЭМИССИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

За последние десятилетия, начиная с шестидесятых годов, в России, США и в ряде других стран широкое распространение получили работы по прямому преобразованию тепловой энергии в электрическую на основе термоэлектрических и термоэмиссионных преобразователей. Интерес к этим работам обусловлен тем, что подобные методы преобразования энергии исключают промежуточный этап превращения тепловой энергии в механическую и позволяют создать компактные легкие высокоэффективные энергетические установки. Прямое преобразование тепловой энергии в электрическую особенно перспективно для космических ядерных энергетических установок. При этом неоспоримые преимущества перед другими системами преобразования имеют термоэмиссионные реакторы-преобразователи:

- наиболее высокий уровень температуры сброса тепла, что обеспечивает минимальные габариты холодильников-излучателей, габариты и вес установки в целом;
- сочетание высокого уровня верхней температуры цикла преобразования энергии, локализованного только в пределах эмиттерного узла, и освоенного уровня температур в остальных элементах и контурах установки;
- высокая удельная мощность, что обеспечивает ЯЭУ на основе термоэмиссионного реактора-преобразователя широкие возможности по

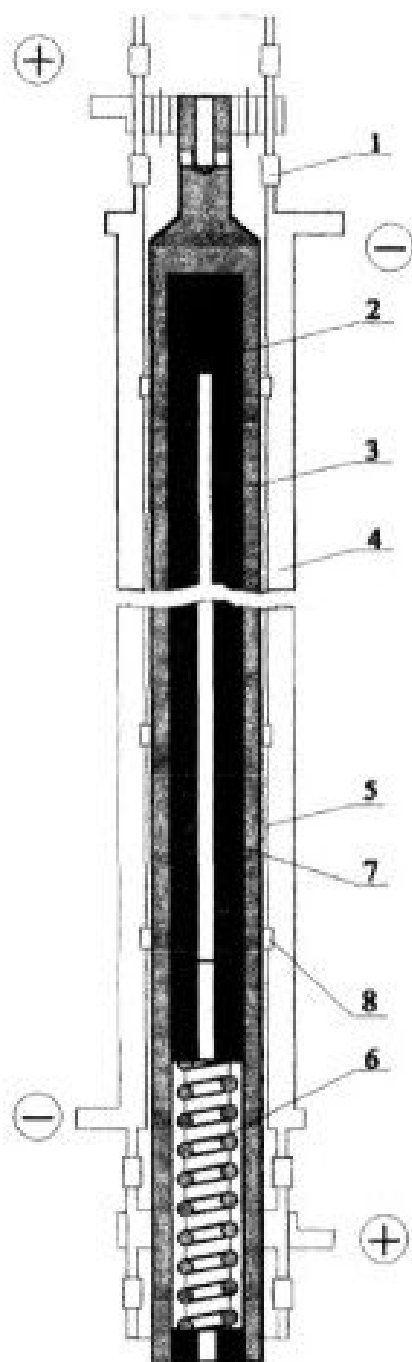
повышению мощности, коэффициента полезного действия и достижения длительного ресурса.

Эти преимущества были доказаны разработкой космических ядерно-энергетических установок с реакторами-термоэмиссионными преобразователями и длительными испытаниями их наземных прототипов.

Термоэмиссионный преобразователь (ТЭП) — это диод, имеющий «горячий» эмиттер (катод) и «холодный» коллектор (анод), где рабочим телом является электронный газ, образующийся в результате эмиссии электронов с поверхности эмиттера под действием подводимого к нему тепла и нагрева его поверхности до высоких температур. Непреобразованная часть тепла отводится от коллектора.

Использование термоэмиссионных преобразователей энергии с ядерными реакторами позволило создать принципиально новый тип установок, в которых источник тепловой энергии — ядерный реактор и преобразователь тепловой энергии в электрическую объединены в единый агрегат — реактор-преобразователь. Электрогенерирующий канал реактора-преобразователя (ЭГК) — это цилиндрический ТЭП, в котором нагрев эмиттера осуществляется расположенным внутри него твэлом.

В 1964 г. ИАЭ им. Курчатова, Ленинградский ЦКБМ, Сухумский



*Одноэлементный*

*электрогенерирующий канал:*

- 1 — сальфитно-гермоводный узел;*
- 2 — торцевой отражатель; 3 — эмиттер;*
- 4 — коллектор; 5 — межэлектродный*
- зазор; 6 — фиксирующий элемент;*
- 7 — сердечник из топлива;*
- 8 — дистанциатор*

ФТИ, Подольский НИИТВЭЛ начинают работы по созданию термоэмиссионной ядерной энергетической установки космического назначения с проектной мощностью 5—10 кВт и ресурсом работы 3 года.

На протяжении почти 40 лет НИИ НПО «Луч» (НИИТВЭЛ, ПНИТИ) является разработчиком электрогенерирующих каналов для реакторов-преобразователей ядерных энергетических установок космического назначения.

Привлечение НИИТВЭЛ к разработке и изготовлению термоэмиссионных преобразователей, а в дальнейшем и широкое развитие работ, были predeterminedены всем опытом работы предприятия с начала его деятельности в 1946 г. по разработке технологии получения новых конструкционных и урансодержащих материалов, в том числе твэлов различного назначения.

Первой разрабатывалась одноэлементная (с расположением электродов по всей высоте активной зоны реактора) конструкция ЭГК, главным преимуществом которой является открытая полость тепловыделяющего элемента (твэла), обеспечивающая вывод из него газообразных продуктов деления (ГПД) без сообщения с межэлектродным зазором (МЭЗ). Надежность ЭГК обеспечивалась размещением вне контакта с парами цезия электрической изоляции коллектора от корпуса. В открытой полости твэла предполагалось разместить имитатор твэла — электронагреватель и проводить вне реактора термовакуумную подготовку, исследования и испытания ЭГК.

На первой стадии главной задачей ПНИТИ было создание и расчетно-экспериментальная отработка высокотемпературного твэла. Особенно много внимания уделялось катодным оболочкам. В 1965—66 гг. по инициативе и непосредственном идеологическом руководстве М.В. Якутовича в институте начались работы по получению и исследованию монокристаллов молибдена и вольфрама (Б.А. Оплеснин, В.Н. Чеченцев, А.А. Ястребков, В.П. Лубенец). Идея использования монокристаллического материала в качестве оболочки твэла — эмиттера термоэмиссионного преобразователя — имела основополагающее значения для разработки ЭГК и получила в дальнейшем развитие.

Не менее важной задачей было создание вакуумноплотного металлокерамического узла (МКУ), который является одним из самых ответственных и сложных элементов ТЭП. Работая при высоких (до 1300 К) температурах в парах цезия, МКУ должен обеспечить герметизацию межэлектродного зазора и электрически изолировать эмиттер от коллектора. Потребовалось создать высокочистые электронизоляционные материалы, разработать технологию металлизации керамики, пайки и сварки разнородных материалов. Главная роль в разработке технологии изготовления высокотемпературных гермовводов принадлежала группе металлокерамики (руководитель А.П. Белоусенко) и группе пайки (руководитель А.А. Козьяков).

Ведущим конструктором разработки был в то время Ю.М. Конкин,

технологические проработки проводились в лаборатории 45 (нач. А.В. Шибанов) там же проводилась сборка первых ЭГК. Но уже в 1967—68 гг. проходит коренная реконструкция цеха 6 (нач. В.И. Баранов), разрабатывается заводская технология производства ЭГК.

Вспоминает Г.В. Савватимов, тогда молодой специалист, а с 1972 г. — технолог, заместитель начальника цеха 6: «В те годы все технологические процессы и специальную оснастку для изделий, изготавливаемых в основных цехах Опытного завода, разрабатывала технологическая группа отдела 16. Для меня, молодого специалиста, работа в этой группе была настоящей инженерной школой. С большой теплотой вспоминаю наших учителей В.А. Чухина и Л.Н. Семенычева. Мне поручили разработку технологического процесса на изготовление ЭГК. Началось со знакомства с лабораторией 45 в лице А.В. Шибанова, Ю.М. Конкина, Ю.И. Мишина — образно говоря, прародителей лабораторной технологии ЭГК. Моя задача была использовать лабораторный опыт разработать заводскую технологию применительно к цеху 6. Надо сказать, что внедрение технологических процессов в течение всей разработки проходило так же: вначале операции отработывались в лаборатории, затем передавались в цех с соответствующим руководящим материалом, на основании которого Отделом главного технолога разрабатывались технологические инструкции».

В 1967 г. в цехе 6 совместно с лабораторией 45 изготавливаются пер-

вые экспериментальные ЭГК для снятия электрических характеристик и определения ресурса работы на стендах в ЦКБМ и ИАЭ им. Курчатова. Испытания 1967—69 гг. определили пути совершенствования конструкции, технологии, потребность в новых конструкционных материалах с заданными свойствами.

Результаты работ предприятий кооперации по разработке ЯЭУ с реактором-термоэмиссионным преобразователем позволили принять постановление о создании ядерной энергетической установки Топаз-2.

Приказом по Министерству среднего машиностроения от 15.09.1969 г. за подписью первого заместителя Министра А.М. Петросьянца ЦКБМ, ИАЭ, ПНИТИ, СФТИ поручалось проведение поузловой и комплексной отработки конструкции ЯЭУ Топаз-2. ПНИТИ разрабатывала конструкцию и технологию электрогенерирующего канала и изготавливала комплекты ЭГК для комплексной отработки ЯЭУ Топаз-2.

Впоследствии Институт был назначен главным конструктором-технологом ЭГК ЯЭУ Топаз-2.

В 1969 г. директором ПНИТИ назначается дфмн, профессор И.Г. Гвердцителли, бывший директор СФТИ, непосредственно руководивший там работами по термоэмиссии.

«Основной причиной, побудившей переход И.Г. Гвердцителли, — вспоминает директор отделения «Исток», Ю.В. Николаев, — явились планы по дальнейшему развитию термоэмиссионного метода прямого преобразования энергии в направлении создания новых материалов, новых технологий и в конечном итоге орга-

низации масштабного производства термоэмиссионных преобразователей для ядерных космических энергоустановок. Работы такого направления и масштаба не вписывались в рамки СФТИ. Для решения этих задач были необходимы технологический институт и специализированное производство, чем и обладал ПНИТИ. Однако окончательное решение о переводе И.Г. Гвердцителли было принято после выхода Постановления Правительства о создании ЯЭУ «Енисей».

Вместе с новым директором из СФТИ прибыли в Подольск специалисты по физике и технологии термоэмиссионного преобразования энергии Ю.В. Николаев, Р.Я. Кучеров, Б.Ш. Кишмахов, В.Л. Гординский, С.А. Еремин, В.И. Слепов и другие.

«Мы ехали в ПНИТИ, — вспоминает бывший начальник конструкторского отдела В.Л. Гординский, — с надеждой и тревогой в ожидании сложной и ответственной работы, не очень представляя себе коллектив, в который нам предстояло вписаться, и те трудности, которые поджидали нас на этом пути. Не скрывая предстоящих трудностей, «сложную, но красивую работу» обещал нам И.Г. Гвердцителли, которому мы доверяли безоговорочно, т.к. был он выдающимся ученым, блестящим организатором и прекрасным человеком. Не все было гладко на первых порах, и не все встретили нас с распростертыми объятиями, но подавляющая часть коллектива поверила нам и поддержала, за что им великое спасибо!»

Разработка конструкции ЭГК ЯЭУ «Енисей», ее техническая и эк-



спериментальная отработка, а также координация работ привлеченных к ней подразделений института были поручены вновь организованному отделу 50 (нач. Ю.В. Николаев), в состав которого вошли лаборатории:

- расчетно-теоретическая 51 (нач. Р.Я. Кучеров);
- конструкторская 52 (нач. В.Л. Гординский);
- технологическая 53 (нач. Ю.В. Николаев).

Впоследствии из состава лаборатории 53 выделилась лаборатория экспериментальной отработки и испытаний 54 (нач. Ю.В. Николаев, с 1971 г. — Э.М. Чижова), начальником технологической лаборатории стал Б.Ш. Кишмахов. Организуется лаб. 56 (начальник А.П. Белоусенко), продолжавшая создание керамических материалов и гермовводов на их основе.

Первым и единственным сотрудником лаб. 52 стал ее начальник В.Л. Гординский. Он вспоминает: «Мне был предоставлен пустой длинный зал около 100 кв. м. и право набирать конструкторов в существующую пока только на бумаге лабораторию 52. Не было ничего — ни людей, ни кульманов, ни карандашей, ни бумаги. Зато было точно известно, что через 3 месяца первую документацию нужно было передать на завод, и права на ошибку или срыв сроков у меня не было...».

Быстро найти подходящих конструкторов не удалось, несмотря на старания сотрудников отдела кадров. Пришлось обратиться за помощью в Ленинградский ЦКБМ, откуда временно приехали в Подольск опытные конструкторы. Прибыли из

Сухуми грамотные и ответственные специалисты А.В. Белов и С.П. Слепова. Пришли в лабораторию первые подольчане О.А. Вязников и Н.Л. Майборода (Пашкова).

Но окончательно лаборатория сформировалась, когда в ее состав на правах сектора вошла лаб. 75 под руководством Л.А. Шумкина, опытного специалиста, занимавшегося в институте расчетно-конструкторской разработкой ТВЭЛ. В составе этой лаборатории был тогда молодой специалист, а в будущем — начальник расчетно-конструкторского отдела А.С. Гонтарь.

Очень важным для лаборатории и всей разработки ЭГК был переход в ПНИТИ из Московского НПО «Красная Звезда» Р.Н. Марагинского, В.М. Лесникова, Ю.Б. Портнова с богатым опытом руководства конструкторскими работами.

Лаборатория активно пополнялась молодыми специалистами. Н.В. Плетнев, Н.В. Лапочкин, С.С. Калмыков, М.Д. Кочетков, В.В. Ромоданов, Т.Н. Калинин, Н.Б. Воробьева (Кочеткова) и многие другие внесли в лабораторию свежие взгляды, современные методики и молодой задор. Они выросли затем в специалистов высокой квалификации.

Лабораторией был накоплен большой опыт конструкторской работы. На протяжении многих лет она обеспечивала конструкторской документацией практически все разработки по теме «Енисей». В круг ее обязанностей входило также планирование и координация работ не только привлеченных к разработке лабораторий и цехов института, но и организаций-смежников.

Для начальника лаборатории 51 дфмн, профессора Р.Я. Кучерова и научного сотрудника С.А. Еремина задачи, стоящие перед лабораторией, не были новыми — расчетами тепловых, электрических и нейтронно-физических характеристик ЭГК они занимались и в Сухуми. Но объем работы и сроки требовали привлечения к работе большого числа сотрудников. Рассчитывать приходилось только на молодых специалистов. В короткий срок вакансии в лаборатории заполнили выпускники МГУ, МФТИ, МАИ, МВТУ, МЭИ и др. вузов. В лабораторию пришли: В.М. Гунько, В.У. Королев, М.Ф. Малхозов, Р.В. Смирнова, А.И. Корнилов и др.

Был разработан комплекс программ, позволивших обосновывать конструктивные решения, прогнозировать выходные параметры и ресурс ЭГК. И молодой состав лаборатории активно включился в проведение расчетного обоснования принимаемых конструкторских решений, разработку программ экспериментальных исследований и ресурсных испытаний, отработку и обобщение их результатов.

Особенно плодотворно на протяжении всей разработки было участие сотрудников лаборатории (руководитель группы А.С. Гонтарь) в работах по созданию твэлов для ЭГК всех поколений. Формулируя для конструкторов и технологов требования к материалам и конструкции твэла расчетчики анализировали по результатам ресурсных испытаний и послереакторных исследований правомерность своих предложений и неоднократно давали новые реко-

мендации на новые материалы, новые конструктивные решения, новые режимы испытаний и исследований. И так до получения полезного результата. Общеизвестен тот факт, что в первую очередь работоспособность твэла обеспечила заданный ресурс работы всех разрабатываемых ЭГК. И первым звеном в цепочке разработки были расчетно-теоретические исследования.

Очень важным для разработки было участие сотрудников лаборатории 51 в проведении стендовых и реакторных испытаний. Когда в 1978 г. в Институте была организована рабочая группа по подготовке и участию в проведении ядерно-энергетических испытаний установки «Енисей», С.А. Еремин был назначен заместителем руководителя, куратором энергетической части испытаний.

Коллеги называли расчетчиков «черепашки» — может быть, с некоторой долей иронии, но уважительно, признавая, что в этих черепахах мозги работают на дело, и неплохо.

Технологическая лаборатория 53 (с 1971 г. — Б.Ш. Кишмахов, с 1977 — лаборатория 153, Р.Н. Семин) была организована на основе ранее существовавшей лаборатории 45, (нач. А.В. Шибанов), в которой в 1964—68 гг. уже изготавливали и собирали экспериментальные термоэмиссионные преобразователи. Но теперь требовался новый уровень работ и соответственно новое оснащение, большее количество и более широкая специализация персонала. Существенно повышались требования к культуре производства, к культуре обращения с элементами ЭГК и готовой продукцией.

В состав лаборатории входили группы механической обработки (Ю.И. Мишин, В.В. Кузнецов), сварки и пайки (А.В. Коробов), сборки (А.В. Белов, Р.Н. Семин, А.Н. Соколов), термовакуумной подготовки и испытаний (О.Л. Ижванов). Группы были очень большие, и неудивительно, что по мере роста объемов работ и численности они выделялись в самостоятельные лаборатории, а лаборатория 53 — в технологический отдел.

Повседневная работа по изготовлению деталей и узлов экспериментальных ЭГК сопровождалась поиском и внедрением прогрессивных методов обработки, направленных на повышение качества (точности) обработки и снижения брака при изготовлении дорогостоящих эмиттерных и коллекторных труб: обработка с предварительным подогревом зоны резания, глубокое сверление, хонингование, хонингование с электрохимической обработкой в размер и др.

Для повышения производительности и качества обработки шел поиск и исследование новых инструментальных материалов (твердых сплавов, синтетических сверхтвердых материалов и т.п.). Работы проводились совместно с НИИ «Алмаз», ВНИИТС, МВТУ им. Баумана, Тульским Политехническим институтом. Разработанные и используемые в лаборатории методы механической обработки были внедрены в Опытное производство.

Разработке технологии сборки ЭГК предшествовал поиск методов сварки и пайки соединяемых деталей. Особенно трудными были решения

по сварке деталей эмиттера. Были найдены режимы, предотвращающие образования трещин и пор в сварных соединениях, практически исключено образование поликристалличности в месте сварки монокристаллов. Большая исследовательская работа проведена по разработке технологии сварки разнородных соединений. Длительные испытания показали отсутствие существенного изменения структуры, а также образования и роста интерметаллидных прослоек в швах.

Важным этапом изготовления ЭГК являются отжиг и обезгаживание деталей и узлов и заключительная операция — термовакуумные испытания, в ходе которых проходит термовакуумная обработка (тренировка), контроль вакуумной плотности, электросопротивления при рабочих температурах.

«В электровакуумной промышленности, — вспоминает руководитель группы ТВИ О.Л. Ижванов, — принцип термовакуумной тренировки электровакуумных приборов является краеугольным. Руководители перенесли этот принцип на нашу разработку и, что очень важно, тоже сделали его краеугольным. Заслуга нашей группы была в том, что мы довели этот принцип до конкретных режимов и цифр. Затем этот принцип и основополагающие цифры были перенесены на термовакуумную подготовку ЯЭУ «Енисей» и оправдались при их ресурсной эксплуатации».

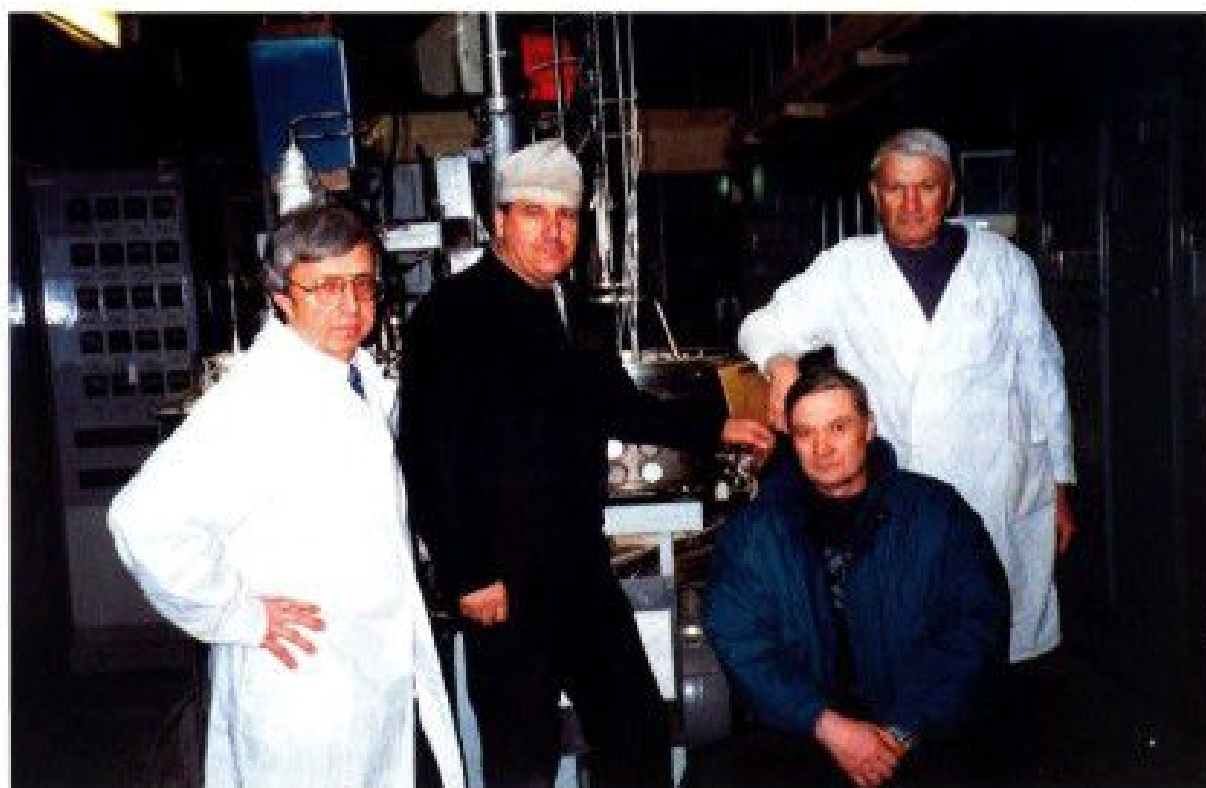
Термовакуумные испытания ЭГК в лаборатории и в цехе 4 приводились на стендах с электронагревом, разработанных проектной группой отдела 16 (руководитель В.П. Кас-

торнов). Авторами методики ТВИ являются Б.Ш. Кишмахов, О.Л. Ижванов, Е.А. Галкин, А.М. Щукин, В.Я. Пашков.

Лаборатория 54 (нач. лаб. Э.М. Чижова), впоследствии с 1977 г. лаб. 171 (нач. лаб. Л.Н. Дементьев) была создана для проведения исследований и испытаний ЭГК. Лаб. 54 создавалась заново на освободившихся площадях механического цеха Опытного завода. Руководил работами В.И. Слепов, активно участвовали в создании стендов Е.М. Федуплин, В.Н. Фролов, А.П. Канотоп, В.Г. Арзуманов, В.Н. Аленин, Г.С. Сафонов, В.Н. Андреев, В.А. Редькин и др.

Первый стенд «Стрела» был привезен в Подольск из СФТИ (после

многократной реконструкции стараниями сие В.А. Модина он продолжает действовать в течение уже 33 лет). Одновременно в отделе 16 проектировались новые стенды. В сторонних организациях заказывали только вакуумные камеры, некоторые крупные узлы изготавливали в механическом цехе Института, все остальное производилось и монтировалось силами лаборатории, в составе которой были свои слесари, сварщики, станочники, электрики. В 1971 г., когда в лаборатории было уже 3 стенда для испытаний ЭГК с электронагревом (в том числе один с жидкометаллическим теплоносителем), 7 стендов для электрофизических исследований, модельных испытаний, 6 установок для испытаний на проч-



*Работники испытательного стенда ЭГК (1994г.).*

*Слева направо: В.А. Модин, В.Д. Нишпал, А.В. Васильченко, В.И. Трофимов*

ность (герметичность) и совместимость материалов, в ней трудились 117 человек, причем больше трети составлял вспомогательный персонал.

Много и полезно работала группа В.Ф. Платонова. Здесь на образцах и модельных (с укороченными электродами) ТЭПах исследовались все предлагавшиеся для использования в качестве эмиттеров и коллекторов материалы, испытывались варианты конструкций и материалов узлов ЭГК (коллекторные пакеты, переходники, надставки).

Сотрудником группы В.И. Выбывацем была разработана методика прогнозирования выходных характеристик ЭГК по его электрофизическим характеристикам в вакуумном режиме, впоследствии успешно применявшаяся на Опытном заводе для определения качества изготавливаемых ЭГК. Позднее здесь же А.Е. Клиновым и А.В. Васильченко отработывался ТЭП с малым зазором, признанный перспективной конструкцией для использования в ряде энергетических установок.

Главной заботой были испытания полномасштабных ЭГК. Стенды для них были оснащены по тем временам неплохо. В линии межэлектродного зазора обеспечивался безмаслянными средствами откачки вакуум  $10^{-7}+10^{-8}$  мм рт.ст., состав газов в МЭЗ контролировался встроенным в систему масспектрометром. Регулировались мощность, подводимая к электронагревателю эмиттера, и давление паров цезия в МЭЗ. Система снятия вольт-амперных характеристик давала возмож-

ность исследовать их в широком диапазоне подводимых параметров.

Инженеры лаборатории, имевшие опыт испытаний ЭГК на тепловых стендах, участвовали и в петлевых испытаниях ЭГК, которые были начаты в 1972 г. в ИЯФ АН УзССР (г. Ташкент) и поручены созданной еще в 1964 г. лаборатории петлевых испытаний (лаб. 72 начальник М.С. Пирогов). Но в 1973 г. И.Г. Гвердцители передает петлевые испытания в лабораторию 54.

«При объеме работ, — вспоминает Э.М. Чицова, — которые уже выполняла лаборатория и режиме ее работы (круглосуточная, без выходных и праздников), петлевые испытания стали для нас очень трудной задачей. И дело было не только в самих испытаниях. Из лаборатории 72 к нам была переведена группа «петлевики» во главе с опытным О.И. Вдовиним, некоторый опыт реакторных испытаний имели уже и специалисты лаборатории 54. Большие заботы вызывало материальное обеспечение испытаний: состояние стендов, заключение договоров с владельцами реакторов, проектирование и изготовление петлевых каналов, их отправка в спецвагонах и с сопровождением, длительные командировки сотрудников, устройство их быта и т.д. А еще главная задача — получить реакторное время, вписаться с программой испытаний в режим реактора. И хорошо, если все это закончится сообщением: «Вышли на режим, все нормально», а ведь бывало и по-другому. Кстати, связь с Ташкентом пришлось налаживать Институту — установили телетайп (прообраз нынешнего факса), по ко-

тому в условных заранее обозначениях передавали в Подольск параметры испытаний».

Организация испытаний, обсуждение и принятие решений в ходе их проведения требовали зачастую непосредственного участия начальника лаборатории, а иногда и начальника отдела. Очень полезными для отдела были встречи директора института И.Г. Гвердцители с руководством ИЯФ.

С организацией на базе лаб. 54 отдела 170 в него передаются термовакуумные испытания, которые вел О.Л. Ижванов (начальник лаборатории 174), он же руководитель рабочей группы института, курирующей испытания ЭГК в составе наземных прототипов ЯЭУ. Таким образом в испытательном отделе 170 была сосредоточена вся экспериментальная отработка одноэлементных ЭГК от физисследований и модельных испытаний до испытаний в составе зон. Позднее здесь же проходила экспериментальная отработка многоэлементных ЭГК.

Но вновь организованные лаборатории были лишь частью большого коллектива, работающего в институте над созданием термоэмиссионных преобразователей. К этой работе были привлечены 33 лаборатории из 17 отделов и основные цеха Опытного завода, входившего тогда в состав Института. Довольно сложно привести здесь все изменившиеся названия этих подразделений. Шел поиск оптимальной структурной схемы Института, организовывались и перестраивались отделы и лаборатории.

Наиболее крупные изменения произошли в 1976—77 гг., когда по

инициативе И.Г. Гвердцители и Ю.В. Николаева с использованием накопленного в подразделениях опыта работы с тугоплавкими материалами и бериллием началась разработка изделий металлооптики, выделившаяся в 1978 г. в отдельное направление работ в Институте. Произошло значительное отвлечение сил, производственных площадей и оборудования. В 1976 г. руководитель направления директор ПНИТИ И.Г. Гвердцители был переведен на другую работу. Руководителем направления становится Ю.В. Николаев, назначенный заместителем директора Института. В связи с этими изменениями в 1977—78 гг. была образована новая структура разработки.

Отделу 50 (нач. Р.Я. Кучеров) поручаются расчетно-теоретические исследования. Конструкторские и технологические разработки ЭГК проводятся в отделе 150 (нач. Р.Н. Марагинский, затем В.Л. Гординский). Технологическо-материаловедческие работы по тугоплавким металлам в обеспечении разработки ЭГК поручаются отделу 160 (нач. Г.А. Рымашевский). Разработкой и исследованием топливных композиций для ЭГК занимается отдел 140 (нач. Б.Г. Игнатьев, затем Л.Н. Пермяков). В отделе 130 (нач. В.С. Колесов) сосредотачиваются расчетно-экспериментальные исследования прочности ЭГК и его узлов. Отдел 90 (нач. В.Н. Пупынин, затем П.П. Олейников) обеспечивает метрологию разработки и неразрушающий контроль узлов. В отделе 60 (нач. Л.А. Ижванов) сосредотачиваются работы по технологии изго-

товления замедлителя (гидрид циркония) и отражателя (бериллий) для РТП и аналитическому контролю материалов. По сути дела над созданием ТЭП трудился почти весь коллектив Института.

В связи с новыми техническими требованиями, результатами поузловой отработки и испытаниями первоначально созданная конструкция ЭГК постоянно совершенствовалась. Задача повышения выходных характеристик и ресурса решалась использованием новых конструкционных материалов эмиттера и коллектора, системы межэлектродной фиксации, а также по выбору и совершенствованию топливных материалов (подробно смотри в разделе «Материалы и технология»).

Улучшение структурных характеристик диоксида урана в результате технологических изысканий Е.М. Ракитской привело почти к двухкратному снижению скорости распухания сердечника твэла. Высокий уровень температуры твэла, способствующий повышенному выделению газовых продуктов деления (ГПД) при температурах сердечника более 2300 К приводил к недопустимым деформациям эмиттера за время значительно меньше заданного ресурса работы. Сложная задача отвода ГПД из полости твэла, после проведенных под руководством Л.А. Шумкина расчетов массопереноса, была решена конструктивным изменением схемы твэла, путем образования центрального канала в сердечнике, который выполнял функцию простейшего газоотводного устройства и одновременно являлся демпфером от воздействия сердечника на оболочку при его распухании. В развитие начальных рас-

четов, проведенных Р.Я. Кучеровым, А.С. Гонтарем, М.В. Нелидовым, Л.Н. Шулеповым, В.Н. Сотниковым, комплексный метод анализа тепло-массопереноса и деформированного состояния твэла, вызванного распуханием топлива, позволили сформировать идеологию конструкторских решений для обеспечения заданного ресурса. Автономные петлевые испытания длительностью до 1,5 лет в составе наземных прототипов ЯЭУ «Енисей» подтвердили правильность принятых решений. Радиальная деформация эмиттера за время испытаний не превышала 45 мкм при величине МЭЗ около 450 мкм. Стабильность МЭЗ была также повышена путем переноса фиксаторов из оксида алюминия на коллектор и заменой их оксидом скандия, скорость потери массы которого на три порядка ниже.

Важной для обеспечения работоспособности ЯЭУ явилась проблема сохранения содержания водорода в замедлителе из гидрида циркония в течение ресурса. Утечка водорода опасна не только из-за потери реактивности, но и из-за попадания водорода в натрий-калиевую эвтектику и далее в межэлектродный зазор. Нанесение покрытия с низкой водородопроницаемостью, непосредственно на поверхность гидрида циркония, и создание в полости замедлителя окислительной атмосферы на основе углекислого газа решают проблему, обеспечивая удержание водорода в допустимых пределах до температуры 1000 К. Скорость выделения водорода из гидрида циркония с покрытием на 4–6 порядков меньше, чем из гид-

рида без покрытия. Применение окислительной среды дополнительно снижает скорость выделения водорода в 4—5 раз и гарантирует отсутствие деградации покрытия и постоянство скорости выделения водорода.

Сроки и стоимость отработки одноэлементного ЭГК значительно сократились за счет проведения его испытаний с электронагревом. Эти испытания позволили исследовать теплофизические и энергетические характеристики ЭГК, а ресурсное их проведение с последующими материаловедческими исследованиями — изучить многие процессы, протекающие в ЭГК и определяющие его работоспособность. К ним относятся: герметичность, размерная стабильность узлов при воздействии рабочих температур, поведение дистанционирующих элементов, массоперенос материала эмиттера на коллектор, стабильность вольт-амперных характеристик (ВАХ).

Автономные испытания ЭГК с электронагревом проводились на стендах лаб. 54. Продолжительность первых из них (1970—1971 гг.) не превышала 500 ч, а выходная мощность — 80—100 Вт. Уже в 1973 г. длительность безотказной работы составила 2—3 тыс. часов, в 1975 г. при стабильных выходных характеристиках достигнута годовая продолжительность работы. В 1978—1981 гг. одноэлементный ЭГК на стенде с электронагревом при соответствии выходных характеристик требованиям ТУ проработал более трех лет (27 355 ч).

Всего на стендах с электронагревом проведено около 70 испытаний

ЭГК, что позволило выдать заключение о правомерности конструкторских и технологических решений на данной стадии разработки. Показана высокая воспроизводимость выходных параметров ЭГК и стабильность их во времени.

Однако ряд вопросов работоспособности ЭГК, связанных с конструкцией твэла и совместимостью его материалов, можно было отработать лишь в реакторных условиях. Петлевые испытания проводились на реакторе ВВР-СМ в ИЯФ АНУзССР (г. Ташкент), ИВВ-2 — СФНИКИЭТ (пос. Заречный Свердловской обл.) и ВВР-2 в ИАЭ им. Курчатова.

Реакторным испытаниям предшествовали создание, а затем неоднократная модернизация стендовой базы, разработка конструкции петлевых каналов (ПК), изготовление их на Опытном заводе.

«Испытателям везло с соратниками, — вспоминает Э.М. Чинова, — у нас было полное взаимопонимание с проектировщиками стендов. Руководитель группы В. П. Кастинов был отличным специалистом, но никогда не чурался выслушать мнения и советы других, часто сам выезжал для «привязки» того или иного решения по стендам в Ташкент и Свердловск. То же можно сказать и о конструкторах петлевых каналов В.Я. Якубове, О.А. Вязникове, А.Ф. Белякове. Конструкция ПК постоянно совершенствовалась, иногда от эксперимента к эксперименту вносились изменения в рабочий участок канала, обеспечивающий теплосъем и измерения параметров ЭГК. Не помню



случая, чтоб наши предложения не принимались, и для разрешения конфликтов нужно было вмешательство руководства. Мы работали в тесном контакте с отделом 90. Перед каждым экспериментом для проверки состояния измерительной техники в Ташкент (в СФНИКИЭТ были свои специалисты) выезжали сотрудники лаб. 93. Испытатели предпочитали, чтобы это были Н.И. Сергеев, Г.М. Сарычев, Н.Ф. Сакурин — классные специалисты, безотказные в работе. Проект КИП и А стенов выполняли инженеры лаб. 92 Г.И. Мазнов, Г.И. Паршин, В.И. Фролова, А.К. Коренной».

Подготовка и проведение испытаний проходили под руководством Ю.В. Николаева, Э.М. Чижовой, О.Л. Ижванова. Непосредственными исполнителями были О.И. Вдовин, Р.М. Сорокин, А.П. Федосеев, Т.А. Шокина (Леошкевич), Ю.М. Денисенко, В.П. Трофимов, В.А. Щербинин, А.М. Канторез, Ю.В. Маляров, В.В. Жуков и др. Активно участвовали в испытаниях С.А. Еремин, В.У. Королев (лаб. 51), Н.Т. Лазуткин, Н.Т. Сычев (лаб. 112).

Позднее были организованы испытания на реакторе ВВР-2 в ИАЭ им. И.В. Курчатова. Успешно прошли испытания одноэлементного



*Пульт управления системой сбора и обработки информации стенда петлевых испытаний ЭГК в ИЯФ АН УзССР. Слева направо: Э.М. Чижова, О.П. Руссков (главный инженер института), А.К. Коренной (лаб. 94), И.Н. Урбанович (лаб. 181), Л.И. Бурмалин (лаб. 94), С.С. Галаев (лаб. 92), И.И. Олейников (нач. отдела 90). У пульта — Э.М. Таджиева*

ЭГК. Продолжительность работы составила 17320 ч. (Испытания прекращены в связи с выводом реактора на реконструкцию).

Всего в реакторных условиях было испытано более 30 одноэлементных ЭГК. Каждый эксперимент имел свою смысловую нагрузку: в составе ЭГК в условиях, близких к натурным, испытывались новые материалы, новые конструктивные решения, исследовалось поведение ЭГК при задаваемых режимах и их отклонениях от нормы.

Послереакторные исследования в «горячих» камерах СФ НИКИЭТ и ИАЭ им. Курчатова проводились при участии Г.А. Веденяпина, Ю.С. Суганеева, Г.А. Бударева. Результаты этих исследований давали богатый материал не только для совершенствования одноэлементного ЭГК, но и для разработки новых его модификаций.

Наряду с большим объемом автономных исследований и испытаний ЭГК проводилась широкая программа испытаний в составе опытных образцов установки ИБ98 — наземных прототипов ЯЭУ «Енисей», включающих нейтронно-физические, теплофизические, вибрационные электроэнергетически и ядерно-энергетические испытания.

Изготовление ЭГК для этих целей было поручено Опытному заводу, входившему тогда в состав Института (А.Ф. Петров, Р.Г. Фрайштут). Начиная с 1970 г. было изготовлено 25 комплектов (зон) ЭГК. Но этому предшествовала большая работа разработчиков и заводчан. От конструкторов требовалось высокое качество чертежей — даже самая маленькая ошибка могла при из-

готовлении обернуться браком и очень нежелательным срывом сроков поставки.

Задача конструкторов ЭГК осложнялась тем, что и после передачи документации в производство продолжалась работа над его совершенствованием. И было бы противоестественным не использовать счастливую возможность внести в ЭГК найденное улучшение, а за этим следовали карточки изменений, передаваемые в производство и всегда встречаемые там «в штыки», потому что требовали изменений в технологической документации и соответственно в процессе изготовления и сборки.

«При изготовлении комплекта приборов зоны Я-21 в 1973 г., — вспоминает Г.В. Савватимов, — было оформлено свыше 1500 КР (карточек разрешений отступления от конструкторской документации) и выпущено не менее 500 КИ (конструкторских извещений об изменении конструкторской документации). Но последние пять комплектов ЭГК в опытном заводе не имели каких-либо дефектов, на комплектацию допускались только ЭГК без карточек разрешения».

В 1978 г. комплектам документации на одноэлементный ЭГК и ТВЭЛ была присвоена литера «О», которая означала, что изделие, изготовленное по этим чертежам, успешно прошло автономную отработку и может быть представлено к межведомственным испытаниям и государственной приемке с последующим серийным выпуском.

Чтобы наладить производство, потребовались большие усилия за-

водчан и разработчиков. В производство ЭГК кроме основного изготовителя — цеха 6 (В.И. Баранов) были включены цех 3 (А.П. Карпов) — обработка и сварка труб для эмиттера; цех 4 (А.П. Мирошников) — проведение термовакуумных испытаний, изготовление петлевых каналов и имитаторов твэла — нагревателей ТИСА; цех 8 (Ю.И. Казимиров) — изготовление сердечников твэла из диоксида урана; цех 10 (О.Д. Чепель) — покрытие вольфрамом катодных труб из монокристалла молибдена; цех 2 (В.М. Куприков) — выпуск замедлителей из гидрида циркония и отражателей из бериллия.

И на всех этих производственных участках изначально работу вели сотрудники лабораторий — разработчиков. Их задачей было не только выдать руководящие материалы на проведение операции для разработки технологических инструкций, но и «в живую», на практике показывать их осуществление. Многих сотрудников лабораторий переводили тогда на работу в цеха.

Руководители разработки — И.Г. Гвердцители и Ю.В. Николаев сумели полностью использовать уникальную возможность — синтез научных подразделений — разработчиков ЭГК и Опытного завода-изготовителя, существовавших в те годы единым научно-производственным комплексом.

Комплекты ЭГК поставлялись на сборку установок на завод «Двигатель» (г. Таллин). И здесь приходилось неоднократно бывать не только руководителям, но и сотрудникам лабораторий, устранившим «нестыковки» между заводом-изготовите-

лем и конструктором-технологом разработки.

Ядерно-энергетические испытания прототипов проводились на стендах ИАЭ им. И.В. Курчатова и Научно-исследовательского института Приборостроения (г. Лыткарино). Испытания ЭГК в составе прототипов позволили определить их энергетические и ресурсные параметры в заданных условиях эксплуатации при принятой технологии сборки и термовакуумной подготовки РТП, влияние на выходные характеристики ЭГК неравномерности тепловыделения по высоте и радиусу активной зоны и многое другое.

«О натуральных испытаниях наземного прототипа ЯЭУ «Енисей», — вспоминает руководитель группы испытаний О.Л. Ижванов, — можно было бы написать книгу. В ней нашли бы место человеческие страсти, юмор, и, к сожалению, трагедии. В апреле 1976 г., в пятницу вечером (потом это стало традицией) начались первые ядерно-энергетические испытания наземного прототипа установки «Енисей». К этому времени в ЦКБМ уже прошли неядерные испытания ряда установок, был накоплен определенный опыт. Но ядерные испытания — это всегда особый настрой, особая ответственность, особая атмосфера. Если электроника — это наука о контактах, то термозмиссия — это наука о холодных точках, в которых конденсируется цезий — рабочее тело межэлектродного зазора ТЭП. Холодная точка случилась и при первых испытаниях прототипа: реактор выдает тепло, а на выходе электрической мощности нет. Но вот холод-

ную точку удалось найти и подогреть, и установка начинает стабильно вырабатывать электроэнергию. К установке подключают гирлянду лампочек, которые после аплодисментов раздают участникам пуска. Мне довелось участвовать во всех шести ядерных энергетических испытаниях ЯЭУ «Енисей». Могу засвидетельствовать, что прекращение испытаний было по самым разным причинам от отказа стендовых систем до протечек теплоносителя, но не было ни одного случая критического отказа ЭГК, который привел бы к остановке испытаний. Это неплохой повод для гордости Института и всех участников разработки».

Послереакторные исследования ЭГК и твэлов, испытанных в составе установок, проводились в «горячих» камерах ИАЭ им. Курчатова. От института в них участвовали Л.Н. Соловьев, В.Н. Турчин, Т.Н. Калинина, Г.А. Веденяпин, К.И. Кишмахова, А.С. Гонтарь, М.В. Нелидов и др.

Этим была завершена отработка ЭГК на первом этапе создания ЯЭУ «Енисей». Прогнозировался ресурс работы ЭГК в течении 3-х и более лет. Но в 1986 г. при межведомственных испытаниях зоны Я-38 установка вышла из строя из-за протечки контура жидкометаллического теплоносителя. Авария совпала с воз-



*Ядерная энергетическая установка «Енисей».  
Слева направо: А.С. Гонтарь, Ю.В. Николаев*

росшими требованиями по выходной удельной мощности. В это же время сократилось финансирование НИР и ОКР. Все это привело в 1986—89 гг. к прекращению разработки ЯЭУ на основе одноэлементного ЭГК.

Однако в 1990 году Правительство СССР и лично М.С. Горбачев приняли предложение США осуществить в рамках международной программы по космической ядерной энергетике (TSET) демонстрационные испытания двух прототипов установки «Енисей». Целью программы TSET, получившей позднее название ТОПАЗ-2, было подтверждение опубликованных характеристик АЭУ «Енисей» и анализ

возможностей ее использования, как перспективной космической энерго-двигательной установки.

В рамках этой программы предусматривалось также проведение в США демонстрационных испытаний одноэлементных ЭГК. Техническая организация и проведение этой части программы были поручены НТЦ «Исток» Института. Ведущей лабораторией была назначена лаборатория 174 (начальник О.Л. Ижванов). Было необходимо смонтировать стенд для испытаний ЭГК с электронагревом, провести в Институте контрольные испытания стенда и ЭГК, затем доставить все оборудование в США, про-



*Город Альбукерк. Университет Нью-Мексико.  
У стенда тепловых испытаний ЭГК установки Топаз-2 В.Н. Андросов*

вести в Университете Нью-Мексико (г. Альбукерк) монтаж стенда и демонстрационные испытания ЭГК.

После доставки в октябре 1992 г. оборудования в США сотрудники института В.Н. Андросов, Г.Е. Шадрин, Г.С. Сафонов, А. Огнев, Г.В. Михайловский, Б.Г. Игумнов и специалисты по автоматике и компьютерной технике РНЦ Курчатовского института в короткий срок смонтировали оборудование и уже в январе 1993 г. провели испытания ЭГК.

Полученные выходные характеристики соответствовали заявленным ранее, подтверждали возможность создания на базе ЭГК ТОПАЗ-2 ЯЭУ с выходной мощностью до 20 кВт.: «Многим из нас, — вспо-

минает О.Л. Ижванов, — довелось тогда испытать чувство, может быть, обычное для участников олимпийских и иных мировых первенств, но довольно редкое для инженеров — чувство настоящей внутренней гордости. Гордости за свою работу, за страну, за (тогда еще советскую) технику, за наш Институт, за то, что мы находимся тут не в роли учащихся, а в роли профессоров».

Вторая часть Российско-Американской программы Топаз-2 состояла в разработке, изготовлении и испытаниях одноэлементного ЭГК SC-320 с энергетическими параметрами вдвое выше, чем ЭГК Топаз-2, для ЯЭУ Space-R с выходной мощностью 40 кВт.



*Группа участников проведения демонстрационных испытаний термоэмиссионного ЭГК в США. Стоят: Е. Михайлова (переводчик), Г.С. Сафонов, Фрэнк Томе (директор программы), Роз-Мари Томе, Е.Г. Шадрин, Г.М. Михайловский, В.В. Осмачкин, Б.Г. Игумнов, М. Кастаньян (переводчик), Пол Эгню (Англия, Харуэлл), Гленн Шмидт (гл. инженер программы); сидят: О.Л. Ижванов, А.Г. Ольховский, В.Н. Андросов*

Испытания ЭГК SC-320 были успешно проведены на том же стенде «РИГ» в Университете Нью-Мексико. Повышение вдвое выходных характеристик достигалось за счет снижения электрических потерь, увеличения длины эмиттера, небольшого увеличения его рабочей температуры. Результаты испытаний получили высокую оценку сторон. Они продолжались 8 месяцев — исследовались выходные характеристики в широком диапазоне эксплуатационных параметров, чтобы получить базу данных для расчета возможностей установки с использованием таких ЭГК. Но в августе 1996 г. программа Топаз-2 была закрыта ввиду переориентации технической политики США в области космической ядерной техники.

Создание ЭГК SC-320 явилась высшей точкой в разработке одноэлементного ЭГК. После него был выполнен в чертежах ЭГК SC-400 с выходной мощностью 400 Вт, но он уже не был изготовлен.

Хотя одноэлементный ЭГК в настоящее время в России не востребован, но его роль в развитии термоэмиссионного метода преобразования энергии исключительно велика. Относительная простота конструкции и уникальная возможность проведения испытаний с электронгревом позволили выявить ресурсоопределяющие процессы, разработать и обосновать концептуальные решения по обеспечению длительного ресурса термоэмиссионных преобразователей последующих поколений.

Начиная с 1976 г. одновременно с одноэлементным для установки

«Енисей» разрабатывался многоэлементный ЭГК.

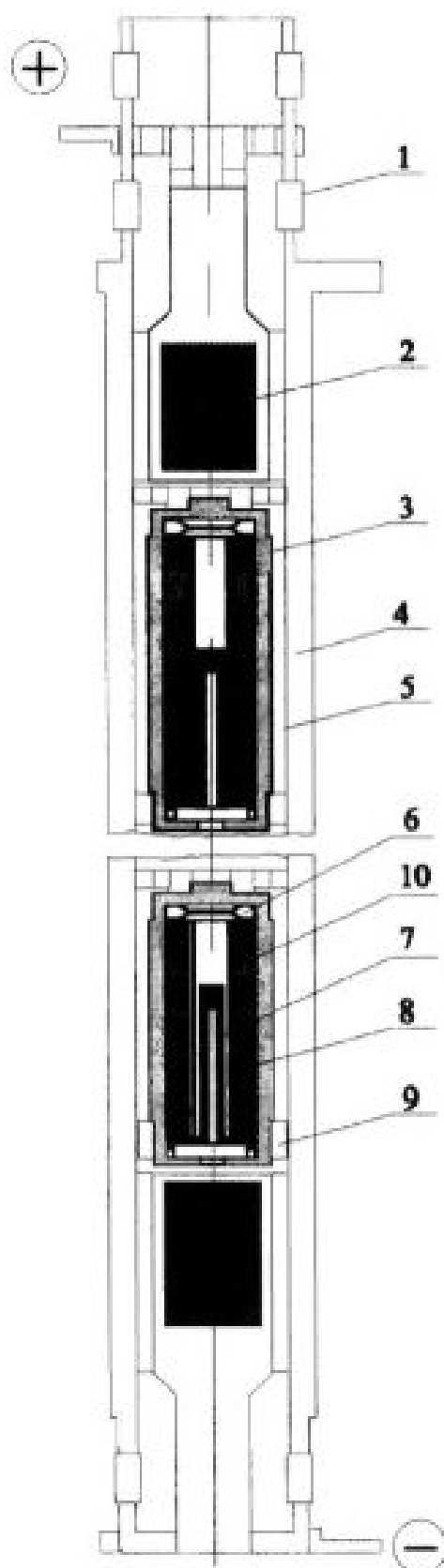
В отличие от одноэлементного многоэлементный ЭГК состоит из нескольких электрогенерирующих элементов (ЭГЭ), скоммутированных по высоте активной зоны. Это создает меньшие внутренние омические потери и позволяет работать каждому ЭГЭ в области оптимального напряжения, в результате увеличиваются выходные характеристики ЭГК. Так, при одинаковой эмиссионной поверхности, одних и тех же материалах электродов и температуре эмиттера выходная мощность одноэлементного ЭГК составляет 220 Вт, а многоэлементного в 2—3 раза больше.

Указанные преимущества определили перспективность использования многоэлементного ЭГК в реакторе-преобразователе «Енисей» с целью увеличения его выходной мощности или при постоянной мощности — ресурса.

На первом этапе разработки многоэлементного ЭГК основная роль принадлежит В.Л. Гординскому, Н.В. Лапочнику, В.М. Лесникову, М.А. Пархуте, С.С. Калмыкову, Р.Я. Кучерову, С.А. Еремину, А.С. Гонтарю, Ю.Б. Портнову, В.С. Суганеву, М.В. Нелидову и другим.

Выбор материалов, конструкции и технологии изготовления многоэлементного ЭГК проводился с учетом опыта, накопленного в ходе разработки одноэлементного ЭГК. Геометрические размеры ЭГК обеих конструкций совпадают и обеспечивают оптимальные массогабаритные характеристики установки.

Первоначально разрабатывалась конструкция ЭГК с разделенными



полостями МЭЭ и твэла. Переход на схему с совмещенными полостями существенно упростил конструкцию и технологию изготовления ЭГК, обеспечил повышение его герметичности.

Следует отметить высокую электрическую прочность многоэлементного ЭГК, что достигается применением многослойного коллекторного пакета с двумя слоями коллекторной изоляции и МКУ, напряжение пробоя которых более 200 В.

В многоэлементном ЭГК предъявляются еще более жесткие требования к твэлу. Более высокие, чем в одноэлементном ЭГК рабочие температуры и скорости выгорания, длительные ресурсы усложняют задачу геометрической стабильности твэлов. Принятые конструктивные и технологические решения требовали экспериментального подтверждения. Много проверялось на узлах и моделях. Но в сборе многоэлементный ЭГК, в отличие от одноэлементного, можно было испытывать лишь в реакторных условиях. Уже в 1976 г. начались петлевые испытания многоэлементного ЭГК на реакторах ВВР-СМ (в ИЯФ АНУЗ ССР) и ИВВ-2 (в СФ НИКИЭТ). Для этих испытаний лаб. 54 и отделу 90 пришлось в очередной раз модернизировать стендовые системы на этих реакторах, были созданы новые петлевые каналы, проведены ампуль-

*Многоэлементный электрогенерирующий канал:*

- 1 — сифонно-гермоподный узел;
- 2 — торцовый отражатель;
- 3 — замедлитель; 4 — коллектор;
- 5 — межэлектродный зазор;
- 6 — фиксирующий элемент; 7 — трубка ГОУ;
- 8 — сердечник из топлива;
- 9 — дистанционатор;
- 10 — защитный экран





Участники разработки ЭГК (1965 г.). Слева направо: 1-й ряд: М.Л. Таубин, В.Л. Гордынский, А.С. Панов, Р.Я. Кучеров, А.П. Белозусенко, Ю.В. Николаев, Е.М. Рахитская, В.Я. Якубов, А.П. Коробов, В.С. Колесов; 2-й ряд: В.С. Николаев, А.С. Гонтарь, Ю.И. Шаповалов, А.П. Лебедев, Э.М. Чижова, Е.Н. Батулин, О.А. Куренкова, Л.Н. Назарова, Ю.Б. Портнов, В.П. Смирнов; 3-й ряд: Е.Е. Коноплев, В.С. Суганеев, С.А. Еремин, В.П. Чебоженко, Д.Л. Цецуладзе, М.Д. Кочетков, В.И. Скрыткин, В.А. Данилин, В.Н. Рыжков, В.В. Семеновичев.

но-физические замеры для калибровки тепловыделения в твэлах ЭГК.

Испытания 1976—1984 гг. и послереакторные исследования состояния ЭГК в «горячих» камерах позволили выбрать варианты конструктивных решений — переход от ЭГК с отдельными полостями МЭЗ и твэла к их соединенным полостям. Поликристаллический эмиттер заменен на эмиттер из монокристаллического сплава W-1%Nb с покрытием из монокристаллического вольфрама. В качестве топливной композиции использовался диоксид урана с оптимизированной структурой.

Таким образом была завершена разработка ЭГК реактора преобразователя ЯЭУ «Енисей» с выходной мощностью от нескольких до десятков киловатт и ресурсом 5—7 лет. Замена одноэлементного ЭГК на готовый к производству многоэлементный ЭГК с унифицированным внешним диаметром 24,5 мм позволял увеличить до 100 кВт выходную мощность или при сохранении уровня мощности увеличить ресурс до 10 и более лет.

В 1986 г. в Институте начались работы по созданию унифицированного по основным размерам, двухрежимного ЯЭУ космического назначения с выходной мощностью от нескольких десятков до нескольких сотен киловатт и ресурсом до 10 лет (Конструктор ЯЭУ — НПО «Красная Звезда», научный руководитель ИАЭ им. И.В. Курчатова). Выполненные расчетные исследования и петлевые испытания (руководитель работ В.П. Чебоженко) на реакторах в ФЭИ (г. Обнинск) и в СФНИКИЭТ подтвердили возможность создания

многоэлементного ЭГК, работоспособного в режимах работы двухцелевой ядерной энергетической (электродвигательной) установки.

Наибольший ресурс был получен на реакторе ФЭИ при испытании семиэлементного ЭГК, который безотказно проработал в режиме преобразования 11 182 часа (общее время облучения 18000 часов). Испытания были прекращены в связи с отказом системы канала. На реакторе ИВВ-2 (СФ НИКИЭТ) продолжаются испытания семиэлементного ЭГК по программе двухрежимной работы. В начале июля 2001 г. канал выведен на форсированный режим — подводимая тепловая мощность ЭГК — 10 кВт.

В качестве перспективного варианта Р.Н. Марагинским и М.Д. Кочетковым начала разрабатываться с некоторыми конструктивными изменениями и уменьшенным диаметром ЭГК до 12,5 мм, двухрежимная ЯЭУ на «быстрых нейтронах» мощностью до 400 кВт.

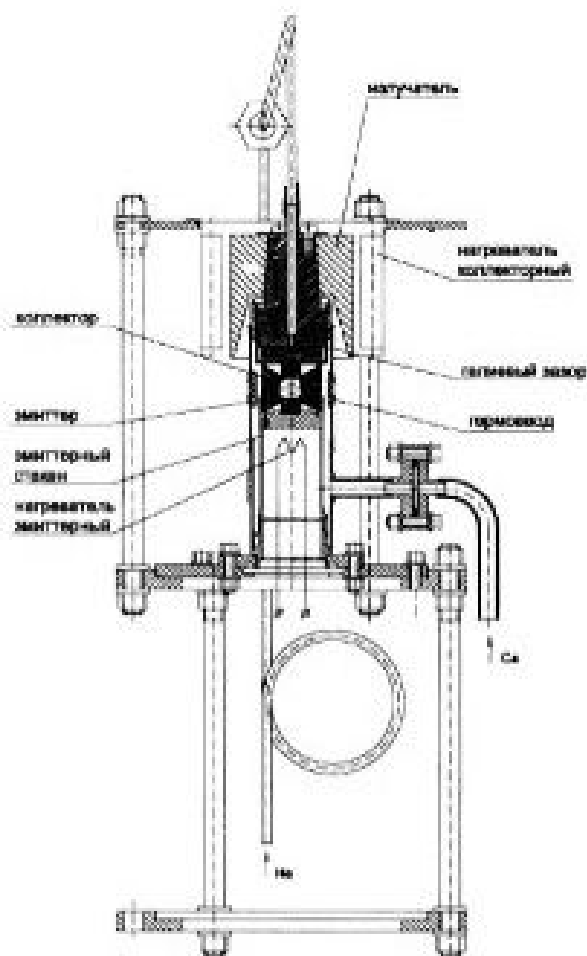
С 1990 г. в связи со сложным экономическим положением и изменением геополитической ситуации в мире работы по созданию целевых космических комплексов на основе ядерных установок в России были прекращены. Это явилось «фактором стратегического риска», ибо может негативно сказаться на военно-стратегической безопасности России.

Потребовалось принятие мер, направленных на сохранение нашей страной лидирующих позиций в области ядерных установок и создание научно-технического задела, обеспечивающего в недалеком будущем решение с использованием ядерных ус-

тановок стратегических задач в интересах обороны, народного хозяйства и науки.

В 1998 г. было принято Постановление Правительства РФ «О концепции развития космической ядерной энергетики в России», в котором основной задачей ставится концентрация ограниченных финансовых ресурсов и разработчиков на наиболее приоритетных направлениях работ по разработке унифицированных базовых узлов и ключевых элементов ядерных установок, обеспечивающих в перспективе создание ядерных установок мощностью до 100 кВт с ресурсом работы 5—7 и более лет. Особо оговаривалась необходимость сохранения имеющегося научно-технического потенциала, сохранения и модернизации экспериментальной и испытательной баз, созданных для наземной отработки элементов и установок в целом. В соответствии с принятой концепцией в Институте не только сохранились возможности использования всех ранних разработок, но и ведется поиск новых решений с использованием уникальных материалов и прогрессивных технологий.

Новые возможности перед термоэмиссионным методом преобразования открывает разработка преобразователя с величиной межэлектродного зазора (МЭЗ) от 3 до 10 мкм. Предложенная конструкция основана на схеме диода с плоскими электродами, зазор между которыми образуется при нагревании за счет различия в термическом расширении материала коллектора и расположенных на нем дистанционаторов. При столь малых величинах МЭЗ электро-



Конструктивная схема ТЭП с малым зазором

ны проходят через него практически без столкновений. При этом возможна эффективная работа преобразователя при температурах 1300—1400 К вместо 1800—1900 К для традиционно разрабатываемых ТЭП.

На основе разработанной С.А. Ереминым, Ю.Д. Карпеченко, М.Д. Кочетковым, С.С. Калмыковым конструкции изготовлены и испытаны лабораторные ТЭП с величиной МЭЗ 5—9 мкм. При проведении в 1991—96 гг. специалистами России и США совместных работ по программе «ТОПАЗ-2» демонстрацион-

ные испытания ТЭП с микроазором подтвердили его надежность и эффективность. ТЭП с микроазором оказываются перспективными и для использования в солнечных энергетических установках. Пониженные температуры эмиттера ослабляют требования к степени концентрации солнечного излучения и соответственно позволяют уменьшить размеры зеркал-концентраторов.

В ходе разработки термоэмиссионных преобразователей в Институте разработаны уникальные конструкционные материалы и технологии, нашедшие применение в других изделиях института, в ряде организаций России и за рубежом.

Так, отделением «Исток» по инициативе М.Л. Таубина создаются металлокерамические рентгеновские трубки, значительно повышающие мощность рентгеновской установки и соответственно расширяющие ее диагностические возможности.

Определяющим в достижении высоких характеристик рентгеновских трубок является использование в них вращающегося анода из монокристаллов молибдена, вольфрама или сплава молибдена с добавками ниобия, а вместо стеклянной — металлокерамической колбы.

Ресурс работы трубки значительно увеличивается за счет стабильного состояния анода. Применение для колбы вместо стекла металлокерамики, обладающей более высокими рабочей температурой и электросопротивлением, позволяет сохранять стабильный вакуум в процессе работы трубки и тем продлить ее срок службы. Использование в практике медицинской диагностики

предлагаемой рентгеновской трубки снижает дозу облучения пациента при тех же электрических параметрах излучателя.

Предложение рынку потребителей продукции высоких технологий (в т.ч. изделий из лейкосапфира, монокристаллов тугоплавких металлов и их сплавов и др.) дает дополнительные средства для проведения тематических научно-технических разработок. Одновременно это позволяет сохранить в работоспособном состоянии технологическое оборудование и квалифицированный состав персонала.

Работы по созданию термоэмиссионных преобразователей ядерной энергии в электрическую в течение всей разработки проводились в Институте на высоком научном и техническом уровне. Новизна и оригинальность разработки защищена более чем 400 свидетельствами на изобретение, получено 20 патентов Российской Федерации. Постоянным вниманием в стране и за рубежом пользуются публикации сотрудников института — исследователей и разработчиков ТЭП, их выступления на конференциях и симпозиумах. В г. Подольске проведены две Международные конференции «Ядерная энергетика в космосе» (1993 и 1999 гг.). Работы сотрудников Института широко представлены в сборниках Международного семинара «Космическая энергетика XXI века» (г. Обнинск), ежегодного отраслевого семинара «Физика, материалы и технология ЭГК» (г. Подольск), Международного симпозиума «Space Nuclear Power and Propulsion (USA, Albuquerque) и дру-

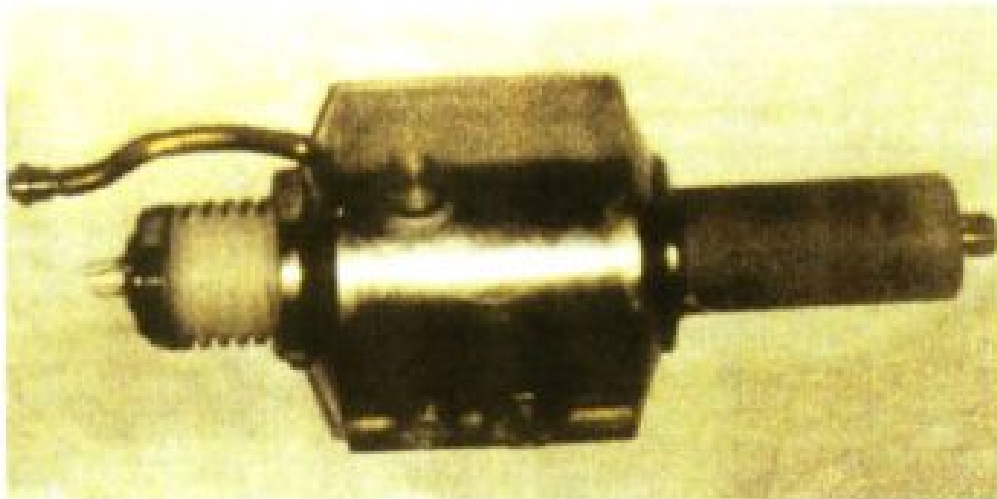
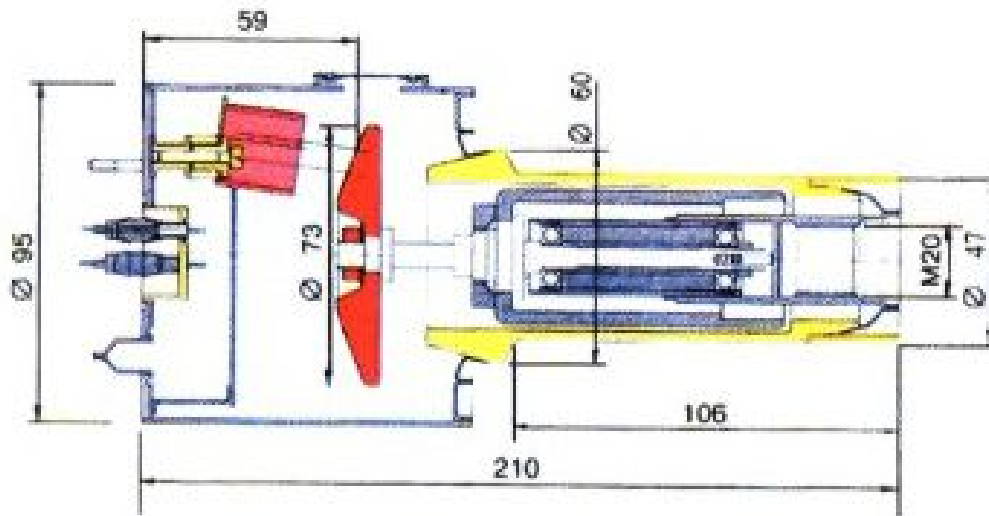


Схема и фото металлокерамической рентгеновской трубки

гих конференций по инженерным проблемам преобразования энергии.

В соответствии с «Концепцией развития космической ядерной энергетики в России» ожидается, что в 2010—2015 гг. ядерные источники энергии найдут достаточное применение в различных космических миссиях: освоение дальнего космоса, исследование планет солнечной

системы, глобальная связь и телевизионное вещание, системы инспекций, контроля и наблюдения, экологического мониторинга, космические транспортно-энергетические системы.

Наиболее вероятно, что одной из первых ядерных энергетических установок, используемых в космосе, будет термоэмиссионная ЯЭУ.

## ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ГАЗООХЛАЖДАЕМЫЕ РЕАКТОРЫ (ВТГР)

В начале 70-х годов прошлого века в СССР на основе анализа перспектив потребления энергоресурсов и тенденций развития ядерной энергетики была обоснована актуальность постановки расширенных исследований, направленных на создание энерготехнологических реакторов. Если задачи наращивания производства электроэнергии и низкочастотного тепла, а также теплоснабжения могли быть решены применением водо-водяных реакторов, то металлургия, химическая и нефтехимическая промышленность, производство водорода требовали создания ядерных реакторов с уровнем температур теплоносителя 1100—1300 К. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы (ВТГР), как показал зарубежный опыт успешной эксплуатации экспериментальных реакторов Dragon (Великобритания), AVR (ФРГ) и Peach Bottom (США), рассматривались как наиболее перспективные и эффективные источники для комплексного производства электрической и высокопотенциальной тепловой энергии для технологических процессов.

Реакторы ВТГР отличает, прежде всего, использование микротвэлов (МТ) — сферических топливных частиц с многослойными керамическими покрытиями, распределенных в графитовой матрице твэлов, и графитового замедлителя нейтронов, работающих в среде химически инертного теплоносителя (гелия). Все это, наряду с большой теплоемкостью графитовой активной зоны, вы-

сокой устойчивостью твэлов, большим отрицательным температурным коэффициентом реактивности, малой удельной активностью контура и малой утечкой радиоактивности в окружающую среду, обеспечивает высокую надежность и внутреннюю безопасность реакторов такого типа.

Первые исследования по технологии приготовления уран — графитовых твэлов в ПНИТИ были начаты в 1963 г. во вновь организованной лаб. 43 (впоследствии лаб. 143) под руководством Ю.Л. Кудрявцева. Группой З.А. Шокиной исследовалась технология пропитки пористых заготовок солями урана, группой В.М. Ярославцева разрабатывалась технология формования смеси графитового пресс-порошка и топливных частиц с последующим спеканием. Сотрудники групп В.И. Артемьева и Н.С. Ямскова занимались технологиями соответственно пироуглеродных и карбидных покрытий. Технология получения пористой графитовой заготовки разрабатывалась совместно с организациями, специализирующимися на изготовлении графита (ФВНИЭМ, ВНИИграфит). Таким образом, к началу расширенных работ в СССР по ВТГР (научный руководитель ИАЭ им. И.В. Курчатова) в рамках проекта АБТУ-15 уже имелись сведения начальных изысканий по изготовлению уран — графитовых твэлов.

Новый комплексный этап работ по технологии изготовления твэлов

ВТГР начался в институте со 2-й половины 1974 г. в связи с выходом Постановления Правительства и приказа Министра, направленных на создание опытно-промышленной радиационно-химической установки АБТУ-ц-50 (переименованной затем в ВГР-50). Установка (конструктор ВНИИАМ) предназначалась не только для производства электроэнергии, но и для использования гамма-излучения продуктов деления облученных твэлов в радиационных контурах для модифицирования, например, полиэтиленовых труб, древесины и др. с целью значительного улучшения их эксплуатационных свойств (тепло- и химическая стойкость, механические свойства и др.). Активная зона реактора содержала 115 тысяч шаровых твэлов в виде свободной засыпки, которые должны были циркулировать 2000 раз по четырем радиационным трубчатым контурам, а затем возвращаться в нее. Поэтому к твэлам предъявлялись жесткие требования как по механической прочности, так и по надежному удержанию газообразных и твердых продуктов деления вплоть до температуры 1900 К.

Ответственность за разработку конструкции и технологии изготовления таких твэлов для ядерного реактора этой установки была возложена на ПНИТИ. По предложению директора института И.Г. Гвердцители научным руководителем проблемы был назначен заместитель директора по научной работе ктн А.С. Черников. Практически сразу же (сентябрь 1974 г.) в институте была организована специализированная лаборатория 36 по кон-

струированию твэлов ВТГР. Ее начальником и ведущим конструктором направления стал Ю.В. Кошелев, ранее занимавшийся разработкой высокотемпературных твэлов для ядерных ракетных двигателей.

Вскоре приказом директора была введена организационная структура управления разработкой твэлов ВТГР, согласно которой предусматривалось участие широкого круга специалистов примерно из 25 лабораторий. Ведущим технологом был назначен опытный и инициативный начальник отд. 140 Н.И. Полторацкий (с 1977 г. Л.Н. Пермяков), ведущим материаловедом — А.А. Бабад-Захряпин, ответственными за разработку методов и средств контроля — главный метролог предприятия В.П. Денискин (с 1979 г. — П.П. Олейников), за организацию реакторных испытаний — начальники лабораторий Р.А. Лютиков и К.П. Власов.

Этим же приказом были определены объемы и сроки проведения первоочередных работ, направленных на создание лабораторных технологических установок и средств контроля качества, а также на подготовку участка на опытном заводе по изготовлению укрупненных партий МТ с производительностью до 10 кг/месяц (по урану). Все работы на опытном заводе возглавил его главный инженер ктн Ю.А. Краснощеков.

На этапе технического проектирования уран-графитовых шаровых твэлов ВГР-50 к отработке были приняты два варианта конструкции — сборный и монолитный.



*Установка для нанесения покрытий из пироуглерода и карбида кремния на сферические топливные частицы (на переднем плане слева — ведущий разработчик технологии микротвэлов С.Д. Курбаков и нач. группы Г.В. Ивановский)*

В основном варианте предложенной конструкции сборного твэла сердечник из матричного графита с диспергированными в нем микротвэлами пятислойной конструкции изготавливали прессованием непосредственно в точеную из графита марки ЗОПГ оболочку.

Введение в графитовую матрицу ядерного топлива в виде микротвэлов необходимо, поскольку графит, обладая хорошими ядерными и теплофизическими свойствами, из-за присущей ему пористости не может служить надежным барьером для осколков деления. Основную функцию удержания продуктов деления в таких твэлах выполняют покрытия из

пироуглерода и карбида кремния на топливных сферических частицах. Покрытия на МТ, кроме предотвращения выхода продуктов деления в теплоноситель, защищают топливное ядро от воздействия теплоносителя и повышают механическую прочность МТ в целом, а также выполняют ряд других, не менее важных функций. Наряду с двухслойными пироуглеродными покрытиями, состоящими из низкоплотного (буферного) пироуглеродного слоя с плотностью около  $1\text{ г/см}^3$ , непосредственно прилегающего к топливной частице, и наружного слоя изотропного пироуглерода с плотностью в два раза большей наибольшее применение получили пяти- и четырехслойные покрытия. Отличие их заключалось в наличии в конструкции микротвэлов трех или двух дополнительных слоев из высокоплотного пироуглерода и карбида кремния.

Технология изготовления таких микротвэлов включала разработанный А.П. Гудовичем Л.Б. Нежевенко оригинальный метод гранулирования порошков диоксида урана для получения топливных микросфер диаметром 500 микрон и последующего нанесения на них покрытий из пироуглерода различной плотности и карбида кремния. Метод сфероидизации был основан на наложении вибрации на вытекающую из калиброванного сопла струю жидкотекучей смеси порошка диоксида урана с пластичным связующим, в результате чего последняя дробилась на капли, которые, попадая в более холодную жидкую среду, за счет поверхностного натяжения принимали сферическую форму и отвердевали.



Сотрудники обозвали аппаратное оформление для реализации указанного метода «микрометателем» не подозревая, что вскоре подобный принцип сфероидизации будет использован в одном из институтов г. Черкаска для получения искусственной черной икры.

Нанесение защитных покрытий на топливные частицы размером с «маковое зерно» (диаметр 500 мкм) потребовало разработки так называемых аппаратов «кипящего» слоя, которые могли обеспечивать условия псевдооживления, распределения температуры и концентрации реагентов, гарантирующих осаждение на частице каждого слоя покрытия толщиной в пределах 30—100 мкм с заданными плотностью, структурным состоянием, химическим составом, и уровнем дефектности основного силового слоя из карбида кремния.

«Провести аналогию топливных частиц с «маковым зерном», — как вспоминает С.Д. Курбаков, — помог случай, когда в помещение лаборатории через открытое окно летом влетел воробей, поклевал лежащие в боксе на противнях частицы, извлеченные из аппарата после осаждения очередного защитного слоя, и улетел в открытое окно».

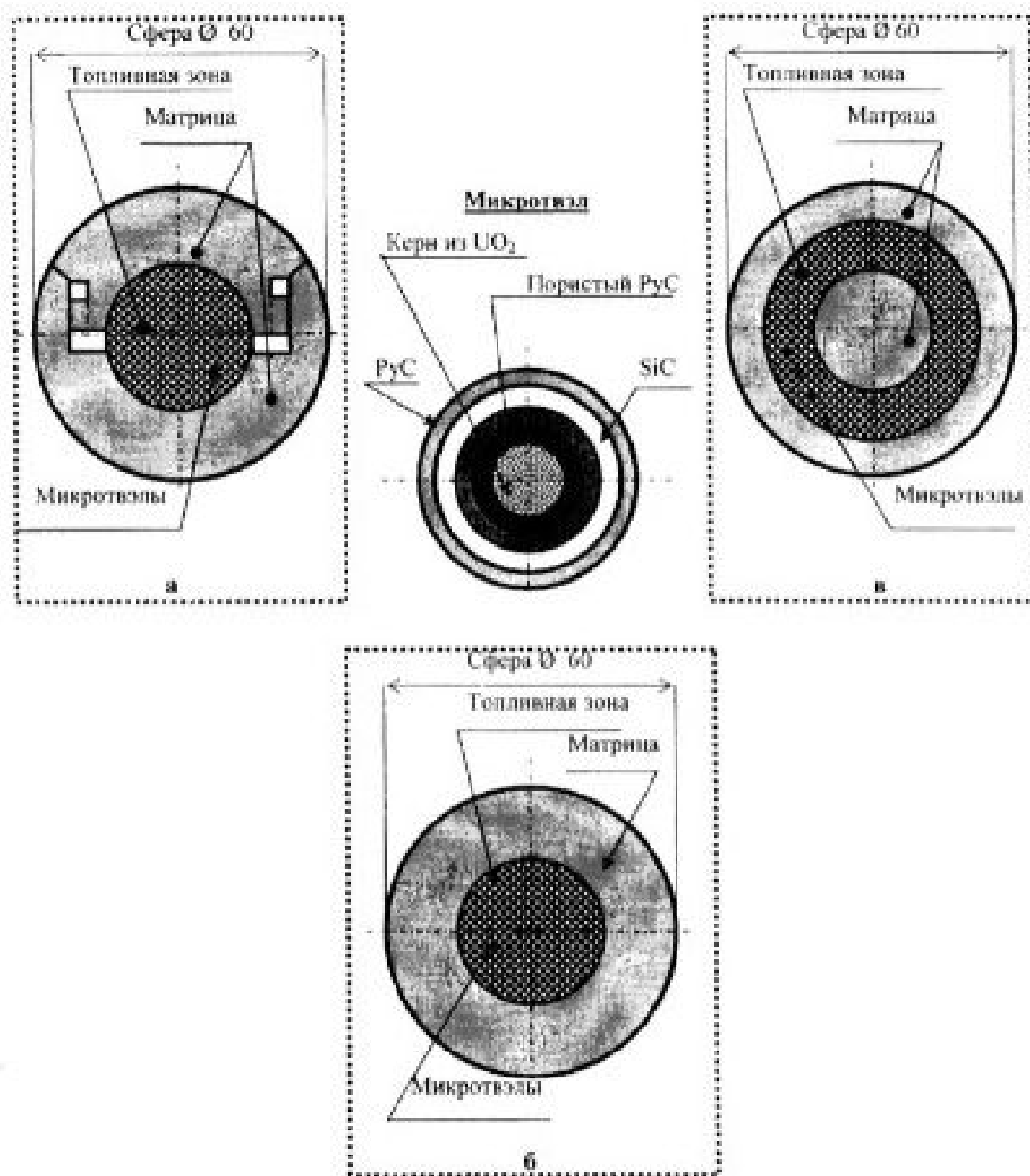
Сотрудниками лаб. 143 В.К. Дворяком, В.П. Язаном, позже С.Д. Курбаковым и Т.А. Миреевым были предложены и экспериментально проверены различные конструкции газораспределительных устройств и изучены условия пиролиза газовых смесей на основе углеводородов, тетраоксида кремния и метилтрихлорсилана с аргоном и/или водородом при реализации пя-

тислойной и четырехслойной конструкций МТ.

Поиски оптимальной технологии изготовления твэла проводились лабораторией 143, возглавляемой сначала Ю.Л. Кудрявцевым, а с 1978 г. — Л.И. Михайличенко. Разработка твэл ВТГР сопровождалась выпуском информационных научно-технических обзоров сотрудниками ОПИНТИ З.А. Шокиной, Г.Н. Никаноровой, Л.В. Мирошкиным и позже В.И. Столяровым.

Лабораторные исследования позволили обосновать технологическую схему, изготовить экспериментальные твэлы сборной конструкции и приступить к экспериментальной проверке их работоспособности совместно с ИАЭ им. И.В. Курчатова и Новосибирским заводом химконцентратов (НЗХК). Одновременно по документации ПНИТИ на НЗХК было организовано систематическое производство физмакетов в виде сборных шаровых твэлов для комплектования критического стенда «Астра» в ИАЭ им. И.В. Курчатова, предназначенного для нейтронно-физических исследований насыщенных активных зон ВТГР. Микротвэлы для этих физмакетов изготавливал цех 10 на опытном заводе ПНИТИ при участии лабораторий Института.

Испытания твэлов на износостойкость и ударную прочность осуществлялись в ПНИТИ на специально созданных стендах «Пневмопетля» (конструктор — А.А. Кузнецов) и «Копер» (создатель стенда — М.А. Федотов) и во ВНИИАМ: на стендах «Вращающееся колесо» и «Пневмопетле». Один цикл испытаний на «Пневмопетле», а их было ре-



*Шаровые уран-графитовые твэлы ВТГР: а — сборный, б — монолитный двухзонный, в — монолитный трехзонный*

ализовано до 10 тысяч, включал перемещение твэла со скоростью до 3 метров в секунду по замкнутому контуру из стальных труб протяженностью 5 метров с двумя центральными соударениями. «Выдумка и находчи-

вость, — вспоминает Л.Е. Ластовецкий. — помогали решать актуальные задачи прочности шаровых твэлов. Например, первые испытания шаров на прочность были проведены мною с участием Ю.В. Кошелева в лестнич-



*Сотрудники конструкторской лаборатории после посещения в 1977 г. павильона «Атомная энергия» на ВДНХ. Слева — направо: А.И. Дерюгин, Л.Н. Корнеева, Н.В. Тархова, Е.И. Захарова, Е.К. Вашина, М.А. Бойко, А.А. Кузнецов, Г.С. Федосеева, нач.лаб. Ю.В. Кошелев, И.М. Брындина*

ной клетке административного корпуса, когда шар сбрасывался с 5-го этажа на притирочную плиту».

Физико-химические, физико-механические, теплофизические и др. характеристики микрооплива (МО) и твэлов были определены в лабораториях, руководимых Р.А. Лютиковым, А.Г. Ланиным и П.П. Олейниковым.

Впервые твэлы были подвергнуты термоциклическим и коррозионным испытаниям в гелиевом замкнутом контуре. Ряд радиационных испытаний единичных твэлов по программам, разработанным в ПНИТИ, проведены в ИАЭ (реакторы МР и ВВР-2), филиале НИФХИ (г. Обнинск, реактор ВВР-С), филиале

НИКИЭТ (г. Свердловск, реактор ИВВ-2) и НИИАР (реакторы РБТ-6 и СМ-2).

Расчетно-теоретические исследования напряженно-деформированного состояния, проводились специалистами института для каждого проекта твэла с учетом специфики его эксплуатации в активной зоне проектируемого реактора. В.С. Еремеевым, И.В. Колупаевым, Э.М. Федоровым, Д.М. Ляховым были разработаны специальные методики, определения напряженно-деформированного состояния МО, диффузии урана и продуктов деления в твэлах. Расчеты напряженно-деформированного состояния МО, впервые выполненные в СССР сотрудниками

ПНИТИ и ИАЭ, позволили обосновать конструкцию МТ.

Разработанный сборный твэл в целом удовлетворял условиям эксплуатации установки ВГР-50, уровень механических характеристик на образцах сборных твэлов на 30—40% превышал известный к этому времени зарубежный уровень.

Объем работ по шаровым твэлам в Институте значительно расширился после того, как главный конструктор (ОКБМ, г. Горький) для опытно-промышленной установки ВГ-400, предназначенной для выработки электроэнергии и тепла для технологических целей сделал выбор в пользу шаровой концепции активной зоны реактора с твэлами диаметром 60 мм.

После выпуска технического проекта сборного твэла усилия участников разработки были сосредоточены на отработке конструкции и технологии монолитного твэла (в первую очередь для установки ВГР-50). В качестве основного варианта конструкции монолитного твэла был принят так называемый двухзонный твэл, состоящий из уран-графитового сердечника (диаметр 45 мм для установки ВГР-50 и 50 мм для установки ВГ-400) и бестопливной наружной оболочки из того же графитового материала, что и матрица сердечника.

Технология изготовления монолитного твэла основывалась на приемах порошковой металлургии и включала приготовление пресспорошка на основе матричной композиции и микротвэлов с последующим формованием шаровой заготовки в прессформах под давлением в нескольких вариантах аппаратного оформления, отличающихся способом

передачи давления — от пресса или с помощью газа и засыпки порошка графита. Разработанные технологии обеспечивали неразрывное соединение сердечника и оболочки. Сборный твэл по большинству показателей уступал монолитному, что к этому времени с учетом комплексности воздействия эксплуатационных нагрузок, определило окончательный выбор в пользу монолитного твэла для всех отечественных проектов ВТГР.

В качестве перспективной конструкции шарового твэла был рассмотрен трехзонный твэл с центральным бестопливным «вкладышем» диаметром 30—40 мм из матричного графита. Расчетные исследования показали возможность снизить максимальную температуру топлива в таком твэле примерно на 300 К, а температурные перепады по радиусу твэла — почти в 3 раза. Проведенные поисковые исследования заложили основы лабораторного процесса изготовления этого твэла. Стендовые испытания подтвердили, что по своим физико-механическим и теплофизическим характеристикам трехзонный шаровой твэл (ШТ) не уступает двухзонному.

Первые радиационные испытания твэлов в реакторе ИВВ-2М (СФ НИКИЭТ) проведены в канале «ВОСТОК», разработанным сотрудниками лаборатории В.Я. Якубова. Это было первое ампульное устройство с отбором газообразных продуктов деления от каждого из четырех твэлов и возможностью изменения температуры, как и в штатной активной зоне ВТГР. Во всех последующих реакторных испытаниях твэлов, проводимых в реакторе ИВВ-2М

К.Н. Кашесвым, В.И. Токаревым А.И. Дерюгиным, эта конструкция стала основной, благодаря высокой надежности и информативности.

Ресурсные реакторные испытания в ИАЭ, НИИАР, СФ НИКИЭТ подтвердили, что разработанная технология изготовления МТ и монолитного твэла обеспечивает удержание ГПД на уровне  $1-10^{-5}$  при облучении во всем диапазоне температур вплоть до  $1300^\circ\text{C}$  и выгораний до 10 %. Радиационная усадка матричного графита при этом не превышает 0,4 %.

Одновременно с разработкой технологии изготовления и определением эксплуатационных характеристик шаровых твэлов проводились исследования по созданию методов и средств контроля качества твэлов и их компонентов, а также аппаратурно-технологической схемы переработки брака и отходов при их производстве. К началу организации опытно-промышленного производства технологические процессы изготовления МТ и твэлов были практически полностью оснащены соответствующими методиками и приборами (большой частью в виде макетных образцов). При создании приборов неразрушающего контроля основное внимание уделялось вопросам автоматизации и производительности. При этом необходимо выделить радиационные неразрушающие методы контроля, разработанные по заданию ПНИТИ сотрудниками ВНИИРТ под руководством д.тн. профессора А.С. Штаня и методику сплошного химического контроля МТ, разработанную в ПНИТИ К.С. Юдиной, И.В. Ескевич, Е.П. Жировым под руковод-

ством Л.Э. Бертиной, для выделения частиц с дефектами в покрытиях и уменьшения их загрязненности ураном.

К концу 1981 г. в лабораторном варианте была завершена разработка методов переработки брака и отходов (В.П. Исаков и Н.Б. Алхимов), основанная на сжигании графитовой матрицы твэла и внешнего пироуглеродного слоя микротвэлов в потоке окислителя (кислород, воздух), ударном разрушении слоя карбида кремния и кислотной обработке остатка с выделением закиси-оксида урана.

Обобщая результаты технологическо-материаловедческих и расчетно-экспериментальных исследований, проведенных в течение 1974—1985 гг. можно сказать, что впервые в отечественной практике были созданы конструкция и комплексная технология изготовления шарового твэла для реакторов ВГР-50 и ВГ-400 с характеристиками, близкими, а по некоторым параметрам превосходящими уровень ФРГ, безусловного мирового лидера к тому времени в области топлива ВТГР. Разработка внедрена как на опытном заводе института, так и в НЗХК. Количество изготовленных микросфер и их имитаторов к 1982 г. составило 300 кг и около 500 шт. макетов твэла.

Наиболее активные участники разработчики твэлов ВТГР за трудовые отличия были отмечены правительственными наградами: А.С. Черников орденом Трудового Красного Знамени, Л.Н. Пермяков — орденом «Знак Почета», а конструктор А.А. Кузнецов был удостоен почетного звания «Лучший инженер-конструктор Министерства». Среди со-



*Сотрудники института, принимавшие в разные годы участие в разработке микро топлива и твэлов ВТГР (2001 г.).*

*Слева направо: 1-й ряд — В.А. Зайцев, П.П. Олейников, А.С. Черников, С.Д. Курбаков, Л.И. Михайличенко, Р.А. Лютиков, Г.С. Федосеева  
2-й ряд — А.А. Кузнецов, И.В. Колупаев, Н.А. Ландит, В.Г. Косых, Ф.Ф. Комаренко, Л.И. Клюева, В.М. Репников, Е.Т. Куликов, А.П. Никитюк  
3-й ряд — В.П. Исаков, Е.К. Лысенко, С.Т. Щетникова, А.С. Черкасов, Т.А. Миреев, Н.А. Соколенкова*

трудников других предприятий в эти годы по топливно-твэльной тематике ВТГР, наибольший вклад внесли академик Н.Н. Понамарев-Степной, Ю.Г. Дегальцев, А.А. Хрулев (ИАЭ им. Курчатова), А.И. Кирюшин, Н.Г. Кузавков (ОКБМ), И.Н. Сидоров, Е.П. Ковалев, А.В. Струков, П.И. Лавренюк (НЗХК), А.С. Штань, Н.И. Крейншлин, А.А. Правиков, (ВНИИРТ), К.Н. Кашеев, В.И. Токарев, (СФ НИКИЭТ), Б.В. Самсонов, Н.А. Аксенов(НИИАР), А.И. Гудков, В.Ф. Петрунин, Г.И. Соловьев (МИФИ), К.Н. Гедговт, М.И. Глазунов (ИФХАН) и многие другие.

Работа по дальнейшему усовершенствованию конструкции и техно-

логии изготовления твэлов ВТГР продолжалась вплоть до 1989 г. В этот период большое внимание уделялось опытно-промышленной отработке технологии приготовления твэлов, подтверждению их ресурсной работоспособности для реакторов ВГР-50 и ВГ-400, а также разработке по заданию ОКБМ твэлов для модульного реактора ВГМ.

В результате проведенных исследований Л.И. Михайличенко, Е.К. Лысенко и Р.Г. Гольцовой была разработана новая конструкция узла диспергирования установки получения гель-сфер. Технология нанесения защитных покрытий, в том числе на перспективные виды топлива, совер-

шенствовались научными сотрудниками С.Д. Курбаковым, Т.А. Миревым и рук. группы Г.В. Орловым с обеспечением более изотропной структуры пироуглеродных покрытий, более однородной структуры карбидного слоя и существенно меньшей их загрязненности ураном.

Предложенная совмещенная схема осаждения карбида кремния и внешнего пироуглеродного слоя позволила уменьшить степень дефективности карбидного слоя более чем на порядок по сравнению с ее уровнем при раздельном проведении этих процессов. Таким образом, в результате была обоснована и реализована более перспективная 4-х слойная конструкция МТ, которая принята в качестве основной для всех последующих проектов топлива ВТГР.

В этот же период были выполнены исследования по разработке технологии изготовления топливных частиц из карбонитридов и оксикарбидов урана (дтн В.А. Зайцев, И.И. Узморская, ктн Е.К. Лысенко) и поиску условий осаждения карбида циркония на топливные частицы (ктн В.В. Косухин, ктн В.Ф. Функе) с целью повышения температуры эксплуатации топлива ВТГР. Совместно с НИИГрафитом (ктн М.А. Авдеев, дтн Ю.С. Виргильев, П.Я. Авраменко) был разработан новый искусственный графит МПГ-Р на основе непрокаленного нефтяного кокса (В.А. Решетников), обеспечивший повышение теплофизических характеристик и радиационной стойкости твэлов. В лабораторную практику были внедрены очень важные с точки зрения оценки качества продукции методы «сжигания-выщелачива-

ния» и электролитической дезинтеграции. Они предназначались для определения степени дефектности SiC-слоя как в составе МТ, так и твэлов (К.С. Юдина, Б.П. Колесников). Для оценки степени анизотропии RuC-слоев покрытий (Н.А. Ландин), а также для определения прочности миниатюрных объектов, каковыми являлись МТ, в том числе на кольцевых образцах из карбида кремния были разработаны оригинальные устройства. Создатели этих прецизионных методик инженеры М.А. Федотов и С.В. Леонов из лаб. 130 (нач. А.Г. Ланин) проявили высокую изобретательность и нестандартность в решении сложных инженерных задач.

В 1982 г. был выпущен комплект рабочей документации, по которому на опытном заводе (цех 10, начальник Чепель О.Д.) в 1983 г. было создано 4 производственных участка по изготовлению МТ, шаровых твэлов и контролю качества продукции. Общее количество изготовленных на Опытном заводе шаровых твэлов к концу 1989 г. составило более 30 тысяч. Кроме того для изучения на стендах ОКБМ динамики движения шаровой засыпки в активной зоне было изготовлено 25 тысяч шаров — имитаторов (без урана).

В 1985 г. за экспонат «Шаровой твэл», представленный на ВДНХ СССР, наш институт был награжден дипломом I степени, а 15 сотрудников, внесших наибольший вклад в его создание, медалями ВДНХ, в том числе золотой медалью был награжден научный руководитель работ А.С. Черников, а серебряными медалями — ведущий конструктор Ю.В. Кошелев и ведущий технолог Л.И. Михайличенко.

«Качество нашего экспоната, — говорит С.Д. Курбаков, — удалось убедительно продемонстрировать в павильоне «Атомная энергия» присутствующим специалистам, которые усомнились в возможности шаровых твэлов выдерживать высокие ударные нагрузки. Я, не задумываясь о последствиях, подбросил один из шаров под потолок павильона высотой более пяти метров. Шар упал на гранитный пол и начал прыгать как мячик с оглушительным шумом, всполошив охрану павильона, но к всеобщему удивлению собравшихся шар остался цел».

В 1987 г. коллектив молодых специалистов ряда предприятий отрасли, в составе которого наиболее широко представлены были наши сотрудники (С.Д. Курбаков, А.И. Дерюгин, Ю.А. Филиппов, Г.С. Федосеева), за разработку микротвэлов ВТГР был удостоен премии Ленинского комсомола.

В течение 1975—1992 гг. на предприятии было выпущено 4 технических проекта твэлов ВГР-50, ВГ-400 и ВГМ, сотрудниками получено 65 авторских свидетельств на изобретения, защищены 4 докторских (В.С. Колесов, В.С. Еремеев, К.П. Власов, В.П. Исаков), в которых содержались отдельные главы по топливу ВТГР и 6 кандидатских (И.С. Алексеева, В.А. Соколов, В.П. Язан, А.И. Дерюгин, Н.Б. Алхимов, позже С.Д. Курбаков) диссертаций.

Начиная с 1977 г. на базе института в соответствии с решением руководства Министерства регулярно два раза в год проводился межотраслевой семинар «Проблемы отработки твэлов на основе МТ для ВТГР»

с выпуском его материалов в виде специальных сборников.

Большой интерес к разработкам института по твэлам ВТГР проявлялся иностранными специалистами на международных совещаниях и конференциях в Белоруссии, Великобритании, ФРГ, Японии, США и Франции.

«Это был предельно насыщенный, творческий период как в моей научно-производственной деятельности, — вспоминает А.С. Черников, — так и в жизни многих сотрудников предприятия, работавших над проблемой создания топлива ВТГР. В лабораториях института среди участников разработки царил настоящая атмосфера творческой состязательности и изобретательности.

Только в такой обстановке могли быть предложены и разработаны оригинальные вариантные технические решения по аппаратурно-технологическим схемам изготовления шаровых твэлов и их компонентов. А сколько выдумки и труда вложено в создание «филигранных» методик для изучения структурных, физико-химических, механических и теплофизических характеристик таких микроробъектов какими являются сферические топливные частички и микротвэлы. В качестве иллюстрации к сказанному, кроме приведенных в тексте книги, не могу не упомянуть такие методики как:

- разделение микротвэлов по плотности в ферромагнитной жидкости (К.С. Юдина, Ю.А. Филиппов) и определение их теплопроводности (П.П. Олейников);

- послойное снятие микронных слоев покрытий импульсным лазер-





*Научный руководитель разработки дисперсионных тислов  
в Институте ктн А.С. Черников*

ным излучением для определения объемного загрязнения микротвзлов делящимся материалом (сотрудники МИФИ: А.И. Гудков, В.А. Кашпаров, А.А. Котляров);

- прецизионное определение давления  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ , развиваемого в микротвзле при его нагреве до температуры 1900 К (ктн В.В. Хромоножкин, А.В. Макеев).

Успеху разработки во многом способствовало также опережающее информационное обеспечение ее аналитическими обзорами зарубежной информации и сборниками трудов межотраслевого научно-технического семинара. Благодаря высокому профессионализму оператора-машинистки Н.Б. Фоминой и редактора

С.А. Смеловой (а позже и Н.А. Куприковой) из отдела патентной и научно-технической информации качество этих, впервые выпускаемых в Институте, сборников соответствовало высоким требованиям, предъявляемых к печатной продукции.

И, наконец, хочу подчеркнуть положительную роль оперативных совещаний по анализу результатов исследований и контролю за ходом комплексной разработки. На такие совещания в моем кабинете регулярно собиралось до 20—25 руководителей лабораторий и подразделений опытного завода. Тесное, неформальное творческое сотрудничество научных и производственных подразделений предприятия, характерное для большинства разработок Ин-

ститута того времени, предопределило успешное освоение сложной, не имевшей ранее в нашей практике аналогов, технологии изготовления сферического топлива, микротвзлов и уран-графитовых твзлов в цеховых условиях опытного завода.

С ностальгией о прошедшем интересном периоде, характеризующимся эффективным исследованием и внедрениями их результатов в заводскую практику, особенно остро вспоминаешь сегодня».

Начиная с 1990 г. объем финансирования НИОКР отраслевых НИИ и КБ по тематике ВТГР резко сократился. В этот период основное внимание в нашем Институте уделялось только анализу качества ранее изготовленных заводских партий микротвзлов и твзлов, а также поисковым исследованиям по повышению коррозионной стойкости уран-графитовых твзлов в окислительной среде за счет, в частности, нанесения на них защитного покрытия из карбида кремния.

В 1993 г. бюджетное финансирование работ практически полностью прекратилось. Это сразу же нарушило структурную целостность и стройность всей разработки. Основные технологические лаборатории (141 и 143), изменили свою тематическую направленность. Невостребованные материаловедческие лаборатории, начали распадаться одна за другой. Производственные участки опытного завода, оставшись без заказов, сначала были законсервированы, а в дальнейшем ликвидированы. В конечном итоге все это привело к тому, что технолого-материаловедческие возможности Института в области ВТГР были утеряны.

Однако в этот период времени у ряда иностранных фирм появился интерес по сотрудничеству с нами в области топлива ВТГР. В мае 1992 г. и ноябре 1993 г. Институт посетили делегации китайских специалистов из Института ядерно-энергетической технологии (INET), а в июле 1993 г. — американская делегация в составе руководящих работников фирмы «Дженерал Атомикс» (GA) во главе с ее президентом Нилом Блю для ознакомления с нашими разработками по микротвзлам и твзлам ВТГР.

В результате визитов американских специалистов в НПО «Луч», а также в ОКБМ, РИЦ «Курчатовский институт» и ВНИИНМ в феврале 1995 г. Минатом РФ и «Дженерал Атомикс» подписали Соглашение по разработке и проектированию реакторной установки ГТ-МГР с модульным гелиевым реактором и газовой турбиной с последующим намерением ее строительства в России (г. Северск Томской области). К этому соглашению в 1996 и 1997 гг. присоединились соответственно Фраматом (Франция) и Фуджи Электрик (Япония). Таким образом, проект ГТ-МГР приобрел статус международного проекта.

Эта реакторная установка (конструктор ОКБМ, г. Нижний Новгород) предназначена для глубокого выжигания части накопленного российского оружейного плутония и утилизации тепла, производимого в прямом газотурбинном цикле, в электричество с КПД ~ 50%.

Уникальная особенность конструкции топлива и активной зоны этого реактора обеспечивает недостижимое для других типов реакторов



*Посещение американскими и французскими специалистами ИПО «Луч» по обсуждению результатов исследований по топливу ВТГР (март 1997 г., Подольск)*

выгорание до 90% плутония-239. При этом остающийся в топливе плутоний, содержащий около 30% изотопа плутония-239, не представляет ценности не только для военных, но и для гражданских целей. Кроме того, высокая стабильность и удерживающая способность конструкции топлива такого реактора позволяет длительное время безопасно хранить отработавшие блоки в хранилищах или геологических формациях.

Учитывая предыдущий успешный опыт работ по шаровым твэлам ВТГР, наш Институт был привлечен Минатомом РФ в качестве конструктора-технолога по разработке микротвэлов и стержневых графитовых элементов на их основе (компактов) для этого реактора. Договор с ОКБМ на проведение ис-

следований по технологии микротвэлов и топливных компактов на концептуальной стадии проекта был подписан в ноябре 1995 г.

Работы в институте по топливу ВТГР вновь возглавил заместитель ген. директора института, директор отделения «Технология» А.С. Черников. Первоочередные задачи заключались в воссоздании группы исследователей, имевших ранее опыт работы по топливу ВТГР и создании новых экспериментальных участков по нанесению покрытий на топливные частицы и формованию из них и графитовых пресс-порошков компактов.

В качестве базовой технологической лаборатории была определена химико-технологическая лаборатория 63 (нач. В.П. Исаков.), имевшая инженерно-технические возможнос-



Топливо реактора ГТ-МГР

ти для работ с ураном и с различными химическими соединениями. Научные сотрудники С.Д. Курбаков, А.И. Аксенов, затем А.С. Черкасов, Л.Н. Пермяков, позже Н.В. Гуртовой, А.П. Никитюк присоединились к кадровым специалистам этой лаборатории (К.С. Юдина, Г.В. Ивановский, С.В. Бескорвайный).

Основным отличием реактора ГТ-МГР от описанных выше реакторов ВГР, ВГ-400 и ВГМ является использование, как в американском реакторе Fort St. Vrain, плотной упаковки из шестигранных призматических тепловыделяющих сборок (ТВС) вместо засыпки из шаровых твэлов.

Активная зона ГТ-МГР состоит из 102 колонн, которые набираются в высоту из 10 графитовых топливных блоков длиной — 800 мм каждый и размером «под ключ» 360 мм. Каждый такой блок содержит 3000 ком-

пактов (стержней диаметром 12,5 мм и длиной 50 мм). Таким образом, в активной зоне находится более 3 млн компактов. В компактах применяются микротвэлы на основе очень мелких топливных частиц из оксида плутония диаметром — 200 мкм. Относительная толщина покрытий из пироуглерода и карбида кремния с целью обеспечения глубокого выгорания плутония существенно увеличена по сравнению с прежними, принятыми для отечественных ВТГР.

При этом сохранялись жесткие требования по герметичности и выходу продуктов деления из микротвэлов и компактов как на стадии их изготовления, так и при эксплуатации в нормальных и аварийных условиях.

Все это вызвало серьезные технические трудности для обеспечения качества таких мелких частиц с покрытиями и компактов на их основе. Тем более, что в нашей стране отсутствовал опыт по разработке микротвэлов такой конструкции.

В конце 1996 г. — начале 1997 г. группа В.А. Шевченко (отдел 16, нач. В.Н. Хромьлев) разработала конструкторскую документацию на лабораторное технологическое оборудование. После его изготовления и монтажа начались первые эксперименты по нанесению покрытий на имитаторы топливных частиц из силиката циркония, переданных американскими специалистами из GA, и диоксида урана, (изготовленного во ВНИИНМ).

В конце 1997 г появились первые образцы компактов. В результате проведенных экспериментов были предложены условия нанесения 4-х слоев покрытий из пироуглерода и

карбида кремния на мелкие топливные частицы, компактирования пресс-порошков и термообработки компактов.

В начале 1999 г. концептуальный проект реакторной установки ГТ-МГР, включая топливо, был рассмотрен и одобрен на секции НТС Минатома РФ, а в июне 1999 г. — на заседании международных экспертов в Париже. Получив одобрение представленных материалов, кооперация предприятий — разработчиков проекта ГТ-МГР смогла приступить к эскизному проектированию установки и топливных компактов.

На этом этапе Минатомом РФ были уточнены задачи предприятий-участников разработки топлива на основе оксида плутония для ГТ-МГР. Главным конструктором-технологом топлива был назначен кхн В.М. Макаров, начальник лаборатории ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара, а на наш Институт возложена ответственность за разработку технологии и оборудования для:

- нанесения покрытий из пироуглерода и карбида кремния на сферическое топливо;
- компактирования пресспорошков, состоящих из смеси графита, связующего материала и микротвзлов в стержни.

В течение 2000 — 2001 гг. в Институте продолжались исследования по обоснованию рациональных схем организации процессов нанесения пироуглеродных и карбидокремниевых покрытий на топливные частички диаметром менее 200 мкм (С.Д. Курбаков, А.И. Аксенов, Г.В. Ивановский) и формирования различных пресс-композиций

(А.П. Никитюк, Н.В. Гуртовой, Л.Н. Пермяков), а также проектированию технологического оборудования (В.А. Шевченко) для боксовой исследовательской установки для ВНИИНМ.

По уточненным режимам в НПО «Луч» изготовлена экспериментальная партия компактов (~ 100 шт.) для комплексных исследований. Показано их соответствие основным требованиям по геометрии и плотности.

Материалы исследований вошли в состав эскизного проекта топлива ГТ-МГР, подготовленного топливной группой предприятий (ВНИИНМ, НПО «Луч», РИЦ «Курчатовский институт») в декабре 2001 г.

«Подводя итоги новой фазы развития работ в нашем институте по топливу ВТГР и оглядываясь в семидесятые-восемидесятые годы прошлого века, — говорит А.С. Черников, — с удовлетворением можно заключить, что накопленный ранее опыт по технологическим исследованиям топлива оказался востребованным. Благодаря созданному большому научно-техническому заделу и сохранившейся, хотя и поредевшей группе основных исполнителей удалось, несмотря на дефицит финансирования и отдельных специалистов в области порошковой и газофазной металлургии, металловедения и контроля, обосновать аппаратно-технологический облик изготовления графитовых компактов на основе микротвзлов с диоксидом урана и оксидом плутония для установки ГТ-МГР».

Концепция реакторов с использованием микросферического топлива завоевывает в настоящее время все

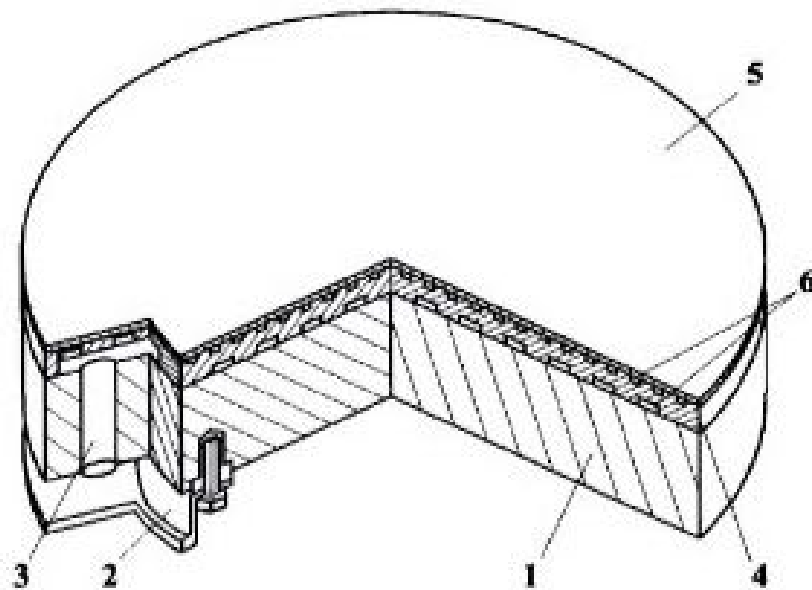
больше сторонников во всем мире. Выведены на проектную мощность два реактора типа ВТГР: в Японии — реактор НТТР с призматическими сборками и в Китае — реактор НТР-10 с шаровыми твэлами. В США развернуты работы по обеим концепциям активной зоны ВТГР для коммерческих АЭС, ориентированные прежде всего на создание сверхвысокотемпературного газоохлаждаемого реактора (VHTR) для выработки электроэнергии и производства водорода, ЮАР ведет работы по модульному реактору RBMR с засыпкой активной зоны шаровыми твэлами. Повышенный интерес к со-

зданию газоохлаждаемых реакторов проявляет Евросоюз, Франция, (в этой стране, где АЭС занимают главенствующие позиции в энергетике, рассматривается возможность создания газоохлаждаемых реакторов как на тепловых, так и на быстрых нейтронах), Южная Корея. В России, с участием НИИ НПО «ЛУЧ» начаты исследования по применению микросферического топлива в твэлах водо-водяных реакторов (типа ВВЭР и РБМК-1000). Не исключено, что по мере укрепления экономического потенциала наша страна вернется к реализации отечественных проектов: ВГМ, ВГ-400 и ВГР-50.

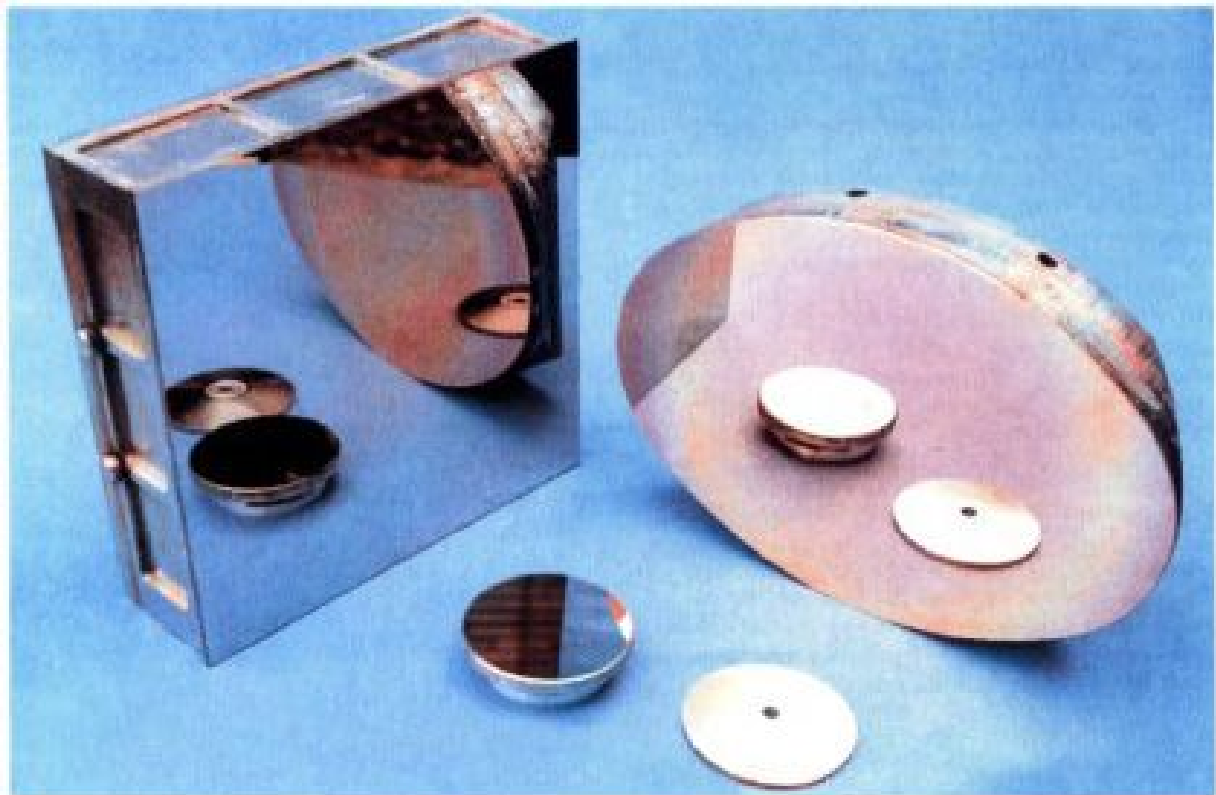
## МЕТАЛЛООПТИКА

В конце 60-х — начале 70-х годов прошлого века в результате широкого фронта научных исследований появилась возможность создания лазеров с генерацией лазерного излучения общей мощностью до 1—1,5 МВт. Проблема переходила в область научно-технических разработок, поскольку для ряда прикладных задач, например, для снабжения энергией искусственных спутников земли (ИСЗ), была необходима передача энергии, в виде лазерного излучения, на большие расстояния. При этом требовалось не только обеспечить транспортировку лазерного излучения, но и обеспечить допустимую расходимость луча и концентрацию лучевой энергии в дальней зоне. Для решения этой задачи требовались специальные устройства, основными элементами которых являлись системы металлических зеркал.

Металлическое зеркало для работы с мощным лазерным излучением представляет собой конструкцию теплообменного устройства, состоящего из достаточно массивной основы с элементами крепления в посадочном или юстировочном узле установки, с промежуточной пластинной или подложкой, присоединенными по плоскости к основе и оптической поверхности. В пластине имеются каналы охлаждения, гидравлически связанные посредством отверстий и коллекторов с системами подвода и отвода охлаждающей жидкости. Ребра (стенки) каналов охлаждения промежуточной пластины соединяются с тонкостенной зеркальной пластиной, являющейся собственно рабочей оптической поверхностью. Все составные элементы жестко соединены в единый блок посредством пайки. Массивная основа необходима для



Конструкция охлаждаемых изделий металлооптики для мощных лазеров  
1 — основа зеркала, 2 — элементы крепления, 3 — системы подвода и отвода охлаждающей жидкости, 4 — промежуточная пластина, 5 — зеркальная пластина, 6 — каналы охлаждения



Внешний вид охлаждаемых зеркал для мощных лазеров

придания зеркалу большей жесткости. Прокачка теплоносителя через каналы теплообменника обеспечивает интенсивный отвод поглощенного оптической поверхностью теплового потока. Оптическая поверхность, формируемая на подложке, служит для отражения с минимальным поглощением и искажением волнового фронта лазерного излучения. Оптическая поверхность зеркала покрывается отражающим и защитным покрытиями.

В зависимости от конструкции и назначения установки зеркала имеют различную форму, размеры, а также механическую и оптическую связь между собой и лазерными или радиолокационными системами наведения и прицеливания. В отдельных системах эти зеркала выполнялись неохлаждаемыми, круглой, квадратной, прямоугольной или шестиугольной формы.

Для обеспечения приемлемой по расходу транспортировки лазерного излучения термоперемещения оптической поверхности не должны превышать 0,05—0,1 длины рабочей волны лазерного излучения.

Поскольку вес и габариты каждого из зеркал (элементов металлооптики) установки были заданы и ограничены, то основные направления повышения эффективности зеркал сводились к выбору более «жесткого» материала, повышению отражающей способности (коэффициента отражения), повышению эффективности системы охлаждения (повышения коэффициента теплоотдачи в системе подложка — охлаждающая жидкость). Последние обстоятельства наряду с повышением техноло-

гичности конструкции вызвали разработку большого количества новых технических решений на создание отражающих и защитных покрытий оптической поверхности с высоким коэффициентом отражения и низким коэффициентом поглощения.

На первых порах для работы в экспериментальных установках использовалась медь и ее сплавы, из которых изготавливались металлические оптические элементы известными в оптической технологии методами, что позволяло получать оптические поверхности с высокими отражающими свойствами (коэффициент зеркального отражения КЗО ~ 98%).

Наиболее перспективными материалами для зеркальных металлооптических элементов представляются материалы с высокой теплопроводностью, малыми значениями коэффициента линейного расширения (КЛР), малым удельным весом и высоким значением модуля нормальной упругости.

Работы в ПНИТИ начались с 1975 г. в рамках направления «Е» под руководством И.Г. Гвердцители, И.И. Федика и руководителя направления Ю.В. Николаева. С 1975 по 1977 гг. работы носили подготовительный характер, поскольку в институте не было даже основ оптического производства, средств контроля и испытаний металлооптики.

В октябре 1977 г. был организован специальный отдел 180 (нач. отдела Б.Ш. Кишмахов), в задачу которого входили разработка и создание металлооптики для лазерных систем. В состав отдела вошли две конструкторские лаборатории (начальники В.В. Глаголев и П.П. Куз-



нецов) и две технологические лаборатории (начальники А.В. Белов и И.А. Макаров). Лаборатории отдела 180 (лаб. 186, 187) являлись конструкторскими подразделениями главного конструктора, осуществлявшими не только разработку конструкторской документации на зеркала лазерных установок и систем, но и согласование документации с заказчиком. Технологические лаборатории отдела 180 предназначались для обработки оптической поверхности изделий металлооптики и нанесения отражающих и защитных покрытий (лаб. 181), а также для сборки и контроля этих изделий (лаб. 188).

В дальнейшем лаб. 181 была преобразована (нач. лаб. Г.А. Новиков) с задачей разработки технологии создания оптических поверхностей механической обработкой (шлифовкой, полировкой, алмазным точением и т.п.) и лаб. 182 (нач. лаб. Д.С. Горный) с задачами разработки технологии и нанесения отражающих и защитных покрытий на оптические поверхности металлических зеркал.

В 1978 г. директором института был назначен В.Ф. Гордеев, который возглавил научное направление по разработке и созданию металлооптики. Усилия привлеченных к данной работе коллективов были направлены на изучение проблемы, освоение основ расчета, проектирования, технологии обработки оптических поверхностей на металлических зеркалах. В конце 1978 г. в институте было проведено совместное совещание с участием от предприятия-заказчика металлооптики Генерального конструктора академика Б.В. Бункина, главного конструктора дтн

Л.Н. Захарьева, заместителя Главного конструктора ктн М.Н. Поляшева, начальника отдела ктн С.Ф. Шолева и ведущих специалистов от НПО «Луч» во главе с директором Института В.Ф. Гордеевым. С краткими сообщениями о результатах работы и ее направлениях выступили Б.Ш. Кишмахов, В.В. Глаголев, Г.И. Пепекин, В.П. Денискин, Г.И. Бабаянц.

Результаты, изложенные в сообщениях, были приняты к сведению, одобрены и высказаны пожелания расширить фронт поисковых работ (особенно в области применения карбида кремния), а также быстрее оснастить производственную базу и внедрить в производство результаты разработок.

В порядке оказания помощи по настоянию Ю.В. Николаева конструкторской лаборатории 156 были переданы научные сотрудники из отдела 150 и отдела Е.К. Дьякова. К середине 1978 г. в лаборатории было образовано 4 группы:

- группа ведущих инженеров по темам: Ю.Б. Портнов, А.Л. Блистанова, О.М. Пирогов, А.В. Ключаров, которые разрабатывали, согласовывали и отслеживали ход работ по сетевым графикам выполнения каждой из своих тем.

- группа разработчиков конструкторской документации: В.Н. Осипов, В.П. Виноградов, Е.А. Шатный, В.А. Разговоров, Е.Н. Райков и др., которые разрабатывали чертежи вариантов изделий, согласовывали с научными подразделениями, курировали ход изготовления экспериментальных изделий и изделий на Опытном заводе для поставки заказчику.

• группа разработчиков нестандартных изделий и курирования испытаний: С.Ю. Бокало, Л.В. Визгина, В.А. Михайлов и др., которые разрабатывали нестандартные изделия с микрокапиллярной, пружинной, пластинчатой системами охлаждения, зеркала «адаптивной» оптики и др.

Контакты с разработчиками лазерных систем научного руководителя направления В.Ф. Гордеева позволили в 1979—1980 гг. сформулировать комплексную программу развития в Институте работ по созданию металлооптики на основе широкого спектра материалов: меди, бериллия, молибдена, вольфрама, карбида кремния, инвара, ситалла с габаритными размерами оптических поверхностей диаметром до 1 м.

Для координации работ по разработке и созданию металлических зеркал, руководства разработкой в целом, проведения испытаний разработанных и экспериментальных изделий в марте 1980 г. был создан конструкторско-испытательный отдел 190 (нач. Б.С. Гаврюшенко, назначенный одновременно заместителем научного руководителя направления). Несколько позже исполняющим обязанности главного технолога был назначен начальник отдела 180 Б.Ш. Кишмахов. Дуэт в составе энергичного и напористого Б.С. Гаврюшенко и осторожного и опытного Б.Ш. Кишмахова сделал очень многое для реализации новых технических решений и технологических процессов на Опытном заводе в кратчайшие сроки при внедрении разработок на объектах заказчика и смежных предприятий.

В состав отдела 190 вошли две конструкторские лаборатории (лаб. 196, лаб. 197, начальники В.В. Глаголев и П.П. Кузнецов), две испытательные лаборатории: (лаб. 192 — натурные и модельные испытания, начальник А.П. Халбошин и лаб. 194 — моделирующие испытания, начальник В.В. Уколов), расчетная лаборатория 191 (начальник В.А. Шмаков). В задачу службы главного инженера (СГИ отдела 190, начальник Ю.А. Ульянов) входило техническое обслуживание испытательных лабораторий и создание полунатурного мощного лазерного стенда для испытаний изделий металлооптики. Большой вклад в развитие экспериментальной базы отдела 190 внесли инженеры и научные сотрудники отдела: А.М. Любченко, Р.Н. Юсупов, А.М. Костромин, С.Н. Юдин, В.А. Абрамов, И.В. Прошин, А.И. Аверьянов, В.В. Новиков, Г.И. Семенова, О.А. Кулаков, А.В. Шепелев, А.В. Резунов и др.

Положительные результаты для мощных технологических лазерных установок ЛТ, ЛТУ, УЛТЕ, ЛТ, «Ижора», «Титан» были получены при использовании в качестве материала металлических зеркал меди с прямолинейными, пересекающимися или кольцевыми каналами системы охлаждения. Для более нагруженных зеркал лазерных установок требовались более эффективные решения. Поэтому для обеспечения эффективного отвода повышенной энергии лазерного излучения с интенсивностью в луче до 30 кВт/см<sup>2</sup> и сохранением при этом допустимой геометрической стабильности оптической поверхности (отклоне-

ние не менее 1 мкм) разработчики конструкций начали с 1982 г. обрабатывать конструкции систем охлаждения с поперечными размерами каналов 0,3—0,5 мм и с многоярусной системой охлаждения.

Из материалов предпочтение было отдано молибдену, вольфраму, карбиду кремния, а для крупногабаритных металлооптических зеркал — бериллию с системой охлаждения из меди, а также зеркалам из ситалла.

Качественно новым этапом в разработке конструкций металлооптических зеркал была работа над созданием зеркал диаметром до 1 м, которая поставила целый ряд новых задач:

- использовать в монолитных облегченных и модульных вариантах конструкции бериллий, инвар, карбид кремния или ситалл;
- организовать разводку охлаждения по всей апертуре зеркала с учетом профиля падающего (поглощенного) излучения;
- определить способы термостабилизации зеркала в процессе эксплуатации.

Были разработаны 4 варианта конструкции зеркала диаметром 1 м, два варианта были изготовлены в металле.

При изготовлении крупногабаритных зеркал диаметром более 50 см на основе бериллия пришлось решать много весьма сложных задач. Одна из них — присоединение с адгезией не менее (2—3 кг/мм<sup>2</sup>) к бериллиевому корпусу подложки, на которой собственно и формируется оптическая поверхность.

На первых порах в Институте была сделана попытка реализации

рекомендаций ИОФАН СССР (директор академик А.М. Прохоров, руководитель работ дфмн В.В. Апполонов) по нанесению на бериллиевую подложку интерметаллида  $Cu_3Si$ . Однако различие в коэффициентах линейного расширения в широком диапазоне температур, наряду с влиянием масштабного фактора, не позволила получить удовлетворительных результатов. После вакуумного напыления интерметаллида толщиной 0,1—0,4 мм при охлаждении изделий подложка самопроизвольно отслаивалась от бериллиевой основы.

Для решения этой проблемы сис Б.Г. Дроздовым (лаб. 61) была предложена технология диффузионной сварки высокочистой меди (99,9%) толщиной до 1 мм с бериллиевой основой диаметром до 500 мм. Высокая адгезия основы с пластиной из меди позволяла проводить оптическую обработку отражающей поверхности и нанесение на нее отражающего и защитного покрытия без отслоения подложки от основы. Эта технология была передана в цех 2, что позволило в 1979—82 гг. изготовить и передать заказчику несколько десятков металлических зеркал с высокими параметрами К30 (не менее 98,5%) для испытаний и использования в натуральных условиях.

Но поскольку у бериллия и меди имеется небольшая разница в КЛР, то в температурном диапазоне  $\pm 30^\circ C$  наблюдалась некоторая нестабильность таких зеркал. Б.Г. Дроздовым был проведен комплекс исследований и разработан технологический процесс получения листов

высокоочищенного оптического бериллия, обладающего к тому же высокой коррозионной стойкостью. Экспериментальные результаты по полировке такого сорта бериллия показали возможность получения на его оптической поверхности КЗО на длине волны — 10 мкм до 98,5%. В той же лаборатории широко проводились работы по использованию специальных клеев холодного и горячего отверждения для соединения конструкций зеркал. Отрабатывались вопросы пайки и диффузионной сварки, исследовались технологические процессы соединения сетчатых элементов для создания из них пористых систем охлаждения оптической поверхности зеркал. По результатам этих работ Б.Г. Дроздов удостоен медали «За трудовое отличие».

Учитывая специфические свойства бериллия и условия его эксплуатации в изделиях металлооптики, в лаб. 68 (нач. Р.М. Альтовский и М.А. Уразбаев) были разработаны физико-химические методы защиты внешних и внутренних поверхностей элементов конструкций зеркал от коррозионного воздействия охлаждающей жидкости и внешних климатических факторов в широком диапазоне температур. Технология коррозионной защиты путем осаждения слоев никеля и хрома на стенках каналов системы охлаждения использовалась в дальнейшем не только для бериллиевых зеркал, но и для зеркал на основе молибдена. Тонкий химический анализ для оценки эффективности антикоррозийной защиты проводился в лаб. 63, лаб. 64.

В 1982 г. при поисках высокоэффективных систем охлаждения с поперечными размерами каналов 0,2—0,3 мм рук. группы лаб. 68 А.В. Илькун с сотрудниками освоил получение таких каналов в тонких фольгах методами фотолитографии, а затем впервые на молибденовой фольге получил элементы микроканалов для последующего формирования пакета системы охлаждения с каналами лабиринтного типа.

Как показали исследования и испытания макетов зеркал, с увеличением мощности излучения медная оптическая поверхность зеркала начинает деформироваться под воздействием высоких тепловых нагрузок за счет поглощенной доли излучения. Поэтому с 1981—82 гг. при разработке конструкций силовых зеркал все большее внимание уделяется тугоплавким материалам — молибдену, вольфраму, карбиду кремния, которые имели высокий модуль нормальной упругости, малый по сравнению с медью и бериллием КЛР, относительно высокую теплопроводность и представлялись весьма перспективными материалами для зеркал.

Первые макеты и экспериментальные образцы металлооптических зеркал из молибдена были созданы в отделе 180, для чего были разработаны совершенно новые технологические процессы обработки молибдена и вольфрама с габаритными размерами до 0,5 м методами алмазного шлифования и полировки с использованием специальных алмазных паст и порошков. Эти работы проводились в лаб. 181. В той же лаборатории были разрабо-

таны и развиты технологические процессы получения каналов систем охлаждения из молибдена в виде ряда узких параллельных изделий 0,4—0,6 мм. Эти результаты, полученные электрофизическими методами обработки, обеспечивали при турбулентном течении охлаждающей жидкости высокие коэффициенты теплоотдачи.

К 1983—84 гг. в оптических схемах лазерных систем, особенно в выходных каскадах, все чаще требуется крупногабаритная оптика. Поэтому важным направлением деятельности лаб. 181 явилось создание технологической цепочки для формирования оптических поверхностей зеркал диаметром 1 м с использованием станков СФ-1000; ШПД-1000; АД-1000, которые по ТЗ Института создавались смежными предприятиями, модернизировались и приспособлялись для получения полированных металлических поверхностей соответствующего размера. При этом разрабатывались новые виды полировальных суспензий и смол, новые технологические процессы предварительной обработки. Применительно к станкам и технологическим процессам приспособлялась специальная метрологическая аппаратура. Была разработана технология получения оптических поверхностей на меди алмазным точением на станках 6514 и СФЕРА-500.

Разработанные технологические процессы и рекомендации передавались в отдел Главного технолога Опытного завода для использования при разработке заводских технологических процессов изготовления изделий металлооптики.

Неотъемлемой частью комплексной технологии изготовления изделий металлооптики является нанесение на оптическую поверхность отражающих и защитных покрытий. В лаб. 182 (Н.Г. Дубинин, Л.М. Герт) проводились широкие исследования по физике и технологии получения тонких металлических и диэлектрических пленок, изучались их оптические, механические и коррозионные свойства. Кроме того, анализировались вопросы подготовки металлических полированных поверхностей, в первую очередь из молибдена и вольфрама: методами ионной бомбардировки косыми пучками, тлеющим разрядом для последующего нанесения покрытий в высоковакуумных установках.

Разработанная технология позволяла получить на зеркалах из молибдена, вольфрама, инвара, ситалла качественные отражающие покрытия из серебра и меди защитные покрытия из фторопласта, оксидов кремния и гафния, тория и передать технологические рекомендации на Опытный завод для внедрения в цехе 10.

В 1984—85 гг. начаты исследования по созданию технологии нанесения интерференционных покрытий на зеркале, которые должны обеспечить коэффициент отражения не менее 99,5% при высоких удельных лучевых нагрузках.

Для соединения элементов металлического зеркала в единую неразъемную конструкцию необходимо было для различных сочетаний материалов изучить режимы пайки, разработать при необходимости новые припой. Этими вопросами, в основ-

ном для тугоплавких металлов, занимались в лаб. 188 (рук. группы В.Г. Пауткин) совместно с лаб. 157 (рук. группы А.А. Козьяков). С 1985 г. для создания крупногабаритных облегченных зеркал стала интенсивно развиваться технология получения основ зеркал с сотовыми наполнителями из инвара. За основу был взят технологический процесс, используемый на заводе им. Хруничева. В той же лаборатории 188 разрабатывали технологию сборки изделий металлооптики, юстировки и установки контрольных и силовых металлических зеркал. Одним из самых перспективных материалов для изготовления высокостабильных по термоперемещениям оптической поверхности зеркал является карбид кремния, имеющий высокий модуль нормальной упругости, малую плотность, низкий КЛР, неплохую теплопроводность. Разработкой уникальной технологии создания зеркал из карбида кремния с 1978 г. занимался отдел 20 (с 1983 года лаб. 183, нач. лаб. Г.И. Бабаянц). Был смонтирован ряд высокотемпературных специальных вакуумных установок и печей, обеспечивающих получение беспористых образцов карбида кремния, что позволило в 1983—85 гг. изготовить и провести испытания отдельных макетов зеркал под лучевой нагрузкой. Испытания показали хорошие результаты: вплоть до удельных тепловых мощностей —  $0,8 \text{ кВт/см}^2$ , тепловых перемещений оптической поверхности не превышали 1 мкм. Кроме этого в лаборатории разрабатывались технологические процессы для изготовления зеркал на основе меди для мощных лазерных технологичес-

ких установок. Экспериментальные образцы таких зеркал поставлялись ряду предприятий страны.

В разработку технологических процессов создания изделий металлооптики наиболее существенный вклад внесли инженеры Н.П. Плетнев, А.В. Морозов, В.Ф. Гвоздь, А.М. Щукин, А.А. Козьяков, В.С. Пауткин, А.А. Колганов, В.М. Ванин, Н.М. Николаев и др.

Обеспечение геометрической стабильности для силовых зеркал с интенсивностью падающего излучения свыше  $10 \text{ кВт/см}^2$  наиболее предпочтительным из тугоплавких металлов материалом основы зеркала является молибден, подложки — вольфрам.

В отделе 160 (нач. Г.А. Рымашевский), лабораториях 161 (нач. В.Ф. Соловьев), 163 (нач. А.А. Ястребков), 166 (нач. В.Н. Загряжский), 164 (нач. И.А. Каретников) на основе имевшихся исследований был выполнен цикл уникальных технологических разработок получения листов монокристаллического молибдена и сплава меди с цирконием, с повышенной (750—800 К) температурой рекристаллизации для использования их в качестве подложки оптической поверхности зеркал высокого качества. Были разработаны технологические процессы прокатки припоев для пайки зеркал, прокатки профильных элементов из меди и молибдена с каналами поперечным размером 0,3—0,5 мм для последующего формирования из этих элементов высокоэффективных систем охлаждения. В отделе активно работали ведущие специалисты С.С. Семилетов, В.Ф. Маркин, Н.Г. Афанасьев, В.П. Смирнов, В.П. Янчур, внесшие

большой вклад в разработку материалов для металлооптики.

Поскольку выбор материала во многом определяет работоспособность зеркал, необходимо было тщательно изучить физико-механические свойства применяемых в металлооптике материалов и критерии их геометрической стабильности. Эти исследования проводились в лаб. 131 А.Г. Ланиным, В.М. Костиным, В.Н. Федоровой и др. На специальной установке с электроннолучевым нагревом изучалась «лучевая» прочность широкого спектра материалов и проведено их ранжирование по величине предела микротекучести ( $\sigma_{0,002}$ ): карбид кремния, вольфрам, молибден, медь, легированная цирконием, высокочистая медь.

В лаб. 132 (В.В. Элкенин, В. Черноголов) проводились расчетные исследования и разрабатывались методы оптимизации изделий металлооптики по массогабаритным параметрам, в том числе и для облегченных и сотовых конструкций. Много внимания уделялось экспериментальному изучению динамических характеристик зеркал до и после воздействия вибрационных и ударных нагрузок. В этих исследованиях принимали активное участие Н.П. Пампура, В.Н. Арзамасцев и др.

Одним из важнейших направлений работ при разработке и создании изделий металлооптики имеют вопросы метрологического обеспечения контроля качества оптических поверхностей. Выпускаемые промышленностью оптические приборы контроля имели малую апертуру (до 0,2 м) и были предназначены для контроля

традиционной оптики. В связи с этим задачи контроля металлических оптических поверхностей зеркал диаметром до 1 м изучались и решались в отделе 90.

В лаб. 95 (нач. В.П. Ермаченко, вед. инж. А.Б. Наумов) были разработаны методика и экспериментальные стенды, позволившие проводить аттестационный контроль металлооптики с габаритными размерами до 0,5 м, а в 1983—1985 гг. стал возможен контроль зеркал диаметром до 1 м. В творческом содружестве с Институтом космических исследований АН СССР (директор академик Р.З. Сагдеев) были созданы специальные интерферометрические стенды, в которых использовались объективы для космических съемок.

Созданная метрологическая база обеспечивала точность измерения величины коэффициента отражения на рабочей длине волны  $\sim 0,2\%$ , точность измерения радиусов кривизны оптических поверхностей металлооптики не превышала 1,0%. Для оценки качества неразъемных соединений элементов металлических зеркал использовались вихретоковый, ультразвуковой, рентгеновский и оптический методы неразрушающего контроля. Сотрудниками лаб. 91 (нач. группы В.Г. Вяхорев) были созданы макеты приборов для неразрушающего вихретокового контроля сплошности паяных соединений подложки зеркал с элементами систем охлаждения размером до 1 м.

С развитием экспериментальной базы в Институте были созданы устройства и приборы для испытаний и

диагностики металлооптики под лучевой нагрузкой до 30 кВт. В лаб. 92 (нач. В.И. Наливасв) группой П.Г. Афанасьева были разработаны, изготовлены и аттестованы измерители мощности лазерного излучения на несколько десятков киловатт различных типов: калориметрические, проходные, дифференциальные, успешно используемые не только в институте, но и в ряде других предприятий — смежников. К автоматизации исследований и испытаний металлооптики в рамках развития общепрограммы развития АСУ ТП в 1983 г. подключилась лаб. 94 (нач. Л.И. Бурмагин), которая совместно с другими подразделениями уже в конце 1985 года обеспечила сдачу в опытную эксплуатацию информационно-вычислительной системы на базе мини-ЭВМ СМ-4 в отделе 190.

Кроме конструкторско-испытательных и технолого-материаловедческих работ большое значение для прогнозирования предельных отражательных характеристик металлов имели теоретические исследования их оптических свойств. Существующие теоретические модели не позволяли оценивать оптические характеристики для металлов с конкретными несовершенствами кристаллической решетки. Исследования отдела 50 (нач. Р.Я. Кучеров, нач. лаб. 52 М.Ф. Малхозов), выявившие в поверхностном слое металла ряд новых физических эффектов, позволили рассчитать предельные величины коэффициентов отражения лазерного излучения для ряда металлов (медь, бериллий, серебро, молибден, вольфрам).

Завершающим этапом в разработке и создании макетов и экспериментальных образцов зеркал являются испытания и исследования в условиях, максимально приближенных к натурным. В отделе 190 службой главного инженера, лаб. 192, лаб. 194 под руководством Н.А. Барышникова, Ю.А. Ульянова, А.П. Халбошина, В.В. Уколова были созданы мощные лазерные установки с мощностью выходного излучения в апертуре луча до 30 кВт. Разработанная методика создания тепловых потоков, эквивалентных натурным лучевым нагрузкам при применении поглощающих покрытий на основе монооксида кремния, позволила проводить модельные испытания всей номенклатуры зеркал, разрабатываемых в институте. Исследования тонкой структуры оптических поверхностей под лучевой нагрузкой при термоциклическом нагружении зеркал проводились на интерферометрическом стенде.

По мере того, как разработчики лазерных систем наращивали выходную мощность и проводили эксперименты по транспортировке излучения в дальнюю зону, все настоятельнее рассматривались технические решения, связанные с компенсацией возмущающего действия атмосферы и отклонений от исходного состояния геометрии оптической поверхности зеркал оптического тракта во время работы. Одним из таких решений является использование в оптических силовых трактах зеркал с управляемой геометрией оптической поверхности — активной металлооптики. С 1983 г. в специально организованной лаб. 193 (нач. О.И. Шанин) на-





*Создатель лазера лауреат Нобелевской, Ленинской и Государственных премий СССР академик А.М. Прохоров (справа) и разработчик практической металлооптики, лауреат Ленинской и Государственных премий СССР д-р В.Ф. Гордеев неоднократно встречались не только в рабочей обстановке; слева на снимке к-н, нач. лаб В.В. Глаголев (1983 г.).*

чались расчетно-экспериментальные исследования физических моделей и макетов охлаждаемых активных зеркал на пьезоприводах НПО «ФОНОН» с габаритными размерами оптической поверхности до 0,5 м. Конструкции таких зеркал прорабатывались в лаб. 196 (С.Н. Бокало). В 1982 г. сама постановка задачи по созданию активной металлооптики казалась просто фантастической. До тех пор адаптивная оптика получила в основном концептуальное развитие и экспериментальное подтверждение применительно к астрономии. Но там проблема решалась, как правило, с использованием управления волнового фронта по углам наклона, а сигнал от звезд был слабым. Вследствие этого астрономические зеркала выполнялись либо состоящи-

ми из стеклянных сегментов, или на основе тонких металлизированных пленок. Проблема создания активной силовой металлооптики была намного сложнее, начиная от проблем измерения реального волнового фронта, принципов и аппаратуры управления, конструкции и методик испытаний зеркал. Металлический охлаждаемый оптический блок должен был деформироваться с амплитудой перемещения поверхности в несколько длин волны, частотой в несколько сотен герц и пространственной частотой в несколько десятков периодов на метр. Эта конструкция должна работать в реальном времени под мощным излучением, должна быть изготовлена с оптическим качеством и сохранять его в процессе работы. Большой вклад в со-

здание активной оптики внесли В.Н. Федосеев, Ю.И. Шанин, В.А. Афанасьев, А.В. Шепелев, А.В. Куренков, В.В. Семенов и др.

Для анализа результатов испытаний различных конструкций зеркал и их дальнейшего совершенствования было необходимо проводить расчетные работы по оценке перемещений оптических поверхностей в условиях лучевой нагрузки. Разработкой методик расчета, оптимизацией систем охлаждения с точки зрения их эффективности занималась лаб. 191 (нач. В.А. Шмаков, В.В. Королев). Сотрудниками этой лаборатории Н.Н. Дегтяревым, А.К. Волковым, А.И. Бурмагиным и др. были проанализированы конструкции зеркал, разрабатываемых в институте с различными системами охлаждения: канальными, многоярусными, микрокапельными, микрокапиллярными, перекрестными, пористыми и т.д. при охлаждении их водой, спиртом, спиртоводными смесями, жидким металлом.

Результаты расчетов легли в основу создания многочисленных конструкций металлооптики для мощных лазерных установок и освоения опытной технологии на ОЗ.

Основные операции по соединению элементов зеркал, формированию оптических поверхностей, их полировке проводились в цехе 2 (нач. В.М. Куприков). Здесь же проводилась комплектация изделий, их пайка, диффузионная сварка, сборка, покраска, сдача заказчику, упаковка. Отражающие и защитные покрытия наносились в цехе 10 (нач. О.Д. Чепель). Изготовление молибденовых решеток систем охлаждения,

корпусов (основ) зеркал проводилось в цехе 6 (нач. Е.А. Каннуников). Операции контроля и аттестации зеркал проводил на стендах ЦИЛ (нач. Ю.Т. Деревянко).

Во внедрении конструкций и технологии изготовления металлооптики на Опытном заводе самое непосредственное участие принимали его директор Р.Г. Фрайштут, главный инженер Ю.А. Краснощеков, главный конструктор ОЗ А.Н. Пилюгин, главный технолог И.В. Труханов и начальник ОТК Ю.Б. Обыденков. Много сил и энергии отдали развитию направления металлооптики на Опытном заводе его ведущие специалисты: А.А. Семенов, Г.В. Савватимов, В.Н. Гусаров, Б.А. Мочалов, Б.А. Бочков, В.Г. Киселев, К.И. Кишмахова, Л.Г. Бойцов и другие.

Изделия металлооптики разработки НИИ НПО «Луч» можно было встретить в различных областях народного хозяйства.

Изготовление зеркал является лишь небольшой видимой частью айсберга. Вершиной разработок являлись полигонные испытания в составе прототипов лазерных установок, которые проводились с участием сотрудников Института в самых различных местах СССР. Такие испытания обеспечивались широкой кооперацией разработчиков различных систем и элементов. Активное участие в полигонных испытаниях принимали Р.Н. Юсупов, А.М. Любченко, С.Н. Юдин, В.Е. Борисовский и др. Не обходилось на таких испытаниях, как вспоминает О.Н. Шанин, без курьезов: «Во время одного из пусков в самом начале испытаний вышел из строя проходной измери-

тель мощности. Представитель научного руководителя всей разработки д-р В.Н. Шулаков по различным косвенным признакам оценил мощность пуска и предложил записать эту оценку в акт испытаний. С этим предложением согласились при условии, что размерность мощности будет записана в «шулаках». Так появилась новая удобная для открытого общения единица измерений. Часто можно было услышать, что при испытаниях достигнута мощность во столько-то «шулаков».

Со времени описанных выше событий прошло более 15 лет. Ситу-

ация в мире изменилась кардинальным образом. Ушли из жизни многие выдающиеся специалисты, работавшие в области создания лазерной техники для народнохозяйственных и специальных условий, в том числе «отцы» лазера — лауреаты Нобелевских, Ленинской и Государственных премий Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, лауреат Ленинской и Государственных премий СССР д-р В.Ф. Гордеев.

Достижения НИИ НПО «Луч» были замечены и отмечены научной общественностью. Так за время проведения работы по созданию метал-



*Сотрудники лаборатории 195, образованной после слияния лабораторий 196 и 197 (январь 1990 г.). Стоят: слева направо — В.А. Разговоров, В.В. Глаголев, Л.Ф. Вислиш, М.Б. Владимирский, Н.В. Гребетирикова, В.В. Бахтурин, А.Н. Салова, В.М. Пескова, Л.Н. Евдокимова, Л.Л. Сафонова, Н.И. Корягина, В.И. Кожуховский, Л.М. Смирнова; сидят — В.В. Слуцкер, В.И. Осипов, В.С. Деметтьева, П.П. Кузнецов, Л.П. Поляева, А.И. Деметтьев*

лооптики Институтом было получено более 300 авторских свидетельств на изобретения по тематике, защищены 2 докторские диссертации (В.Ф. Гордеев, О.И. Шанин), 8 кандидатских диссертаций. Руководитель направления В.Ф. Гордеев входил в состав Межведомственного координационного совета Главных конструкторов, был председателем секции по металлооптике при Госкомитете по науке и технике СССР. Ведущие специалисты НИИ НПО «Луч» были членами ряда межведомственных комиссий по конкретным системам, участвовали в работе координационных советов.

Результаты разработок были представлены и широко обсуждались на Межведомственной научно-технической Конференции в ВИНТИ (сентябрь 1989 г.).

На пленарном заседании 10.09.89 г. был заслушан общий доклад директора института И.И. Федика о достижениях Института, на секциях 12.09.89 г. были заслушаны доклады Б.Г. Дроздова, В.В. Глаголева, О.И. Шанина о конкретных результатах разработок металлооптики в Институте.

За успехи, достигнутые в разработке и создании силовой металлооптики Государственной премии СССР удостоены В.Ф. Гордеев, Б.Ш. Кишмахов, В.В. Глаголев, Б.С. Гаврюшенко; Премии Совета Министров СССР — В.М. Куприков, Г.И. Пепекин, А.Г. Ланин. Как видно из изложенного выше, работы в области создания металлооптики для мощных лазеров была одной из самых важных технически интересных и полезных для развития лазерной техники в СССР.

## ПРОТВИНСКИЙ ФИЛИАЛ «НИИ НПО «ЛУЧ»

Одним из структурных подразделений ФГУП «НИИ НПО «Луч» является в настоящее время его филиал, расположенный в живописном г. Протвино Московской области.

Город находится недалеко от впадения в Оку реки Протвы и является самостоятельным муниципальным образованием в составе Московской области. Он расположен в 96 км к югу от Москвы, население примерно 40 тыс. человек. Здесь располагаются такие крупные научно-исследовательские центры, как Институт физики высоких энергий (ИФВЭ) и филиал Института ядерной физики (ФИЯФ) СО РАН. Протвино строился как город науки, но в последние

годы бурными темпами стала развиваться и промышленность. Построенный прямо в лесу, город приобрел свой оригинальный облик и неповторимый архитектурный стиль.

История создания, становления и развития Протвинского отделения НПО «Луч» интересна и сложна. Образование предприятия предусматривалось вначале как производственно-экспериментальная база ОКБ-6 «Заря». Она и начала создаваться в Серпуховском районе Московской области на основании распоряжения ВСНХ СССР и приказа Председателя Госкомитета ИАЭ в 1965 г. Согласно приказу Министра (1966 г.) и приказу по ОКБ-6 «Заря»

(1967 г.) производственно-экспериментальная база была переименована в «Завод электромеханического оборудования» (ЗЭМО) — филиал ОКБ «Заря». На основании Постановления ЦК КПСС и СМ (1972 г.) и приказа Министра (1972 г.) было образовано НПО «Красная Звезда», филиалом которого стал ЗЭМО. В дальнейшем ЗЭМО был преобразован с 1993 г. в Государственное предприятие «Завод электромеханического оборудования» (ГП ЗЭМО). Это практически совпало по времени с созданием Минатома РФ (1992 г.), первые годы которого (примерно до 1998 г.) Министр академик РАН В.Н. Михайлов обозначил как «годы борьбы за выживание». Не прошло

это, к сожалению, бесследно для ГП ЗЭМО. В это время ГП ЗЭМО по согласованию с Минатомом РФ учредило в 1996 г. государственные дочерние унитарные предприятия, которые явились правопреемниками Головного предприятия по основным научно-техническим направлениям и производственной деятельности. Основными из них были УГП НТЦ «Теплоэнерготехника» и УГП НТЦ «Водород». Распоряжением Министра (1998 г.) дочерние предприятия переданы в состав ГосНИИ НПО «Луч», а приказом Министра (2000 г.) на базе дочерних предприятий и части имущественного комплекса ЗЭМО создан Протвинский филиал ГосНИИ НПО «Луч». ГП ЗЭМО пос-



*г. Протвино, улица Лесная*



*г. Протвино, Центральный проезд*

ле процедуры банкротства по состоянию на 08.12.2000 г. прекратило деятельность в связи с ликвидацией.

Предприятие начало строиться в 1965 г., в новом поселке Протвино (впоследствии город Протвино) Минсредмаша, где в 1967 г. состоялся торжественный пуск одного из крупнейших в мире ускорителей протонов У-70 на энергию 70 ГэВ.

ЗЭМО с самого начала был ориентирован на создание новой космической техники и лучшие выпускники ведущих вузов: МИФИ, МВТУ, МАИ, МЭИ и др. получали распределение на вновь создаваемое предприятие. Уже в 1967 г. были введены в эксплуатацию первые экспериментально-испытательные и производственные участки. Здесь

особенно надо отметить зам. директора по общим вопросам Ю.И. Гапонкина и главного энергетика В.И. Зубрицкого, внесших большой вклад в сооружение первых объектов ЗЭМО. Работать на таком заводе было интересно, почетно и престижно, но в то же время очень ответственно.

Первыми были изделия для системы обеспечения теплового режима (СОТР) подвижной лаборатории «Луноход-1», предназначенной для изучения поверхности Луны. СОТР должна была обеспечить заданный диапазон температур конструкции и приборов как в условиях лунного дня, так и в периоды лунной ночи. Указанные изделия использовались в контурах нагрева с изотопным источником тепла. Поставленная задача

была успешно решена. Работа отмечена Государственной премией СССР, лауреатом от ОКБ стал начальник отдела Ф.Ф. Колготин.

Современная космическая техника все чаще сталкивается с проблемой отвода тепла, выделяющегося при работе различных устройств на космических аппаратах (КА). Одним из наиболее эффективных способов охлаждения является использование скрытой теплоты испарения различных жидкостей. Этот принцип применяется в новых теплопередающих устройствах — тепловых трубах. Патент, основанный на описанном принципе и обеспечивший качественный скачок в развитии теплотехники, был получен в США, и интенсивная разработка его началась в 1964 г. в первую очередь для нужд космической техники. Высокая надежность, относительная простота изготовления, небольшой вес, способность передавать значительные тепловые потоки при



*Стенд термовакуумных испытаний  
ионизационных камер*

малых градиентах температуры создают все большую популярность этим устройствам. В связи с этим, начиная с 1969—1971 гг., впервые в СССР в ОКБ «Заря» и в его филиале — ЗЭМО начинается интенсивная работа по созданию эффективных теплообменных устройств на основе низкотемпературных тепловых труб для КА. С 1972 г. данная работа про-



*Экспериментальный корпус для теплофизических испытаний космических ядерных энергетических установок и теплообменных устройств*



*Стенды термовакуумных испытаний агрегатов космических ядерных энергетических установок*

должается в НПО «Красная Звезда» и его филиале ЗЭМО. Первые летно-конструкторские испытания опытных тепловых труб были проведены уже в 1974 г. на искусственном спутнике Луны. Они прошли успешно, и с 1976 г. теплообменные устройства на основе тепловых труб стали серийно поставляться в НПО им. С. А. Лавочкина для штатной эксплуатации в составе КА специального назначения. Работа отмечена Государственной премией СССР, лауреатом от ЗЭМО стал Е.М. Сидоренко (директор ЗЭМО).

Было освоено серийное изготовление изделий, созданы экспериментально-испытательная стендовая база, а также широкопрофильная производственно-технологическая база.

Коллектив высококлассных специалистов-испытателей и исследователей, разработчиков и рабочих. ЗЭМО участвует в дальнейших разработках, изготавливает и проводит полный цикл наземных испытаний низкотемпературных тепловых труб и СОТР на их основе, предназначенных для работы на КА различного назначения, участвует в космических проектах «Интеркосмос», «Вега», «Фобос» и др.

В это время с вводом на ЗЭМО дополнительных производственных мощностей НПО «Красная Звезда» приступило к освоению филиалом серийного изготовления, доводке, испытаниям и снаряжению термоэлектрических бортовых энергетических установок серии «Бук». В ходе решения этой проблемы на



мере, отражают степень самоотдачи этого заслуженного человека, его огромной и решающей роли в становлении и развитии ЗЭМО. Евгений Михайлович заботился о людях, чувствовал ответственность за каждого работника, энергично и настойчиво отстаивал свои предложения и решения, прилагал большие усилия для их реализации в жизнь.

Накопленный в ЗЭМО опыт и научно-технический потенциал позволили в современных условиях конверсии приступить к исследованию, разработке, изготовлению и внедрению изделий нового типа для различных областей применения.

В настоящее время одним из главных направлений работы является проектирование, строительство и эксплуатация изделий для объектов промышленного, гражданского и военного назначений, в том числе для нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений и мощнейших газотранспортных систем (всей инфраструктуры топливно-энергетического комплекса (ТЭК), могильников радиоактивных отходов (РАО)). Эта работа логически поставила ряд сложных специфических проблем и задач, связанных прежде всего с сооружением крупных инженерных комплексов на многолетнемерзлых породах (охватывающих более 60% территории России). Строительство объектов в зонах многолетнемерзлых пород приводит к существенному изменению естественных природных инженерно-геологических условий обустраиваемых территорий из-за оттаивания «вечной» мерзлоты, осадков и пучений грунтов-оснований и термоэрозии. Эти процессы

вызывают, в частности, деформацию и разрушение зданий, сооружений вследствие развития знакопеременных подвижек оснований объектов, расширение зоны локализации РАО за пределы рабочего объема могильника (хранилища) по причине нарушения естественного теплофизического барьера (криогенного водоупора грунтов) из-за тепловыделения РАО.

Таким образом, к важнейшим проблемам относится сохранение мерзлотно-геологических условий и обеспечение искусственной термостабилизации многолетнемерзлых пород. Поэтому разрабатываются и создаются практические средства охлаждения и термостабилизации грунтов на базе нового типа сезонно-охлаждающих установок и устройств (СОУ) с использованием двухфазных (парожидкостных) термосифонов. В зависимости от конструкции объекта, климатических условий, состояния грунта и тепловых нагрузок испаритель термосифона заглубляется в почву на глубину до нескольких метров, а конденсатор охлаждается наружным воздухом. Диаметр намороженного грунта достигает — 3 м при среднезимних температурах ниже — 15 °С.

При положительных температурах наружного воздуха, период которых в районах Крайнего Севера непродолжителен, замороженный грунт не успевает оттаять и его прочность не снижается. Примером использования таких устройств является сооружение в США Транс-Аляскинского нефтепровода, в конструкции опор которого применены термосифоны в количестве порядка 100 000 шт.

Тепловые трубы обладают следующими преимуществами перед аммиачно-рассольным замораживанием и замораживанием посредством вентилирования скважин холодным воздухом: простотой конструкции; отсутствием энергозатрат и низкой стоимостью.

Предприятие освоило серийный выпуск различных модификаций тепловых труб. При установке тепловых труб (длиной 5—20 м, диаметром от 25 до 100 мм) возможно их изготовление с гибкими элементами для упрощения доставки и монтажа на объекте. Ресурс их работы в диапазоне рабочих температур ( $-70^{\circ}\dots+50^{\circ}\text{C}$ ) составляет 30 лет.

Еще одним научным направлением стали работы по исследованию, разработке, созданию и внедрению систем обеспечения теплового режима (СОТР) функционирования аппаратуры для космических аппаратов (КА) различного назначения на основе криогенных и низкотемпературных тепловых труб. Данные работы ведутся совместно с Институтом космических исследований РАН, ракетно-космической корпорацией (РКК) «Энергия», Научно-производственным объединением им. С.А. Лавочкина, предприятием «Сатурн», Физико-энергетическим институтом, РИЦ «Прикладная химия» и др.

В рамках Международного проекта «Марс-96» при создании СОТР прецизионного германиевого гамма-спектрометра разработаны на мировом уровне оригинальные криогенные тепловые трубы-диоды (ТТД), связывающие детекторы спектрометра с радиатором. При этом проведен полный комплекс наземных

испытаний СОТР с использованием ТТД, включая автономные наземные теплофизические и механические испытания на предприятии, а также приемочные испытания в составе комплекта научной аппаратуры в НПО им. С.А. Лавочкина. Созданные ТТД успешно прошли демонстрационные теплофизические испытания в центре по изучению космического пространства в г. Тулузе, Франция.

В рамках Международного проекта «Физические и инженерные основы оптимального охлаждения НРС гамма-спектрометров для низкоорбитальных спутников, планетарных посадочных модулей и миссий глубокого космоса» проводятся работы по созданию новых конструкций ТТД на азоте, кислороде и аргоне в целях расширения рабочего диапазона систем охлаждения новой аппаратуры.

В последнее время во всем мире значительно возрос интерес к КА массой 10—100 кг, которые в соответствии с Международной классификацией КА относятся к микро-спутникам. Это обусловлено малым временем на создание, небольшой стоимостью, широким диапазоном решаемых задач, возможностью использования для вывода на орбиту любого, в том числе и конверсионного носителя. В этой связи для КА типа «Компас» массой 70 кг рассматриваются и решаются проблемы обеспечения теплового режима микро-спутников. Микро-спутники типа «Компас» предназначены для геофизических исследований и мониторинга чрезвычайных ситуаций, природных и техногенных катастроф из космоса.

Впервые в России создан новый тип двухканальных алюминиевых тепловых труб большой мощности (с аммиаком в качестве теплоносителя) на уровне лучших мировых аналогов, разработаны оригинальная технология, специальное технологическое и испытательное оборудование. Такие тепловые трубы применяются РКК «Энергия» в опытно-промышленной эксплуатации в составе новых космических спутников связи «Ямал-100». Передаваемая мощность тепловых труб из нержавеющей стали для системы охлаждения и термостатирования приборов в криогенном диапазоне температур (80—130 К) составляет 0,5—8 Вт, а в диапазоне температур (150—190 К) находится в пределах 10—100 Вт. Полученные результаты легли в основу продолжения работ по созданию сотовых панелей на базе указанных тепловых труб для следующего семейства более мощных КА: «Ямал-200 и 300». Продолжаются работы по участию в разработке и строительстве российской части Международной космической станции (МКС) «Альфа».

Новым и перспективным направлением научно-технической и производственной деятельности является разработка и создание электролизных установок для получения водорода и кислорода методом электролиза из воды с применением протоно-проводящей мембраны из твердополимерного электролита (ТПЭ). Экологически чистые электролизеры с ТПЭ обладают по сравнению с водощелочными рядом преимуществ. В частности, возможнос-

тью получения газов с повышенным давлением (до 200 атм.) непосредственно в установке без дополнительных энергетических затрат.

Энергоустановки с водородно-кислородными топливными элементами (ТЭ), обеспечивающие прямое преобразование химической энергии в электрическую, 35 лет назад стали применять в США и России для решения космических задач. При этом в основном применялись щелочные топливные элементы (ТЭ), работающие на чистых компонентах.

В России работы по космическим энергоустановкам с щелочными ТЭ ведутся совместно РКК «Энергия» и Уральским электрохимическим комбинатом Минатома РФ с 1967 года. В последнее десятилетие энергоустановки с ТЭ для применения в энергетике и на транспорте, работающие на различных видах углеводородного топлива, форсированно разрабатываются во всех экономически развитых странах мира. Наибольшее внимание уделяется энергоустановкам на топливных элементах с твердополимерным электролитом, эффективно работающих на продуктах риформинга углеводородов.

Вследствие географического положения России, ее природно-климатических условий и структуры топливного баланса для автономных энергоустановок с ТЭ имеется значительный рынок. Перспективным и многообещающим по объемам серийного производства является также создание экологически чистого электрохимического двигателя для автомобильного транспорта.

В настоящее время в филиале ведутся работы по созданию се-

рийного производства конкурентно-способной на внутреннем и внешнем рынке продукции, например, энергоустановок на топливных элементах СТПЭ, работающих на природном газе и других углеводородных топливах для широкого гражданского применения.

Среди работников филиала, внесших большой вклад в становление и развитие данного направления работ, следует отметить А.А. Акимова, М.А. Вахрушина, С.В. Зайцева, В.М. Подледнева, Т.Н. Соколову.

В силу объективных обстоятельств развитие атомной энергетики для энергообеспечения России является наиболее эффективным как с точки зрения сохранения природных ресурсов для следующих поколений, так и с позиций защиты окружающей природной среды, отвечает интересам национальной безопасности страны. Филиал с 1995 г. активно работает в области атомной энергетики, в частности, детекторов ионизирующих излучений для контроля ядерных реакторов АЭС.

Анализ информации, которая накоплена в эксплуатирующих и проектных организациях позволяет выделить проблемы, связанные с обеспечением ядерной безопасности реакторной установки, возникающие при измерениях малых плотностей потоков нейтронов. Важным представляется также контроль уровня подкритичности хранилища отработанного ядерного топлива.

Решение данных задач возможно только при создании малогабаритных внутризонных ионизационных камер (ИК) деления и подвесок ИК. Необходимым конструктивным элемен-



*Электролизная установка для получения водорода и кислорода методом электролиза из воды с применением мембраны из твердогополимерного электролита*

том ИК является радиатор. Для камер деления используется уран-235, для токовых камер — бор. Протвинский филиал располагает необходимым производственным и экспериментально-исследовательским комплексом для разработки, изготовления, сборки и испытаний ИК и подвесок ИК для реакторов АЭС и серийного выпуска различных модификаций. В настоящее время разработанные подвески ИК находятся в опытной эксплуатации на Курской АЭС, Смоленской АЭС и Ленинградской АЭС.

В конце 2001 года в филиале началась большая работа по разработке, конструированию и постановке на серийное производство измерительных нейтронных каналов типа ИНК для реакторов ВВЭР-1000. Большой вклад в данное направление работ вносят Г.П. Кириченко, А.И. Пашин, Н.И. Столяров, О.В. Селезнева.

## СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ, УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В результате деятельности института по топливной тематике и проблемам, связанным с разработкой и изготовлением твэлов, сборок и активных зон для ядерно-энергетических установок, за многие годы в институте накопилось определенное количество высокообогащенного урана. Работы с ураном проводились во многих зданиях Института.

Изменения в начале 90-х годов политической и социально-экономической ситуации в стране привели к появлению ряда факторов, поставивших под сомнение надежность действующей системы физической защиты, учета и контроля ядерных материалов (ЯМ) как в целом в России, так и в нашем Институте. К таким факторам следует отнести: свертывание «ядерной» тематики в институте из-за резкого сокращения финансирования; массовый уход специалистов из ядерных объектов Института; снижение надежности «человеческого фактора» из-за резкого снижения материального обеспечения; моральный и физический износ оборудования, используемого для учетных измерений ЯМ.

Выполненный в 1994 г. комплексный анализ действующих на предприятии методов и средств обеспечения защиты и сохранности ядерных материалов показал их неадекватность изменившимся экономическим условиям, прежде всего за счет неполноценности технических средств своевременного обнаружения и недостаточностью знаний персонала по

использованию современных технологий учета и защиты учета и контроля ядерных материалов.

В связи с этим в 1994—1995 гг. инициативная группа специалистов института под руководством заместителя директора П.П. Мизина разработала для Минатома РФ предложения по включению НИИ НПО «Луч» в Программу Российско-Американского сотрудничества в области усовершенствования систем физической защиты ЯМ.

В августе 1995 г. состоялись первые контакты со специалистами США.

Для координации работ, оперативному и перспективному планированию сотрудничества с американскими национальными лабораториями в апреле 1996 г. приказом директора института И.И. Федика была образована рабочая группа во главе с заместителем директора П.П. Мизиным.

Российско-американская программа предусматривала организацию работ посредством выполнения отдельных задач, имеющих конечные цели, сроки и финансирование. Техническое руководство работами по модернизации было возложено на В.Ю. Чукова, Л.И. Михайличенко, Ю.М. Соколова и В.Е. Рогачева. На первом этапе с февраля 1996 г. по март 1997 г. были немедленно усовершенствованы отдельные составляющие защиты в зданиях, включая организацию постов управления доступом к ЯМ. Были установлены

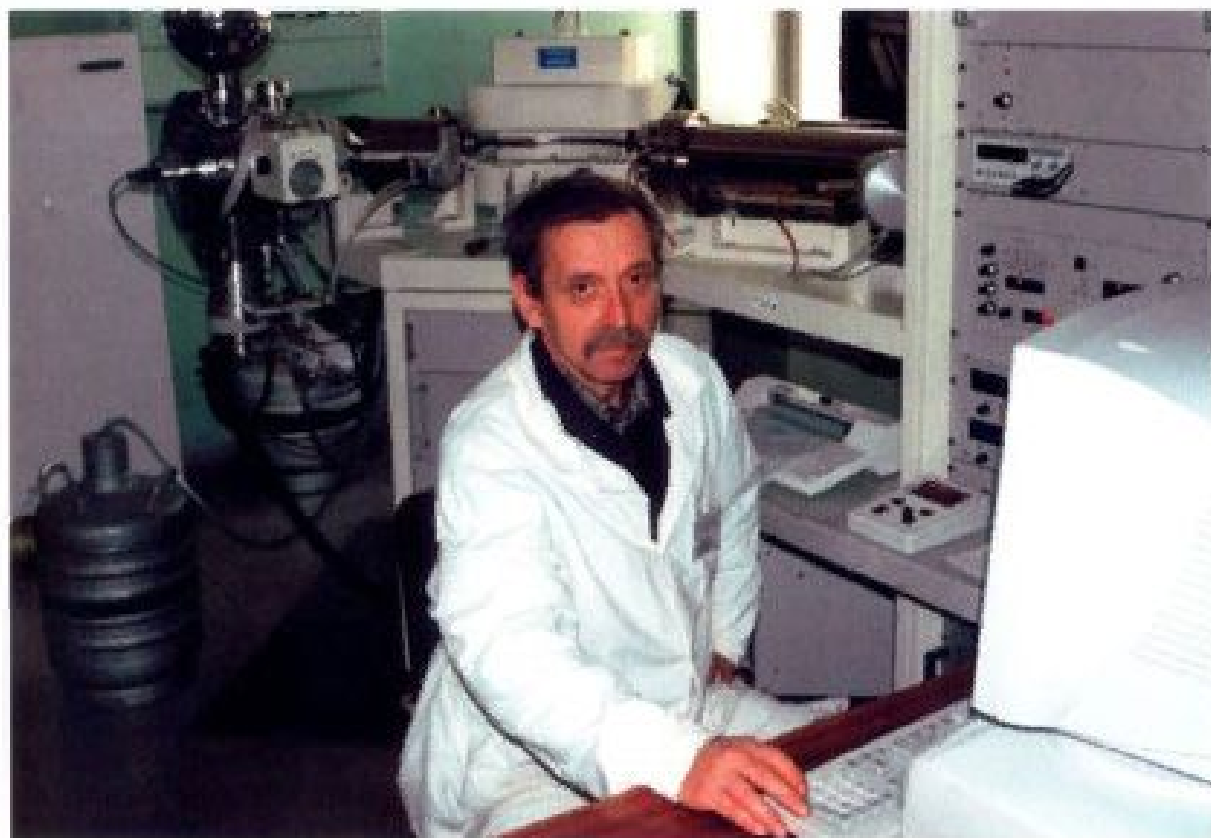
датчики обнаружения попыток несанкционированного проникновения. Проведено обучение специалистов «Луча» методам и подходам к анализу системы, вероятным угрозам и адекватности планируемых мер защиты.

На втором этапе в 1997—1998 гг. усовершенствована система перевозки ЯМ внутри территории «Луча». Оснащены элементами раннего обнаружения, контроля за доступом к ЯМ и видеонаблюдения зоны безопасного хранения материала в Центральном хранилище. Создана структурированная подземная кабельная сеть «Луча» на основе медного кабеля и оптического волок-

на. Построен новый Центральный пост охраны и оснащен системой радиосвязи для обеспечения оперативной связи сил охраны.

На третьем этапе, с 1998 г. по декабрь 2001 г., оборудованы «ядерные здания» основными элементами системы физической защиты. Проведено интегрирование отдельных зданий в единый комплекс контроля и управления безопасностью ядерного материала. Реконструирована система раннего обнаружения и задержки на периметре защищенной зоны.

В рамках сотрудничества американская сторона обеспечила поставку и приобретение различного оборудования для измерения массы ЯМ,



*Руководитель группы Ефремов Ю.П. проводит измерения изотопного состава ЯМ на масс-спектрометре МАТ-262*



*Ответственный за измерения ЯМ в Центральном хранилище Е.К. Лысенко проводит неразрушающие измерения изотопного состава ЯМ на гамма-спектрометре фирмы Камберра*



*Команда специалистов по усовершенствованию способов физической защиты и систем учета и контроля ядерных материалов. Сидит: слева направо — Г.В. Лаврентьева, В.Е. Розачев, Ф.Ф. Комаренко, Е.Т. Куликов, В.А. Морозов, О.Н. Физатов, Н.А. Дандин, С.Е. Шмельёв. Стоят — С.В. Леонин, А.С. Галарин, С.А. Волков, А.А. Звоиков, А.В. Мелехов, А.С. Жарков*

содержания урана в ЯМ и обогащения по урану 235. Были введены в эксплуатацию современные электронные весы, высокоточные электронные масс-компараторы для аттестации контрольных гирь, автоматизированные установки для измерения содержания урана в ЯМ, современного масс-спектрометра для измерения изотопного состава урана. Для измерения изотопного состава ЯМ, без вскрытия контейнера, поставлены переносные гамма-спектрометры фирмы Канберра. Это оборудование широко используется во всех странах при инспекциях и проверках, в том числе и в системе обеспечения гарантий МАГАТЭ.

Оборудование совместно с американскими специалистами вводилось в эксплуатацию в кратчайшие сроки сотрудниками Института.

Разработка и внедрение единой автоматизированной системы учета и контроля ядерных материалов была поручена лаборатории информационных технологий под руководством д-ра О.И. Шанина. В 1996 г. были разработаны первоочередные предложения по компьютеризации зон баланса материалов Института. В конце 1996 г. представительная делегация специалистов «Луча» прошла специализированное обучение проектированию компьютерных сетей в Тихоокеанской Северо-западной национальной лаборатории США.

В ходе обучения было налажено тесное сотрудничество и полное взаимопонимание с американскими коллегами. Можно сказать, что именно после этого началось плодотворное

совместное проектирование и реализация компьютерных сетей в Институте. Так или иначе в конце концов в этом процессе были задействованы представители всех американских национальных лабораторий Департамента энергетики США. В короткие сроки была спроектирована и построена новая кабельная канализация, создана магистральная опто-волоконная кабельная инфраструктура для систем учета контроля и физической защиты. Согласно проекту создавались три сети: для учета и контроля, физической защиты и поддержки первых двух систем. Первые две сети были узкоспециализированными и однозадачными, а третья имела более широкий круг задач и со временем могла послужить основой корпоративной компьютерной сети института. Ситуация повторялась. Ранее в институте существовал мощный вычислительный центр. Осуществлялись неоднократные попытки создания на его основе различных информационных систем. Однако информационная революция не оставила без внимания наш институт. На новом уровне началось возрождение информационных технологий. Колоссально изменившиеся характеристики ЭВМ, современное программное обеспечение и сетевые технологии позволили «малой кровью» достигать существенных результатов. Созданная компьютерная сеть по техническим характеристикам (быстродействию, объему памяти) превышает существовавший некогда в институте вычислительный центр. Ушли в Лету занимаемые ЭВМ сотни квадратных метров, значительное энергопотреб-



ление, многочисленный обслуживающий персонал, низкая надежность техники и другие недостатки. Качественно изменился труд программистов.

Вместе с тем поставленная задача автоматизации системы учета и контроля ЯМ не была тривиальной задачей. В стране отсутствовал опыт подобных работ, не было нормативной базы, затруднительным оказалось даже сформулировать требования к системе. В таких условиях существенной неопределенности трудно переоценить руководство проектом (от института — заместитель директора П.П. Мизин, от американской стороны — сотрудника Брукхэвенской национальной лабо-

ратории Джо Кёртиса), поддерживающее все передовые предложения, начиная от выполнения магистральной кабельной системы на оптическом волокне и заканчивая закупкой самого современного компьютерного оборудования. Нередко можно было услышать от американских коллег, что системы учета национальных лабораторий пока не имеют такого оснащения, как на «Луче». В течение 1997—2002 гг. были спроектированы и созданы две локальные вычислительные сети — сеть учета и контроля ЯМ и сеть поддержки систем физической защиты, учета и контроля. Первая сеть узкоспециализированная, направленная исключительно на учет и контроль ЯМ, аттестована по



*Коллектив лаборатории информационных технологий.  
Стоят слева направо: Ю.И. Шанин, О.И. Шанин, В.Н. Федосеев, Д.М. Ляхов,  
В.А. Афанасьев, И.М. Боканцов. Сидят: В.И. Щипалкин, С.Н. Наумов,  
А.И. Назарбаев, В.В. Наливаев, Д.А. Деметтьев, А.Н. Борисовников, В.В. Гутарев*

требованиям безопасности информации и охватила все здания, в которых производится обращение и учет ЯМ. Вторая сеть поддерживает разрушающие измерения для учета и контроля, документооборот в масштабах предприятия, электронную почту и ряд других сервисов. Эта сеть объединяет практически все здания института. Идеологию статистической обработки результатов и контроля качества измерений сформировал Д.М. Ляхов.

Следует отметить, что сеть учета и контроля ЯМ «Луча» является частью Государственной системы учета и контроля ЯМ, к созданию которой «Луч» был привлечен одним из

первых в Минатоме. Государственная система создавалась в те же годы, что и система учета «Луча», и мы участвовали в тестировании Федеральной Информационной Системы, создании классификаторов и кодификаторов, обработке элементов системы управления и качества. Координацией и проведением этих работ занимался Ю.И. Шанин совместно с сотрудниками различных подразделений.

В настоящее время завершается создание автоматизированной системы учета и контроля ЯМ. На повестке дня — работы по созданию корпоративной вычислительной сети института.

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ**

Цех КИПиА на Опытном заводе был образован в 1956 г. под руководством Л.И. Трахтенберга, выпускника МЭИ, прошедшего становление как специалист на приборном производстве Глазовского комбината. За период 1956—1957 гг. были организованы, оборудованы и укомплектованы участки эксплуатации, средств измерений (СИ) поверки и ремонта.

В связи с все возрастающей необходимостью решения задач автоматизации технологических процессов, решения вопросов измерений, характерных только для предприятия, в 1959 г. из цеха КИПиА выделена лаборатория автоматики во главе с Л.И. Трахтенбергом, а цех КИПиА возглавил А. А. Судариков.

Образование института, рост номенклатуры и количества СИ определили создание новых групп. Так,

в 1962 г. появляется группа по ремонту радиотехнических и дозиметрических СИ, в 1963 г. — бюро измерительных приборов.

В марте 1964 г. начальником подразделения назначается В.Н. Пупынин. Эрудированный специалист, человек с большим жизненным опытом (руководитель крупного цеха на Чепецком механическом заводе, а затем — секретарь парткома завода) обаятельный и на работе, и вне ее, образцовый семьянин — он стал на долгие годы настоящим лидером не только своего коллектива прибористов.

В 1964—1966 гг. подразделению выделяются производственные площади в корпусах 103, 104. Продолжается работа по монтажу новых поверочных установок и оборудованию ремонтных участков. Проведен

трудоемкий монтаж специальных фундаментов и массивной металлической плиты под образцовые весы и оптико-механические приборы. Введены в эксплуатацию: установка для градуировки радиометров, образцовая расходомерная установка, длинномер, горизонтальный и вертикальный оптиметры и многое другое. Организована группа наладки (руководитель ст. инженер В.Г. Хализов).

Началась работа по централизации управления всем приборным парком института и опытного завода. Много сил и энергии затратил В.Н. Пупынин, чтобы доказать преимущества и выгодность своего подхода к коренной перестройке системы прибороборота. Им же централизован учет почти десяти тысяч СИ и оптимизирована система управления.

Бюро измерительных приборов (БИП) было укреплено кадрами. Удалось существенно повысить маневр имеющимися приборными средствами, значительно сократить излишние «запасы» в подразделениях. Это в условиях стремительного структурно-

го «разбухания» и роста «местечковых» настроений позволило оптимизировать затраты, перераспределить средства в пользу приобретения или разработки действительно необходимых институту, зачастую, весьма дорогостоящих измерительных средств «общего пользования».

Цех КИПиА все больше приобретал характер подразделения высокой профессиональной культуры. Достаточно сказать, что более половины его сотрудников (а их численность уже превышала 50 человек) прошли обучение в специализированных учебных заведениях Госстандарта.

В начале 60-х в связи с появлением задач по неразрушающему контролю Л.И. Трахтенберг предложил расширить лабораторию, создав специализированные группы вихретокового, рентгеновского, ультразвукового и др. методов контроля, которые в перспективе могли потребоваться как в технологических разработках, так и на производстве.

В 1962 г. в лаборатории появились выпускники радиотехническо-



*Слева направо: М. И. Лукина (1950—1987) — руководитель бюро измерительных приборов, А.И. Талалаев (1959 по наст. время) руководитель группы ремонта и градуировки приборов контролирующих излучений, А. И. Володин (1953—1988) — руководитель группы гостроверки, Ю.А. Рожков (1957—2002) — руководитель группы наладки КИП и А*

го факультета МЭИ В.П. Денискин, А.П. Будённый, В.Г. Вахорев, Л.Г. Бойцов, которые составили основу группы разработки вихретоковых методов и средств. Плодотворному старту в ее работе способствовало то обстоятельство, что и зав. кафедрой профессор В.Г. Герасимов, и доцент Ю.М. Шкарлет не прерывали своей интеллектуальной опеки над учениками, чему в немалой степени способствовал начальник лаборатории. Группа постоянно подпитывалась молодыми специалистами. Бессменным лидером группы стал В.П. Денискин. Именно с его подачи начались творческие успехи группы, исследованы методы многопараметрового контроля электрофизических параметров объектов: труб, стержней, шаровых и листовых изделий, толщины тонких изоляционных и проводящих покрытий. К систематическим публикациям в журнале «Дефектоскопия» добавилось освоение целины БИ (Бюллетень изобретений). За пионерской заявкой 1964 г. авторов В.П. Денискина, Ю.М. Шкарлета последовал шквал авторских свидетельств, которые превратили дефектоскопы в приборы для раздельного измерения толщины стенки трубных заготовок, толщины электропроводящих и изоляционных покрытий, сварных соединений. Именно в группе В.П. Денискина в наибольшей степени Л.И. Трахтенбергу удалось реализовать свои идеи, связанные с постановкой изобретательского дела на профессиональную основу. Как показатель уровня работы — признание Л.И. Трахтенбергу и Б.Г. Игнатьеву почетного звания

«Заслуженный изобретатель РСФСР». Недаром именно они длительное время возглавляли институтский ВОИР, фактически с момента его формирования.

Не менее удачным оказался старт в 1961 г. ультразвуковой группы, руководителем и интеллектуальным двигателем которой был талантливый экспериментатор «от Бога» В.И. Щербаков. Им решен целый ряд задач, существенно расширивших возможности ультразвукового контроля. Отработаны ультразвуковые преобразователи для визуализации, измерения и регистрации ультразвуковых полей. Создана серьезная экспериментальная база для исследований в области резонансной толщинометрии (В.И. Иванов), импульсной (В.И. Щербаков.) и непрерывной (В.П. Ермаченко) дефектоскопии. Разрабатывались требуемые электроакустические тракты (В.Н. Кочетов, Л.В. Ермаченко) создавались механизмы сканирования и регистрации, волоконные преобразователи (А.А. Колганов, В.М. Мякинников, Н.Г. Косолапов). В группе начал работать механик-универсал Е.А. Богданов творивший чудеса при создании различного экспериментального оборудования, без которого было не обойтись при реализации многим казавшихся заумными, если не сказать бредовыми, идеями. Высокая планка, глубина исследований, а иногда и огромная увлеченность экспериментаторством создали серьезный задел для буквально серийного выхода в практику таких контрольных систем. Одна из установок ультразвукового контроля трубчатых изделий (КТ-4), изготов-



*Сотрудники группы пирометрии лаборатории 73 (1964 г.). Слева направо:  
1-й ряд — М.И. Литский, Е.П. Волков, В.И. Фролова, А.Н. Чуриков, А.А. Визов;  
2-й ряд — Г.И. Мазнов, А.Б. Потапов, П.Г. Афанасьев, Г.И. Паршин*

ленная по плану работ Министерства и внедренная на ЧМЗ (г. Глазов), экспонировалась на ВДНХ и завоевала бронзовую медаль.

Группа радиационных методов неразрушающего контроля в составе Г.Е. Степанова (рук. группы), В.А. Цветкова, Б.Г. Кирова, А.С. Казакова, В.А. Баннича начала свою работу в 1962 г. с исследований в области радиационных методов дефектоскопии для контроля твэлов и конструкционных материалов. Было подобрано рентгеновское оборудование, установленное в специализированных помещениях корпуса 102. Группа принимала участие в разработках различных опытных установок радиационного контроля твэлов и целого ряда изделий, отрабатываемых в исследовательских подразделениях или выпускаемых опытным заводом.

Группа П.П. Олейникова обеспечивала штатный контроль токопроводов-электродов, активно совершенствуя как их конструкцию, так и технологию. Эта задача впервые была поставлена перед лабораторией в связи с разработкой компонентов для демонстрационного реактора-преобразователя «Ромашка», создаваемого для испытаний в ИАЭ. В дальнейшем были разработаны электроконтактные методы контроля токопроводов — электроизоляторов для термоэлектрических батарей изотопных и реакторных преобразовательных установок. Количество изобретений по этой тематике превышало два десятка, половина из которых была внедрена в практику со значительным экономическим эффектом (около миллиона рублей).

Создания многослойных композиций, объединяющих в единое це-

лое высокоомные высокотемпературные электроизоляторы с токопроводящими тугоплавкими элементами, при практической реализации потребовала для своего решения многолетних усилий разработчиков материалов, технологов-сварщиков, специалистов по испытаниям и контролю, а также производственников на образованном специализированном участке в цехе 8 под руководством Н.Н. Провоторова. Следует отметить значительную роль руководителей цеха ктн Д.С. Львовского и Ю.И. Казиминова при серийном производстве (начиная с «Ромашки») продукции для изотопных преобразователей Орион-1 для спутников системы Стрела, реактора-преобразователя «Бук» для десятков спутников серии «Космос», а так же для пилотируемого космического комплекса «Орион-14К».

Для успешного функционирования сложной структуры лаборатории потребовалось создание в ней самостоятельной конструкторской группы по разработке чертежно-конструкторской документации на нестандартные приборы и установки.

Группу возглавил Ю.М. Таранов, ветеран войны, уравновешенный человек, сложившийся специалист, скрупулезно отрабатывающий каждый чертежный лист и требовавший этого от других. Он же руководил сотрудниками механической группы, воплощавших в металле макеты приборов и установок по чертежам и эскизам, созданным в других группах лаборатории.

Структура лаборатории и основные направления работ отдельных групп, к середине 60-х годов опре-

делялась главным направлением работ по ЯРД, а несколько позднее, с 1969 г., с назначением директором института И.Г. Гвердцители, — интенсивными работами по ТЭП.

К концу 60-х годов были заложены основы экспериментальной и производственно-технической базы, что позволило осуществить разработку и изготовление первых микротермопар и средств для измерения потока нейтронов (термонейтронных датчиков — ТНД). Разработаны первые методики и устройства, проведены первые реакторные испытания средств измерения нейтронных потоков. Разработана и внедрена система контроля герметичности твэлов, установка для контроля выноса из них продуктов деления. Значительным вкладом в измерительную технику явились разработки малогабаритных датчиков для определения пульсации давления рабочего тела (нач. группы Ю.П. Мелешко). В лаборатории был смонтирован специализированный газовый стенд, обеспечивающий метрологическую базу для исследований. Изучена и выбрана пьезокерамика как основа для канальных датчиков давления.

Широкий диапазон температур измерения обусловил разработку термопар различных типов и конструкций: А.А. Чуриков занимался внедрением технологии изготовления низкотемпературных термопар, опираясь на опыт в этих работах ФЭИ, а Е.П. Волков возглавил разработку высокотемпературных термопар, в основном антенных, для оснащения испытательных каналов изделий ЯРД.

Благодаря широкой кооперации со специализированными подразде-

лениями и организациями в лаборатории были выполнены разработки, удовлетворившие нужды института и нашедшие применение за его пределами. Было улучшено качество покрытия термозлектродов полимерными композициями, отработана технология нанесения электроизоляционного покрытия на основе оксида алюминия на вольфраморенневые термозлектроды, что позволило обеспечить институт качественными термопарами.

Постоянно множившиеся задачи исследования возможностей серийных средств измерений в особых условиях и выработки рекомендаций по их совершенствованию в разнообразных испытательных стендах, реакторах, каналах, петлях, лазерных комплексах потребовали создания в институте специализированного приборного отдела, способного осуществлять научно-методическое руководство по обеспечению единства измерений во всей деятельности института. В феврале 1970 г. был издан приказ, которым предписывалось организовать отдел 90 Главного прибориста на базе лабораторий 47, 73 и цеха КИПиА под руководством В.Н. Пупынина. Таким образом, было завершено административное объединение в одном звене сил исследователей, разработчиков, метрологов и ремонтников средств измерений. После образования отдела 90 управленческие решения вырабатывались и реализовывались фактически «с колес» без предварительной проработки и подготовки. Практически впервые на предприятиях нашего главного управления Минсредмаша была создана единая служба главного прибориста-метролога, объе-

динившая в одних руках работу со стандартизированными и нестандартными СИ.

Период «бури и натиска» в отделе закончился, как это всегда и бывает, весьма неожиданно. В 1975 г. отдел института покинул Л.И. Трахтенберг, проработав в другом месте по-прежнему в области неразрушающего контроля еще 25 лет. В следующем году ушел из отдела и В.Н. Пупынин, приняв предложение возглавить основной цех по производству сердца Топаза-2 — электрогенерирующих каналов. В 1976 г. отдел возглавил В.П. Денискин, уже несколько лет поработавший нач. лаб. 92. Основной заботой молодого руководителя стало, прежде всего, формирование управленческой структуры, необходимой для устойчивого функционирования системы приборного обеспечения всего научно-производственного объединения.

В отделе создается служба главного инженера СГИ, возглавлявшаяся со дня формирования Николаем Григорьевичем Косолаповым, для реализации пусконаладочных работ, оснащения предприятия уникальным импортным измерительным оборудованием, комплексом радио и электрических компонентов.

Организация работы по 35—40 темам, 15—20 хоздоговорам и до полутора десятка договоров о творческом содружестве потребовало реализации программно-целевого подхода, при котором помимо решения сиюминутных задач особое место отводилось долговременному планированию развития на предприятии различных видов измерений и контроля. Резко возросла роль отдела в метро-



*Сотрудники группы лаб. 94 (1984 г.). Слева направо:  
1-й ряд — Л.Х. Кадыева, Г.И. Паришин, Т.К. Дударь, Л.И. Бурмагин;  
2-й ряд — П.Г. Афанасьев, Л.И. Сафонова, Г.А. Алексеев, П.П. Олейников,  
О.С. Богданов, В.И. Фролова, Г.И. Мазнов, С.В. Приймак*

логическом обеспечении разработок, начала создаваться система соответствующих взаимосвязанных стандартов предприятия. Готовились специалисты нового профиля, в том числе по экспертизе методик выполнения измерений.

К руководству подразделениями были привлечены «местные кадры», хорошо знакомые с их спецификой: В.П. Ермаченко (лаб. 91), В.И. Наливаев (лаб. 92), П.П. Олейников (лаб. 93) и Л.И. Бурмагин (лаб. 94).

За сравнительно короткий срок удалось улучшить скоординированность работ отдела в рамках все множащихся тематических названий (к уже традиционным добавились ВТГР и металлооптика).

В конце 1978 г. В.П. Денискин назначается директором Объединенной экспедиции, а начальником отдела по его рекомендации утверждается П.П. Олейников. Сохраняя преемственность в тематической политике, удается добиться положения, когда основными документами, организующими деятельность отдела, становятся комплексные программы развития методов и средств контроля по тематическому направлению. При этом на достаточно длительную перспективу удалось планировать объемы собственных исследований и разработок, а также намечать кооперацию с профилирующими научно-исследовательскими и конструкторскими организациями не только отрасли, но и других ведомств.





Сотрудники каб. 91. (1969 г.). Слева направо: 1-й ряд — В.С. Накумлякин, В.А. Абркосилов, А.П. Алешин, Ю.Б. Расстрикин, Л.С. Лапатов, В.И. Белеков, Ю.В. Граблев; 2-й ряд — В.П. Денискин, А.С. Трефилов, В.И. Шулико, Л.Д. Олейникова, Л.В. Ермаченко, Л.И. Трахтенберг, В.Ф. Фомин, А. Старов; 3-й ряд — В.И. Бакунов, С.С. Галаев, Ю.М. Таранов, П.П. Таранов, Н. Гусихин, Е.А. Басданов, М. Вортыкин, В. Шацкий; 4-й ряд — В.И. Шацкий, А.С. Попов, В. Исаев, О.Н. Лазуткин, Р.Х. Байбаев, Л.Г. Байров; 5-й ряд — В. Банин, М. Иванов, Н. Совченко, Б.Г. Киров, В.Н. Георгиевский, В.Н. Кошечков, В.П. Ермаченко, В.К. Будкин

Естественно, что при такой постановке дела большую роль играла «сыгранность» в высшем звене управления предприятия. В условиях тематического многообразия речь уже не шла о жесткой специализации подразделений. Нужна была разумная середина, когда имеющиеся ресурсы распределялись в интересах разных тематик оптимальным образом.

Выработка согласованных решений с руководителями тематических направлений и для них, и для отдела редко когда обходилось без «сняжков и шишек». Иногда дело доходило до парткома, который делил имеющиеся в отделе 90 возможности приблизительно в следующей пропорции — тематика ЯРД — 30 %, Топаз-2 — 30 %, ВТГР — 20 %, металлооптика — 20 %. А ведь в институте был еще целый ряд интересных направлений, в которых роль измерительной информации была ничуть не меньше, чем в основных.

Главным дирижером, приводящим в стройную систему разбушевавшиеся не только технические, но и человеческие страсти, долгие годы (с момента назначения его зам. директором института в 1969 г.) оставался И.И. Федик. Сколько терпения, такта, выдержки нужно было проявить, чтобы найти и технический, и человеческий оптимум, когда с одной стороны действовали такие начальствующие «силовики», как И.Г. Гвердцители или В.Ф. Гордеев, а с другой — подчиненные-максималисты Ю.Н. Поддладчиков, Ю.В. Николаев, А.С. Черников и многие другие рангом пониже.

Естественно, что подобный расклад предполагал известную гиб-

кость в плановой политике отдела. В ней особое место стало отводиться систематическим работам значительного числа подразделений института в интересах приборного комплекса. Использование новых материалов и технологий, привлечение к решению специфических измерительных задач широкого круга специалистов смежных научных дисциплин дали превосходный результат. Как в отделе, так и в институте выросла целая плеяда ученых приборного профиля, в становлении которых значительную роль сыграл Иван Иванович Федик.

Стратегически лаб. 91 была ориентирована преимущественно на решение вопросов, связанных тематически с ТЭП. В группе вихретокового контроля прорабатывались методики, ориентированные на контроль качества сварных швов. В 1980 г. А.Е. Глаголевым, возглавившим ультразвуковую группу, начаты исследования нового типа индукционных термоэлектрических ультразвуковых преобразователей. Разрабатывались электроакустические тракты повышенной чувствительности применительно к выявлению малых дефектов в миниатюрных сварных и паяных соединениях узлов и деталей ТЭП.

Удалось обосновать возможность надежной оценки глубины провара при производстве катодного узла. Решение проблем легло на плечи уже нового руководителя группы — В.Г. Вяхорева. В мае 1976 г. начались работы по созданию оптических методов измерений. Были сформированы научно-исследовательских группы, специализирующи-

еся в области оптических лазерных измерений. Создан участок измерения радиуса кривизны металлооптических зеркал, стенда для измерения коэффициента отражения. Закончено создание участка интерферометрических измерений. В этой работе принимали участие все сотрудники лаборатории. Своими силами были сформированы фундаменты, установлены гранитные плиты, произведен монтаж оборудования.

Позднее, в 1983 г., 25 инженерно-технических работников были объединены под руководством В.П. Ермаченко в лаб. 95. Были созданы четыре группы: лазерной интерферометрии (нач. А.А. Щетников); рефлектометрии (нач. А.С. Попов); диагностики установок (нач. О.Н. Лазуткин); диагностики излучения (нач. В.М. Мякинков). Начались работы по освоению и разработке автоматизированной системы изготовления оптических поверхностей (А.В. Москалева, А.А. Щетников, А.А. Наумов, В.И. Сагиров). Принципиально новый подход к диагностике лазерного излучения с применением создаваемых оригинальных дифракционных ответвителей разработан С.В. Алексеевым. На основе интенсивно проведенных исследований он уже через 4 года защитил докторскую диссертацию, став самым молодым доктором наук за всю историю нашего института.

Группа радиационных методов контроля (рук. Б.Г. Киров) оперативно перестроилась на тематику ВТГР. Выработана концепция построения комплекса локальных систем и постов неразрушающего операционного контроля качества

шаровых твэл на всех этапах их изготовления.

Лаборатории 92 была поручена разработка первичных преобразователей в первую очередь для отработки измерительных задач ЯРД. В.И. Наливаевым и С.В. Приймаком проведен глубокий анализ результатов применения термоэлектрических преобразователей в активных зонах, полученных практически за всю историю развития ядерной техники. Сформированная группа dilatометрии (рук. А.В. Кондрашов), решила вопросы измерения температур в печах с графитовыми нагревателями вплоть до 3000 К, используя особенности термического расширения пирографита.

Применительно к направлению ВТГР: разработаны методы бесконтактного контроля теплопроводности графитовой оболочки твэла (В.В. Фоменко), выявления поверхностных и подповерхностных дефектов (А.А. Шишкарёв).

Группой, руководимой сначала В.С. Никульшиным, а затем А.К. Коренным проводились работы по использованию ЭВМ в научных исследованиях.

Выполненные ктн Л.Д. Олейниковой, В.И. Наливаемым, нач. группы Е.П. Волковым, В.С. Константиновым и С.В. Приймаком исследования погрешности температурных измерений создали основу для конструирования значительной номенклатуры рабочих термометров с заданной нормой точности. Результаты работ органично вписались в общесоюзную программу и позволили организовать кооперацию ведущих организаций в названной области измерительной техники (ВНИИМ



*Панорама лабораторных макетов для контроля дефектов и испытания шаровых вентилей, демонстрирующихся на одном из первых отраслевых Семинаров-совещаний по тематике ВТГР*

им. Д.И. Менделеева, СФВНИИМ, Институт металлургии им. А.А. Байкова, НПО «Термоприбор», «Микроприбор»). Была обоснована возможность создания малогабаритных рабочих термометров, выпуск которых для нужд предприятия и отрасли налажен на специализированном участке цеха Опытного завода.

С развитием тематики по Топаз-2 связано формирование в составе лаборатории группы измерительных комплексов под руководством В.Н. Кочетова. В сжатые сроки к 1975 г. при активном участии ст. инж. Г.П. Щипакина и радиомонтажников (С.Г. Ручкин и др.), было разработано нагрузочное устройство для петлевых испытаний ТЭП, хорошо зарекомендовавшее себя в натуральных условиях. Начата проработка автоматизированной системы контроля вольтамперных характеристик электрогенерирующих каналов.

В рамках лаборатории в 1976 г. группой, руководимой сначала

В.С. Никульшиным, а затем А.К. Коренным, и группой Г.И. Мазнова из КИПиА начались работы по созданию автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и по использованию ЭВМ в научных исследованиях. Позднее, в 1979 году, на базе существующих групп была создана лаборатория 94 под руководством Л.И. Бурмагина. Задачей лаборатории являлось комплексное решение задач по автоматизации экспериментов, стендовых испытаний и технологических процессов на базе средств вычислительной техники. Первым автоматизированным стендом стала ЭДУ, предназначенная для испытаний деталей и узлов ЯРД. Благодаря творческой работе В.С. Никульшина, А.А. Барина, А.Н. Конотопова, Л.Г. Кабозовой система была внедрена в промышленную эксплуатацию, а затем получила дальнейшее развитие.

Наиболее крупная лаборатория 93 (руководители: В.Н. Пупынин, П.П. Олейников — 1976, С.С. Галаев — 1980) занималась поверкой тепло-, радиотехнических, электрических, дозиметрических, а также и механических приборов. Число сотрудников возросло до 93. На балансе БИП лаборатории числилось уже более 20 тыс. единиц измерительной техники (от простейших вольтамперметров до современных измерительных микроскопов, интерферометров и т.п.). Общая стоимость измерительных средств приближалась к 19 млн рублей.

Число видов измерений, на поверку которых лаборатория имела право, перевалило за десяток. Лаборатория непрерывно расширяла свои возможности. Образована группа под руководством Ю.М. Таранова, основной задачей которого была разработка калибров и измерительных устройств в основном в интересах направления Топаз-2.

Была сформирована так называемая группа новой (нестандартизованной) техники (рук. С.С. Галаев), которая приступила к тиражированию контрольных средств, разработанных прежде всего в лаб. 91. Учитывая возросший приборный парк, на две части разделили группу ремонта. Е.М. Лисенков стал отвечать за организацию ремонта теплотехники и электронизмерительных приборов, а Р.П. Хомякова возглавила ремонтные работы линейно-угловых средств и средств измерения массы.

В самом начале 1977 г. создается группа метрологического обеспечения (рук. Л.И. Бурмагин, Л.Х. Ка-

дыева, В.И. Широкова, Н.Л. Васильева, Р.И. Семёнова). Группа, конечно, формировалась 2—3 года, но, поскольку дело было новое, не только в институте, но и в стране, фактически всем специалистам пришлось идти в школу Госстандарта. Уже потом создавались стандарты предприятия, проводилась экспертиза методик выполнения измерений, аттестация измерительного оборудования, о сути которой не только рядовые сотрудники, но и руководители как следует не были осведомлены.

Работа многих групп, привлеченных к аттестации стандартных (настроечных) образцов требовала терпения и изобретательности. Сколько пришлось приложить усилий Г.И. Кузьмичевой с сотрудниками группы линейно-угловых измерений, чтобы надежно определить геометрию искусственно созданных дефектов в виде непропаев между манжетой и керамикой МКУ ТЭП. Или, например, сколько времени понадобилось потратить начальнику группы Ю.А. Чернышову, чтобы объехать многие шарикоподшипниковые заводы страны в поисках нужного ряда размеров шариков, по которым предлагалось градуировать установки для контроля размеров микротрещин (ВТГР). Но ведь и шарики должны были иметь не только разный диаметр, но эллипсность, т.е. «плюснутость», т.к. в дело допускали только объекты с коэффициентом несферичности не более 1,05.

Начало 90-х годов поставило перед приборной службой института целый ряд проблем совсем не технического порядка. Чернобыль и «постчернобыльский» синдром ста-

ли причиной резкого снижения объемов НИР и ОКР по атомной тематике. Проблема СОИ в США потеряла свою актуальность, что немедленно аукнулось и в нашем отечестве. В лаборатории 92, привлеченной ранее к Международной программе оценки поведения твэлов и ТВС при авариях, которую выполняли совместно ФРГ и СССР, решено было воспроизвести испытательный стенд, закрываемый в ФРГ по настоянию «зеленых». Поэтапно, помимо температуры, вся проблематика испытаний оказалась в Подольске. Поиск серьезной комплексной проблемы, которая бы была соразмерна нашим освободившимся силам, занял не один год.

Ограниченные в основном жесткими рамками оборонной тематики, все профилирующие направления, кто сразу, а кто постепенно, похудели на небольшом бюджетном пятячке. И руководство отрасли, и администрация института, и руководители направлений лихорадочно хватались за входившее в моду слово «конверсия». Вкусивший ее благодати Опытный завод сначала обособился де-факто, а затем и де-юре вместе с принадлежавшим не ему парком приборов, частью образцового оборудования (особенно по линейно-угловым измерениям), оказавшихся теперь уже на его собственных площадях.

Достаточно быстро все убедились, как непросто выжить в том реальном экономическом хаосе, который царил везде. Передовая 92-я стремительно таяла, т.к. надежды на накладные расходы не оправдывались — их просто не было. Да и для

остальных все более актуальным становился лозунг: «Спасение утопающих — дело рук самих утопающих». Позарез нужны были «производственные» идеи.

Вспоминает П.П. Олейников: «В середине 1992 г. состоялся суровый мужской разговор Главных метрологов 16 Главного Управления о житье-бытье, метрологов в России от Ленинградского региона до Урала. Каждый рисует картинку одну мрачнее другой. Оказывается, АЭС уже второй год остаются без термопреобразователей. Произошел фактический разрыв межхозяйственных связей в пределах СНГ. Значитель-



*Стенд «Надежность» для испытания термопреобразователей*



*Стенд «Параметр» для испытания термопар, их сборок в условиях, имитирующих различные стадии проектных и запроектных аварий реакторов ВВЭР*

ная часть научно-технического обеспечения различных видов измерения оказалась за пределами России. Украина, получая наши лимиты на платину, назад ничего не возвращает. На атомных станциях уже кончаются ремонтные комплекты. А чтобы в России выпускать стандартизованную продукцию, нужно иметь соответствующие конструкторскую и технологическую документации, нужно провести совместно с Госстандартом полный объем испытаний и получить лицензии на право производства преобразователей и их применения на АЭС. А это все стоит денег».

Учитывая, что НПО «Луч» длительное время обеспечивало разработку и эксплуатацию систем измерения целого комплекса высокотемпературных исследовательских реакторов, Минатом РФ принял решение начать освоение всей номенклатуры термопар, термометров сопротивления, а также вспомогательных компонентов в НИИ НПО «Луч», для чего Минатомом РФ было выделено 1 млрд рублей конверсионного кредита. По инициативе трудового коллектива в феврале 1992 г. на базе отдела 90 создано отделение «Техно-Луч» под руководством директора В.П. Денискина, зам. директора В.Н. Наливаева и гл. инженера Н.Г. Косолапова. Начальником цеха по промышленному производству термопреобразователей назначен В.Б. Пампура.

За короткие сроки отделение полностью освоило выпуск широкой номенклатуры измерительных преобразователей. Технические характеристики выпускаемой продукции подтверждены Государственными испытаниями. Вся продукция получила сертификаты утверждения средств измерения и лицензии на право изготовления средств измерения, выданные Госстандартом РФ и Госатомнадзором РФ. Выпускаемая продукция проходит обязательную метрологическую проверку и подтверждается Аттестатом аккредитации.

Для подтверждения технических характеристик датчиков и разработки дальнейших рекомендаций по улучшению технологии было создано и аттестовано уникальное метрологическое оборудование — комплекс стендов «Надежность», позво-

ляющее испытывать датчики на надежность длительностью 8000 ч. Для стендов разработаны методики и программы. Все это дало возможность выпускать высококачественную и надежную продукцию. Годовой объем выпускаемых термопреобразователей колеблется от 40 000 до 60 000 шт., в зависимости от объема заказов.

Отделение «Техно-Луч» ведет также работы по вне реакторным исследованиям протекания максимальных

проектных аварий (МПА) и тяжелых аварий (ТА) в энергетических реакторах типа ВВЭР на созданном стенде «Параметр». Поскольку разные стадии аварийных ситуаций характеризуются различным сочетанием уровней предельных температур, состава рабочей среды, отделение разработало ряд специальных термоэлектрических преобразователей, которые успешно прошли всесторонние испытания на теплофизическом стенде «Параметр».

## **ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Отдел научно-технической информации 17 был создан 13.04.1963 г. и располагался на втором и третьем этажах здания, стоящего и ныне на Рошинской улице. В конце 1965 — начале 1966 гг. отдел состоял из начальника отдела А.Д. Гагарина, секретаря-машинистки, машинистки, трех переводчиков (Г.А. Василенко — немецкий язык, В.Г. Гордеева и С.К. Русская — английский язык), научно-технической библиотеки, выполнявшей основные виды работ по комплектованию, библиографической обработке фонда и обслуживанию читателей (зав. НТБ Н.С. Сергеева, библиотекари и библиографы Т.Д. Юрасова, В.А. Сергеева, А.С. Черногорова, Л. Глазова), инженера И.С. Розановой — комплектование и обработка патентного фонда, и двух инженеров-патентоведов Т.Г. Рябковой и Л.В. Мирошкина. Вскоре в отдел пришел инженер Э.Д. Жуховицкий, в дальнейшем возглавивший группу экономического анализа и

бюро рабочего изобретательства (БРИЗ). Редакционно-издательскую группу в составе 4-х человек возглавлял зам. начальника отдела В.Л. Любельский. Позднее член этой группы В.М. Зубов занимался подготовкой библиографических указателей по темам и выставочным залом института, а О.М. Тюрленева после окончания института долгое время вела работу БРИЗа, уборщицей в отделе работала М.С. Першина — Герой Социалистического Труда, заработавшая орден Ленина и Звезду Героя в 16 лет на колхозных полях во время Великой Отечественной войны.

Вскоре при сдаче корпуса 102 отделу было выделено временно несколько комнат, в том числе и в цокольном этаже.

В этом корпусе впервые можно было реализовать мечту администрации отдела о создании и развитии множительной базы. Начиналось все с обыкновенного ротатора и фотола-



боратории. На ротаторе размножалась в основном нормативно-распорядительная документация. Вал ротатора приводился в движение вручную. В фотолаборатории изготавливались фотографии для научно-технических отчетов и для наглядной агитации. Несколько позднее была введена в эксплуатацию копировальной установка «Эра», на которой можно было получать копии документов на бумажных носителях и изготавливать формы для плоской печати. Задачи комплектования патентного фонда предприятия потребовали микрофильмирования патентных фондов ВПТБ по определенным классам международной патентной классификации. Была приобретена и введена в эксплуатацию установка для микрофильмирования УДМ. Появление нового оборудования поставило перед отделом задачи настройки, наладки и ремонта. В отдел пришел техник С.П. Клиндух. Чуть позже руководством института было принято решение о создании типографии. Базой для ее создания послужил множительный участок отдела 17. Типография была создана как самостоятельное подразделение, и возглавил ее В.Л. Любельский.

На конец 1965 — начало 1966 г. отдел научно-технической информации по своим функциям и задачам практически ничем не отличался от аналогичных подразделений других предприятий отрасли.

В этот период организационно-техническую работу по рационализации и изобретательству в институте и на опытном заводе выполнял производственно-технический отдел

завода, а непосредственным исполнителем этих работ была инженер В.М. Булаева.

Выход в 1963 г. Постановления Правительства «О развитии патентного дела в СССР» дал новый импульс развитию работ по изобретательству и рационализации в стране.

Постановления завязали в одну цепочку тематические планы предприятий и создание изобретений, обязательное ознакомление с патентной информацией на стадии предпроектных исследований с выявлением и защитой патентоспособных решений в законченных разработках.

В Минатоме патентная служба была создана в научно-техническом управлении, руководил ею Б.В. Семенов, а в 1964—1965 гг. создаются патентные подразделения на предприятиях отрасли.

Реализация этих постановлений правительства на предприятии начата в 1966 г. В недрах отдела информации зарождалась патентная служба предприятия. Первым шагом была передача организационных функций изобретательства и рационализации из производственно-технического отдела завода в отдел 17 с переводом туда В.М. Булаевой.

Первые документально подтвержденные факты получения авторских свидетельств сотрудниками Опытного завода, на базе которого возник ФГУП НИИ НПО «Луч» относятся к 1952 г. За 14 лет с 1952 г. по январь 1966 г. предприятием были поданы 170 заявок на предполагаемые изобретения. Из них на январь 1966 г. было получено 43 авторских свидетельства и позднее — еще 18.

Таким образом, количество положительных решений по заявкам, поданным за 14 лет, составило 36%, показатель по тем временам очень высокий. Авторами первых 60-ти изобретений были 104 сотрудника предприятия.

В 1967 г. после ухода с предприятия А.Д. Гагарина начальником отдела был назначен Л.В. Мирошкин, возглавлявший этот отдел до реорганизации структуры института в период перестройки.

К 1969 г. на предприятии уже появлялись стабильные авторские коллективы, решающие определенные классы технических задач на уровне изобретений. Например, авторский коллектив: Б.Г. Игнатьев, В.Н. Гастев, П.П. Олейников, Л.И. Трахтенберг подготовил 5 авторских свидетельств по технологии изготовления узлов изоляции и коммутации, а коллектив В.П. Денискин, Ю.М. Шкарлет — 2 авторских свидетельства по вихрегоковым приборам.

В 1969 г. Отделу научно-технической информации и патентной экспертизы, в состав которого входила научно-техническая библиотека предоставили помещения на 4-м и 5-м этажах корпуса управления института (корпус 101).

На начальном этапе развития отдел шел по пути расширения функциональных задач обслуживающего подразделения. Впоследствии основными направлениями работ стали аналитико-синтетическая обработка информации и патентная проработка тематического плана на всех стадиях его реализации.

Большую поддержку отделу патентных исследований и научно-тех-

нической информации на стадии его становления и развитию изобретательства в своих подразделениях оказывали начальники отделов 40 и 60, позднее заслуженные изобретатели РСФСР, Б.Г. Игнатьев и Л.А. Ижванов, начальники лабораторий Р.А. Андриевский, А.Г. Ланин, Р.М. Альтовский, А.А. Бабад-Захряпин и др. Именно эти люди первыми повернулись лицом к идее изменения статуса отдела научно-технической информации. Они щедро делились своими знаниями, не жалели своего времени на работу по комплектованию справочно-информационных фондов института.

В лабораториях стали один за другим возникать авторские коллективы-изобретателей. Хорошо поставил эту работу начальник лаборатории 91 Л.И. Трахтенберг — первый председатель совета ВОИР — впоследствии заслуженный изобретатель РСФСР. Специализировалась эта лаборатория на разработке средств и методов контроля. Группы были построены по тематическому признаку и практически все они были авторскими коллективами. Во главе этих групп тогда стояли: П.П. Олейников, В.П. Денискин — сегодня заслуженный изобретатель Российской Федерации, В.Г. Вяхорев, О.Н. Лазуткин и др.

Развитие изобретательства и патентных работ требовало качественного изменения кадрового состава отдела научно-технической информации. В 1968 г. в отдел из лаборатории Л.А. Шумкина пришли два инженера: выпускник МВТУ им. Баумана с прекрасным знанием английского языка Э.Н. Некрасов и выпускник МИФИ Э.В. Комаров. В 1969 г.

была создана патентная группа под руководством Э.Н. Некрасова, появилась возможность тематической специализации экспертов патентоведов. За определенными экспертами были закреплены конкретные тематические подразделения. Количество ежегодно подаваемых заявок на изобретение выросло до 80—90. Институт стал занимать призовые места в ежегодных смотрах-конкурсах на лучшую постановку изобретательской работы среди предприятий Министерства. Это была победа, промежуточная, но победа. Теперь с этим народом можно было начинать аналитико-синтетическую обработку информации.

Итогом аналитико-синтетической переработки информации должен был стать аналитический обзор, который по классификации ЮНЕСКО приравнивался к научно-техническому отчету. Здесь был другой предмет труда, чем в лабораториях, но в результате воздействия на него орудия труда — человеческой мысли — возникал новый продукт — новая научно-техническая информация. Сегодня в стране аналитический обзор охраняется законом об авторском праве.

Э.Н. Некрасов стал ведущим исполнителем работ по написанию первого аналитического обзора в институте. Обзор был посвящен одному из основных направлений института ЯРД и охватывал сведения от программ и финансирования до результатов испытаний ЯРД в США. Обзор был высоко оценен руководством института.

Но все же еще существовал у руководства и сотрудников института

элемент сомнения, а не случайность ли выпуск удачного обзора отделом информации. И тогда отделу опять повезло. В институте возникает новое тематическое направление «термоэмиссионное преобразование энергии». Руководил направлением новый директор института И.Г. Гвердцители. В справочно-информационных фондах научно-технической библиотеки и патентного фонда практически полностью отсутствовала информация по этому направлению. Пришлось срочно докомплектовывать фонды, и одновременно началась работа над новым аналитическим обзором зарубежной информации по тематическому направлению «Термоэмиссионное преобразование энергии». Ответственным исполнителем опять выступил Э.Н. Некрасов. Высокую оценку этой работе дал И.Г. Гвердцители на проходившем у него совещании организаций-смежников. Обращаясь к участникам совещания, он сказал: «Прочтите этот обзор! Для меня он дороже, чем хорошо сделанный катод!» Вот это уже была победа — отдел получил право на переход в категорию основных научно-исследовательских отделов. Было переработано положение об отделе и изменена его структура. В структуре отдела появились группы:

1. Аналитико-синтетической обработки информации.
2. Патентных исследований.
3. Экономического анализа и БРИЭ.
4. Государственной регистрации НИР и ОКР.
5. Научно-техническая библиотеки.
6. Патентного фонда.
7. Редакционно-издательская.

#### 8. Специнформации и спецфонда.

В этот период численность отдела составляло 65 человек. В Положении об отделе впервые было записано, что Отдел патентных исследований и научно-технической информации относится к категории основных научно-исследовательских отделов.

В разделе Положения «Задачи и функции» было записано, что отдел проводит:

- информационное обеспечение и сопровождение тем тематического плана;
- патентные исследования на всех стадиях, как перед включением темы в план, так и в процессе ее выполнения;
- готовит и выпускает отчеты о патентных исследованиях и заполняет патентные формуляры;
- аналитико-синтетическую обработку информации, готовит и выпускает аналитические обзоры научно-технической и патентной информации по тематическим направлениям и/или темам.

Структуру и Положение утвердил И.Г. Гвердцителли. Теперь сотрудникам отдела нужно было соответствовать требованиям нового положения. В 1974 г. заместителем директора по научной работе был назначен А.С. Черников. В числе других научно-исследовательских подразделений ему был подчинен Отдел патентных исследований и научно-технической информации. Начался новый этап в жизни отдела. Начался он не очень удачно, и причина здесь не в смене руководства. Просто инженерный состав отдела сильно вырос, появились

несоответствия в затратах труда и его оплате, перспектив карьерного роста не было. Ряд сотрудников по этой причине уволился из института.

На место ушедших пришли новые люди. Кандидаты технических и химических наук, имевшие опыт работы в основных лабораториях. З.А. Шокина из лаб. Ю.Л. Кудрявцева привела с собой инженера Г.Н. Никанорову, из лаборатории Л.Э. Бертиной пришла Н.В. Стрелина, из лаборатории Л.А. Ижванова — В.И. Столяров, а также ряд инженеров из других подразделений, в том числе С.Д. Курбаков, В.С. Сапелкин и другие. Ушли 5 человек, пришли 14. Ни количественно, ни качественно отдел не пострадал. Отдел сохранил основные направления работ, и начал проводить научно-исследовательские работы в области научно-технической информации. В частности, примером такой работы может служить отраслевая методика аналитико-синтетической обработки информации и написания аналитических обзоров, подготовленная З.А. Шокиной, С.А. Смеловой, Л.В. Мирошкиным на базе нашего опыта. Она не только была принята в качестве отраслевой, но долгое время использовалась в качестве учебного пособия Московским и Обнинским институтами повышения квалификации информационных работников.

Работа по составлению тематических обзоров стала одним из направлений деятельности, вышла за пределы отдела научно-технической информации и стала проводиться на конкурсной основе.

Жюри конкурса аналитических обзоров возглавил начальник отдела ОПТИ Л.В. Мирошкин.

Для поощрения авторов аналитических обзоров, занявших призовые места, установлены денежные премии, в том числе для молодых специалистов.

Авторы призовых обзоров так же награждались дипломами.

Важное место в работе отдела научно-технической информации занимала работа по организации и проведению ежегодных конкурсов научных работ, выполненных сотрудниками института и Опытного завода, а позднее и Объединенной экспедиции. Все началось с того, что в середине 60-х годов, по инициативе начальника лаборатории Р.А. Андриевского были проведены несколько научно-технических конференций с докладами наиболее крупных ученых и специалистов института. Вскоре стали проводиться конкурсы научных работ, выполненных молодыми специалистами института. Им на смену пришли конкурсы научно-исследовательских работ, выполненных сотрудниками института без ограничения возраста участников. Число работ, представляемых на конкурс, стало столь значительным, что несмотря на жесткий регламент (10 минут доклад — 10 минут вопросы и обсуждения) двух дней заседаний стало недостаточно. В 1976 г. для организации и проведения конкурса был организован Оргкомитет под председательством зам. директора по научной работе А.С. Черникова. Начиная с 1976 г. конкурсы проводились ежегодно до 1990 г. Для заслушивания и обсуждения конкурсных работ были созданы 3 секции:

- Технологическо-материаловедческая (председатель жюри Л.А. Ижванов);

- Конструкторско-испытательная (председатель жюри Ю.Н. Подладчиков);

- Расчетно-теоретическая (председатель жюри В.С. Колесов).

В качестве призовых работ в разные годы были отмечены, например:

- «Сорбционный метод очистки сточных вод от бериллия», авторы Е.П. Жиров, Л.И. Корзюкова, С.И. Титова (1976 г.);

- «Разработка технологии диффузионной сварки листовой меди с рабочей поверхностью изделий на основе бериллия», авторы Б.Г. Дроздов, К.В. Калиберда, А.А. Пирогов (1978 г.);

- «Описание сжимаемости и энергии связи одноатомных кристаллов методом эффективного потенциала», автор Г.С. Соловьев (1983 г.);

- «Разработка и опытно-промышленное освоение технологии нанесения хромовых покрытий на порошки топливных материалов из оксида и монокрида урана», авторы Р.Х. Жалилов, А.А. Бабад-Захряпин, И.А. Лазарев, В.Г. Коробочкин, А.И. Поваляев (1984 г.);

- «Ингибиторная защита молибдена, меди, инвара и алюминия от коррозии в воде, этаноле, антифризе», авторы А.С. Шевченко, П.М. Кондриков, Ф.Ф. Комаренко, Н.Ф. Соколова (1988 г.);

- «Реакторные эксперименты по плавлению материалов активной зоны реакторов типа ВВЭР», авторы Ю.С. Васильев, Ю.М. Казьмин, Ш.Т. Тухватулин (1989 г.);

- «Концепция реактора высокой безопасности «Мавр», авторы В.М. Котов, Ю.Б. Чертков (1990 г.).

Благодаря усилиям редакционно-издательской группы во главе

со С.А. Смеловой увидели свет материалы конкурсов, научно-исследовательских отчетов, конференций, проводившихся институтом по плану министерства, труды института и многое, многое другое. Душой этого коллектива была Н.Б. Санкина — легендарная машинистка, самостоятельно освоившая работу на новой по тем временам английской машинке с памятью и сменными шрифтами. Неделю просидела у машинки с переводчиком, изучая инструкцию и стала работать.

В начале 70-х годов в соответствии с приказом Министра в составе отдела патентной и научно-технической информации (ОПНИТИ) № 17, как и на других предприятиях отрасли, была создана группа межотраслевого обмена информацией, существовавшая до конца 80-х годов. Группу возглавила кадровый работник предприятия Л.С. Болотникова.

Основными задачами группы были:

- Отбор информации о научно-технических достижениях (НТД) института и подготовка информационных листков для межотраслевого обмена;

- Отбор информации о НТД других предприятий для использования в разработках нашего предприятия.

Работа группы регламентировалась приказами и положениями действовавшими в отрасли и проходила в тесном взаимодействии с ЦНИИАтоминформом. С 1965 по 1985 г. для открытого опубликования было направлено около 2000 материалов (статьи, доклады, обзоры, монографии). В информационных

листочках Всесоюзного института межотраслевой информации (ВИМИ) и сборниках «Передовой научно-технический опыт» опубликовано около 200 материалов. На большинство разработок (85%) поступили запросы на научно-техническую документацию. В том числе:

- звукопоглощающее устройство (Л.Н. Волкова, О.Ф. Авакова отд. 16) — 148 запросов;

- устройство для ограждения зоны резания (В.А. Чухин, отд.16) — 73 запроса;

- установка для определения газов в металлах и сплавах (Л.И. Михайличенко, Г.Б. Барина, лаб. 64) — 48 запросов.

Организация работы в институте по отбору, передаче и использованию рекомендована для распространения в отрасли. За работу в области научно-технической информации и межотраслевого обмена в 1978 и 1979 гг. Институту присваивали 1-е место между предприятиями Московского куста ВИМИ, а за 1983—1985 гг. — 1-е место в отрасли.

Большой вклад в становление и развитие этой работы внесла рук. группы группы Л.С. Болотникова.

Огромную техническую работу по оформлению, регистрации и учету изобретений и связанной с этим перепиской, на протяжении всего периода деятельности предприятия в разное время выполняли В.М.Булаева, Л.И. Бурмистрова, Л.Б. Смирнова, Н.М. Мурзинова. Их труд воплощен в 15 книгах учета изобретений, в авторской картотеке, в картотеке использованных изобретений, в тысячах переданных в архив института дел постоянного хранения. Он

позволяет проследить историю института в изобретениях с точностью до одного дня.

Научно-техническая библиотека, созданная в составе Опытного завода в 1947 г. с 1963 г., входит в отдел Научно-технической информации, и в его составе прошла путь развития от библиотеки 3-й категории до 1-й, с фондом более 100 000 единиц хранения. Заведующими библиотекой были с 1965 г. Н.С. Сергеева, а с 1968 г. — Т.Д. Юрасова. В течение многих лет Т.Д. Юрасова снабжала научно-технической и учебной литературой не одно поколение сотрудников института и опытного завода. Ее знает весь коллектив.

Штат библиотеки возрастал и в 70—80-е гг. достиг 10 человек. Помимо работы по комплектованию библиотечного фонда, организации связи с ведущими библиотеками страны в Москве для использования их фондов по межбиблиотечным абонемен-там, составлению каталогов и указателей для удобства пользования фондом был обеспечен систематически выпуск информационных бюллетеней по тематике института на основе обзора отечественных реферативных журналов. При библиотеке создан библиотечный совет под председательством ктн Б.А. Оплеснина, помогавшего в комплектовании фонда, проведении дней информатора, оформлении выставок новых поступлений. В состав библиотеки входит фонд-хранилище открытых научно-технических отчетов института.

В НТБ была создана группа в составе 3-х человек, занимавшаяся комплектованием патентного фонда по направлениям деятельности институ-

та. Т.А. Вьюсовой были поручены работы по подготовке материалов к открытому публикованию. Сегодня эта работа является основной для 3-й секции постоянно действующей технической комиссии института.

В 80-х годах отдел получил последнее пополнение кадрами. Эти годы можно считать расцветом многосторонней деятельности отдела.

А потом пришла перестройка, наступил период выживания. Финансирование отдела стало проводиться по остаточному принципу. Договорные отношения поставили отдел в крайне тяжелое положение, заказов на подготовку аналитических обзоров поступало все меньше. Резко сократилось создание новых патентоспособных решений. За 10 лет перестройки институтом получено около 60 патентов Российской Федерации, да и из этого количества около 40% прекратило свое действие из-за неуплаты годовых пошлин за поддержание патентов в силе. Отдел практически прекратил существование с 1998 г. Сохранились лишь научно-техническая библиотека, где работают два человека. Работа по подготовке аналитических обзоров ведется, эпизодически по договорам подряда. В 1999 г. в институте создан отдел экспортного контроля и патентных экспертиз. В его обязанности помимо экспортного контроля входит проведение патентных экспертиз по критериям патентоспособности и на нарушение прав третьих лиц при выполнении контрактов, вопросы правовой защищенности товарной продукции и т.д. В составе отдела работают два патентоведа, один инженер и переводчик.

Вероятно, это временные трудности, которые пройдут, как все в жизни проходит. Все чаще повторяются призывы ввести в хозяйственный оборот промышленную интеллектуальную собственность и результаты научно-технической деятельности, не являющиеся объектами исключительных прав.

Постановление Правительства Российской Федерации от 14 января 2002 г. «О порядке инвентаризации и стоимостной оценке прав на результаты научно-технической деятельности», утвердившее Положение об инвентаризации прав на результаты научно-технической деятельности, внушает надежду на скорые изменения к лучшему. С августа 2002 г. отдел преобразован в отдел международного сотрудничества экспортного контроля и патентных экспертиз. В его состав входят Бюро экспортного контроля и группа патентных экспертиз.

Прошли десятилетия прежде, чем мы поняли, что патентное право стран

мира — единственный инструмент правового регулирования мировых товарных рынков. Патентное право, охраняющее исключительное право использования, понуждает разработчиков к созданию новых более совершенных технических решений, либо к приобретению лицензий с целью скорейшего сокращения разрыва между уровнями производства и необходимого потребления. Но для понимания всего этого необходима была перестройка. Нужно было ощутить необходимость построения правового государства, осознать необходимость перехода к рыночной экономике учеными и производственниками.

Критериями оценки труда наших детей и внуков будут не количество поданных заявок на предполагаемые изобретения, не количество полученных патентов и их учет при подведении итогов социалистического соревнования, а реальные результаты реализации промышленной интеллектуальной собственности на мировых товарных рынках.



## РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Развитию расчетно-теоретических работ в Институте всегда уделялось большое внимание, начиная с начала его создания. Это объясняется многими причинами, но прежде всего новизной задач, которые были поручены Институту, а также тем, что Институт проводил основные работы по схеме: от идеи до опытного образца. В такой ситуации значение расчетно-теоретических работ имеет очень важное значение, т.к. позволяет существенно сократить время разработок. К этому следует добавить, что не последнюю роль играло то обстоятельство, что все директора института были специалистами с широкой эрудицией и физико-математическим образованием.

Первый директор института — Михаил Васильевич Якутович — крупный ученый в области физики твердого тела и физического металловедения, прекрасно понимая значимость расчетов и теоретических исследований, сразу же создал отдел 30, которому были поручены указанные работы. Надо отметить, что в то время в институте было всего 3 отдела, и создание отдела 30 существенно повысило статус данных работ.

Начальником отдела 30 был назначен молодой профессор, дфмн Михаил Александрович Ханин, который приехал в институт вместе с М.В. Якутовичем. Основной идеей, заложенной М.А. Ханиным в организационную структуру отдела, яв-

лялось создание в нем неких ячеек (групп) во главе с ведущими специалистами, способными потенциально в будущем вырасти в самостоятельные научно-исследовательские подразделения (лаборатории). Для реализации этой идеи в отделе в 1962 г. были приняты выпускники аспирантуры Института проблем механики АН СССР: И.И. Федик, Г.Н. Чернышев, Е.Б. Попов, Н.Г. Серпилина, и Н.С. Авраменко. Приняты на работу теоретики — физики и гидродинамики кфмн В.М. Жданов и ис В. Сарычев, И.И. Федик вскоре стал первым начальником расчетно-теоретической лаборатории 31, Е.Б. Попов — начальником группы теплофизических и газодинамических расчетов, Г.Н. Чернышев — начальником группы прочности, а Н.С. Авраменко — начальником группы прикладных технологических задач. Эти специалисты на многие годы определили направление расчетно-теоретических работ в институте по обоснованию конструкции твэла и тепловыделяющих сборок ЯРД.

В 1963 г. произошло существенное пополнение отдела 30 за счет выпускников различных вузов страны. Большинство из них были выпускники Воронежского госуниверситета. В этот год в институт поступили на работу А.А. Абрамов, В.Н. Блошенко, Н.М. Власов, В.И. Гранов, В.Е. Гребенкин, В.С. Колесов, Н.Я. Паршин, Э.М. Федоров, В.А. Шмаков, Б.Ф. Ушаков и дру-

гие. Это был удачный набор — многие выпускники ВГУ в будущем защитили кандидатские и докторские диссертации и стали ведущими специалистами в институте. Насколько большое внимание уделялось комплектованию отдела 30, говорит тот факт, что отбирать выпускников ВГУ специально приезжали начальник лаборатории 31 И.И. Федик и тогдашний пом. директора по кадрам В.Г. Ковалев. Таким образом, к концу 1963 г. лаборатория 31 была

вполне способной решать возложенные на нее задачи.

Примерно до середины 1964 г., пока еще не были выбраны конструктивные схемы твэла и ТВС, конкретной работы в лаборатории 31 было немного. Но вынужденный «простой» не пропал даром: в лаборатории под руководством И.И. Федики был организован семинар, основной целью которого являлось изучение обширной научной литературы по теории теплопроводности и механи-



*Сотрудницы отдела 30, занимавшиеся расчетными работами (1966 г.). Слева направо: 1-й ряд — С. Блошенко, В. Гранова, Е. Зиновьева, А. Полякова; 2-й ряд — Е. Паришина, Т. Шемелина, Т. Деменко. Почти сорок лет пролетело после организации расчетно-теоретического отдела. Целая жизнь прошла в стенах института. Пришли молодыми, они теперь уже почти пенсионеры, но до сих пор вспоминают многие подробности работы и добрые отношения между сотрудниками и руководителями*

ке твердого тела. Как раз в это время, что несомненно объяснялось бурным развитием теплоэнергетики, в СССР и за рубежом вышло несколько прекрасных монографий по теплопроводности и температурным напряжениям. Эти монографии были проштудированы молодыми специалистами лаборатории, что способствовало существенному повышению их профессиональной квалификации.

К середине 1964 г. конструкторы и технологи института окончательно сделали выбор формы твэла в пользу стерженькового и материала на основе твердых растворов карбидов циркония, ниобия и урана. В середине 1965 г. лабораторией 31 был выпущен отчет, в котором исследовалось термонапряженное состояние твэлов различного поперечного сечения: круглый, эллиптический, прямоугольный, крестообразный и др. На основании этих исследований был сделан вывод о том, что поперечное сечение твэла должно представлять выпуклую фигуру и не должно иметь острых входящих углов. Эти исследования несомненно повлияли на определение геометрии твэла, по крайней мере значительно сузив поиск возможных конструкций.

Данная работа проводилась под руководством Г.Н. Чернышёва — первого начальника лаборатории 32. Выпускник Новосибирского госуниверситета, а затем аспирантуры ИПМ АН СССР — Г.Н. Чернышёв имел прекрасную физико-математическую подготовку в области механики деформируемого твердого тела. К тому же он обладал хорошей инженерной интуицией, позво-

лявшей при разумных допущениях таким образом упрощать задачи, что становилось возможным для их решения использовать классические методы математической физики. Это было особенно важно в то время, т.к. в институте тогда еще не было электронно-вычислительной техники и квалифицированных программистов.

Решения задач теплопроводности и термоупругости для различных геометрических форм твэла были получены в замкнутом виде с помощью методов теории функций комплексного переменного, интегральных преобразований. Такой подход позволил проводить численный анализ теплонапряженного состояния твэлов при весьма ограниченных возможностях вычислительной техники.

Наверное, именно ограниченные возможности по реализации численных методов натолкнули Г.Н. Чернышёва на чрезвычайно интересную мысль об использовании экспериментальных методов для решения задач термоупругости. Возможность такого подхода обеспечивается совпадением математической постановки плоской задачи термоупругости и задачи об изгибе жестко защемленной по контуру тонкой пластины. Следует подчеркнуть, что в этом случае имеет место не эксперимент, когда определяются те или иные объективные параметры процесса, вещества или конструкции, а именно экспериментальное решение плоской задачи термоупругости. Поскольку математически задачи совпадают, то оказывается возможным по найденным с помощью тензометрирова-

ния деформациям пластины — аналога по простым пересчетным формулам — определить термоупругие напряжения в цилиндрическом теле.

Указанная пластинчатая аналогия была известна еще в начале XX века, но Г.Н. Чернышёв открыл ее самостоятельно и, что самое главное, осуществил ее практическую реализацию. С этой целью в лаборатории 32 в 1966 г. была организована группа аналоговых методов, которую возглавил С.Д. Иванов — выпускник аспирантуры МИСИ. Человек чрезвычайно энергичный, С.Д. Иванов быстро подобрал работоспособный коллектив, и уже к концу 1966 г. в группе аналоговых методов были получены первые результаты для тестовых задач, которые показали удовлетворительную точность метода пластинчатой аналогии. В дальнейшем с помощью данного метода были исследованы задачи о термонапряженном состоянии бериллиевого отражателя и замедлителя из гидрида циркония применительно к конструкции ЯРД. В то время решить такие весьма сложные задачи иным методом в институте было невозможно.

Метод пластинчатой аналогии затем был распространен на анизотропные материалы (Н.М. Власов, Г.Н. Чернышёв), на тела с включениями и даже на некоторые упруго-пластические задачи (В.С. Колесов). Однако, в условиях бурного развития компьютерной техники метод пластинчатой аналогии оказался не конкурентоспособным с вычислительными методами, и к середине 70-х годов данная группа фактически прекратила свое существование.

В 1964 г. М.А. Ханнин перешел на работу в Москву, и начальником отдела 30 стал И.И. Федик и в силу своего образования, и потому, что на отдел 30 легла основная задача по определению конструкции и обоснованию работоспособности ТВС и других узлов ЯРД И.И. Федик уделил большое внимание укреплению высококвалифицированными специалистами прежде всего расчетно-теоретических подразделений отдела — лабораторий 31 и 32. Последняя состояла из трех групп: группы инженерных методов расчетов на прочность, группы экспериментальных методов и группы математических методов механики твердого тела, в которую входили В.С. Колесов, Н.М. Власов, Л.Г. Смирнов, Е.Е. Чуйко, А.И. Гудков и С.Я. Гичева. Б.В. Нерубайло — высококлассный специалист в области прикладных задач механики деформируемого твердого тела — возглавил группу инженерных расчетов конструкций на прочность, в которую вошли Н.Г. Серпилина, Г.Д. Зубков, Л.П. Никитина. Группой были решены задачи по обоснованию прочности очень важных элементов ТВС: опорно-выхлопного узла (опорная решетка и сопло), теплоизолирующих гильз, бериллиевого и металлического корпусов.

Используя асимптотические методы интегрирования уравнений теории тонких оболочек, были исследованы задачи о напряженном состоянии тонких цилиндрических оболочек при воздействии локальных тепловых и силовых нагрузок. Такие ситуации могут возникнуть в теплоизолирующих гильзах, когда



*За обсуждением решения сложной задачи молодыми научными сотрудниками лаб. 32 (слева направо) М.В. Курiosoым, Е.Е. Чуйко, В.С. Колесовым (1970 г.)*

газ (рабочее тело) недостаточно хорошо перемешан, что приводит как к местному перегреву гильз, так и к локальным нагрузкам из-за контактного взаимодействия с твэлами. Данные исследования позволили определить нижнюю границу коэффициента перемешивания рабочего тела, и, следовательно, более осознанно подходить к выбору конструкций нагревных секций ТВС ЯРД. Поскольку специалисты группы хорошо владели инженерными методиками, они проводили большой объем оперативных расчетов различных вариантов элементов конструкций ТВС. Эта работа шла в тесном сотрудничестве с конструкторами и лабораторией 31. Практически все сколь-либо

значимые изменения конструкции элементов ТВС проходили через группу инженерных расчетов на прочность, и только после ее одобрения имели право на жизнь. Теоретической группой был решен ряд важных задач: термонапряженное состояние цилиндрического пакета (применительно к теплоизоляционному пакету), когда в процессе нагрева учитывается изменение зазоров между отдельными слоями пакета; нестационарные задачи для твэла и других элементов ТВС, позволяющие определять скорости нагрева; задачи с учетом реологических свойств материалов — пластичности, ползучести и релаксации напряжений. Помимо этого сотрудниками

теоретической группы участвовали в разработке некоторых технологий, в которых напряжения играют значительную роль: задача о концентрационных напряжениях при диффузионных процессах, остаточных напряжениях в композиционных материалах и др.

Оценки взаимодействия карбидных твелов с водородом проводились в лаб. 31 Э.М. Федоровым на основе современных методов расчета многокомпонентной диффузии компонент материала твэла. Эти расчеты позволяли определить степень обезуглероживания и выноса урана. При достаточном обезуглероживании происходит понижение температуры плавления материала твэла. А вынос урана может привести к потере критичности реактором ЯРД. По мере приближения испытаний все более остро вставал вопрос о том, как получить информацию о надежности ТВС. Для решения этой задачи в лаб. 31 была создана группа надежности (И.Д. Дараган, Л.С. Дегтярева, В.В. Волков, В.Ф. Константинов, В.И. Шевченко). Работой группы руководил Е.Б. Попов, который также занимался разработкой расчетной модели аварийного процесса в нагревном блоке (нагревный блок — совокупность всех нагревных секций). В.Ф. Константинов занимался разработкой расчетной модели опорной решетки, В.И. Шевченко — теплоизоляции. И.Д. Дараган, Л.С. Дегтярева и В.В. Волков занимались остальными узлами, общими вопросами отработки и обоснованием организации аварийной защиты при проведении реакторных испытаний.

«Знаковое» приобретение, которое сделал Федик И.И. для укрепления отдела 30, было приглашение в институт кфмн Ю.Н. Подладчикова, получившего прекрасное образование в Ростовском госуниверситете на кафедре, руководимой известным ученым-механиком И.И. Ворovichем. Ю.Н. Подладчиков обладал обширными познаниями во многих областях прикладной математики, а также газодинамики и гидродинамики. Работая несколько лет в ЦНИИМаш, он приобрел богатый опыт в методах вычислительной математики, особенно хорошо владел методом конечных разностей. Ко всему прочему Ю.Н. Подладчиков был незурядным организатором, и вокруг него быстро образовался коллектив программистов: Н.В. Урбанович, О.Г. Лебедева, Л.А. Мосейчук и др. В то время в институте уже был создан собственный вычислительный центр на базе ЭВМ М-220 и М-20, что позволило Ю.Н. Подладчикову быстро и эффективно включиться в решение задач по тепломассообмену и газодинамике.

Существенные изменения в жизни института произошли в 1969 г.: на смену М.В. Якутовичу пришел новый директор — дфмн, профессор, член-корреспондент АН Грузинской ССР Ираклий Григорьевич Гвердцители. Это была не просто смена директора. Если до этого времени для института главной и единственной задачей было создание ТВС и других элементов конструкций реактора ЯРД, то с приходом И.Г. Гвердцители появилась еще одна стратегическая проблема для института — разработка конструкции и техно-

логии изготовления электрогенерирующих каналов для термоэмиссионного реактора-преобразователя. Произошли и другие изменения в руководстве института. Заместителем директора стал И.И. Федик, который одновременно был назначен научным руководителем направления ЯРД, отдел 30 возглавил Ю.Н. Подладчиков. В это же время из института ушел Г.Н. Чернышёв, и обязанности начальника лаборатории 32 по совместительству были возложены на И.И.Федика.

Все эти изменения, естественно, в значительной мере повлияли и на развитие расчетно-теоретических работ в институте. Новое направление по разработке ЭГК требовало расчетно-теоретического обеспечения. Вместе с И.Г. Гвердцители из СФТИ приехали в Подольск несколько ведущих специалистов, и в их числе известный ученый в области физики ТЭП, дфмн, профессор Рафаил Яковлевич Кучеров. Он возглавил лабораторию 51, которой были поручены работы по расчету тепловых и электрических полей в ЭГК. В лаборатории 51 была создана физико-математическая модель этих процессов при нагреве ЭГК за счет деления урана с учетом влияния электрического тока, передачи тепла излучением, электронного охлаждения и других эффектов. Используя многочисленные экспериментальные данные, удалось создать сравнительно простой алгоритм расчета тепловых и электрических полей в ЭГК, точность которого была очень высокой, что позволяло оперативно рассматривать различные конструктивные изменения ЭГК и проводить

вариантные расчеты по его оптимизации. В этих работах активно участвовали С.А. Еремин, В.У. Королев, Л.Н. Шулепов, В.М. Гунько и др. Кроме того, в лаборатории 51 проводились фундаментальные работы по теории термоэмиссии, целью которых было определение наиболее выгодных режимов работы ЭГК, оценки величины зазора между электродами, выбор материала электродов и другие задачи. Эти работы проводились под руководством Р.Я. Кучерова с участием Г.С.Соловьева, М.Ф. Малхозова.

Обоснование прочности ЭГК было возложено на лабораторию 32. В этой лаборатории были решены задачи о термонапряженном состоянии концевых элементов, коллекторного пакета, определена вместе с конструкторами оптимальная форма дистанционирующего элемента, оценены напряжения в сильфонах при циклических нагрузках и при взаимодействии ЭГК с элементами реактора. Руководил данными работами В.С. Колесов, и в них принимали участие Г.Д. Зубков, М.В. Курносков, С.Я. Гичева и Е.Е. Чуйко. Следует отметить, что обоснование работоспособности (в том числе и прочности) ЭГК принципиально отличается от подобной задачи для ЯРД. Ресурс реактора ЯРД составляет несколько десятков минут, и его можно обосновать экспериментально на отдельных узлах и даже натурными испытаниями. Ресурс же ЭГК — несколько лет, и очевидно, что подтвердить такой ресурс экспериментально крайне затруднительно. Поэтому возникли новые задачи по обоснованию длительного

ресурса конструкции на основе современных представлений о поведении материалов под действием длительных нагрузок и экспериментальных данных о работоспособности конструкции на сравнительно небольшой временной базе. На начальной стадии разработки конструкции ЭГК и технологии его изготовления этот вопрос не был актуальным. Однако, когда конструкция уже была выбрана, то проблема ресурса стала одной из самых главных и потребовала для своего решения комплекса расчетных и экспериментальных работ. Именно это и стало одной из причин создания в институте в 1974 г. отдела прочности, в рамках которого было возможно проведение таких работ.

Необычайно большое влияние на развитие расчетно-теоретических работ в институте оказал Виктор Николаевич Михайлов, которого пригласил на работу Ю.Н. Подладчиков в 1970 г. В.Н. Михайлов был профессиональным математиком, но его целью, по его собственному выражению, была максимальная автоматизация процесса решения задач математической физики. На практике это должно было выглядеть следующим образом: создается универсальная программа, в соответствии с которой для решения задачи следует ввести в данную программу описание в том или ином виде границы области, характеристики материала, граничные и начальные условия. После этого ЭВМ производит необходимые вычисления и выдает на печать решение задачи. Для того времени такой подход был весьма прогрессивным, т.к. по существу

позволял решение сложных задач теплопроводности и термоупругости переводить в разряд стандартных программ.

В.Н. Михайлов практически сразу стал начальником отдела 80, куда входила лаборатория вычислительной техники 81 под руководством И.Н. Урбановича. Среди первых сотрудников отд. 80 были Г.М. Кухаренко, Д.М. Ляхов, Т.А. Галкина, А.С. Бобрик, ктн А.А. Еремин — начальник лаборатории технико-экономических исследований. Позднее, в 1983 г. образовалась лаборатория математических исследований 85, которая была одновременно подчинена В.Н. Михайлову. Располагая электронновычислительной техникой и квалифицированными программистами, В.Н. Михайлов активно взялся за реализацию своих идей. Используя интегральные формулы, ему удалось свести задачи определения температуры и термонапряжений к решению интегральных уравнений (метод граничных интегральных уравнений — ГИУ). Конечно, метод ГИУ был известен и ранее, но ему удалось существенно упростить получающиеся интегральные уравнения и привести их к виду, удобному для численного решения. Под его руководством был разработан пакет программ ИНТЕГУР, позволявший решать широкий класс двумерных задач теплопроводности и термоупругости. При этом программы позволяли учитывать не только сложные многосвязные области, но и все виды граничных условий. С помощью пакета ИНТЕГУР проводились многочисленные расчетные исследования применительно



практически ко всем изделиям, разработкой которых занимался институт, а В.Н. Михайлов на основе полученных результатов в 1982 г. успешно защитил докторскую диссертацию.

В начале 1974 г. в институте появилось еще одно крупное направление работ по разработке конструкции и созданию полупромышленной технологии шарового уранграфитового твэла для высокотемпературного газоохлаждаемого реактора. Руководителем этого направления стал А.С. Черников, который был назначен заместителем директора института. Работы по расчетно-теоретическому обоснованию шарового твэла были поручены отделу прочности (отдел 130), который был организован в середине 1974 г. (начальник отдела В.С. Колесов). К тому времени в институте был накоплен большой опыт расчетно-теоретических исследований, что позволило не только провести расчеты по распределению температурных полей и термических напряжений в шаровом твэле, но и провести оптимизацию его конструкции. В частности были определены оптимальные соотношения буферного и других слоев защитного покрытия микротвэла с учетом накопления газообразных продуктов деления в течение всего ресурса эксплуатации, а также оптимального распределения микротвэлов в шаровом твэле при условии, что в нем должен быть минимальный температурный перепад, а следовательно и минимальные термические напряжения. Оказалось, что микротвэлы необходимо неравномерно размещать в графитовом шаре, а распре-

делять в некотором сферическом слое, размеры которого определялись в зависимости от теплопроводности графита и смеси, состоящей из микротвэлов и графита.

Данные работы проводились Е.Е. Чуйко, В.С.Еремеевым, В.С. Егоровым и др. в лаборатории 132 (бывшая лаборатория 32) под руководством Н.М. Власова. «По мере появления новой тематики и усложнения конструкций. — говорит Н.М. Власов, — аналитические методы расчета на прочность начали себя исчерпывать. Развитие численных методов для анализа поведения конструкций при силовом и термическом нагружении потребовало привлечения новых специалистов. Поступившие научные сотрудники Е.Л. Муравин и В.В. Элкснин прекрасно владели численными методами и обладали к тому же изумительной работоспособностью. С их появлением многие работы лаборатории приобрели новое звучание. Математическая строгость мышления Е.Л. Муравина в сочетании с технической интуицией В.В. Элкснина незамедлительно сказалось на престиже лаборатории».

Экспериментальная проверка расчетных рекомендаций проводилась в лабораториях 131 (нач. лаб. А.Г. Ланин.) и 135 (нач. лаб. К.П. Власов). Несомненно данный комплекс расчетных работ способствовал тому, что в институте был создан шаровой уранграфитовый твэл с характеристиками, которые полностью соответствовали требованиям технического задания.

К середине 70-х годов в институте была создана стройная и весьма

эффективная система расчетно-теоретических исследований, которая позволяла не только оперативно проводить варианты расчеты конструкций и процессов, но также определять режимы испытаний изделий и анализировать результаты испытаний. Структурно данная система выглядела следующим образом: работы по расчетному обеспечению направления ЯРД проводились под руководством лаборатории 31, которая тесно сотрудничала с лабораторией 132 (прочностные расчеты). Расчетные работы по термоэмиссионному направлению были сосредото-

чены в лаборатории 51, которая также активно сотрудничала с лабораторией 132. Расчетные работы по ВТГР проводились в основном лабораторией 132. При этом во всех направлениях было значительное участие отдела 80 и как поставщика машинного времени на ЭВМ, и как создателя высококачественных программных продуктов. Созданная система расчетно-теоретических исследований способствовала повышению общей культуры работ в институте, приводила к сокращению времени разработок и повышению качества изделий. Несомненно, в тех



*Сотрудники лаб. 132 (1980 г.).*

*Слева направо: стоит — В.С. Николаев, А.И. Гудков, Н.М. Леонова (Кополева),  
Н.М. Власов, В.С. Егоров, Е. А. Ситнов, Л.В. Рахматулина, В.С. Еремеев;  
сидят — В.Н. Мозгунов, С.И. Урбанович, В.В. Калинина*

успехах, которых достиг институт к концу 70-х годов по всем направлениям, имелась определенная заслуга и специалистов, работавших в области расчетно-теоретических исследований.

В начале 1975 г. в институт постепенно начало «проникать» еще одно принципиально новое направление — конструирование и технология изготовления металлических зеркал для мощных лазеров, которое в дальнейшем получило название «металлооптика». В то время в СССР лазерные технологии развивались весьма интенсивно, и успехи института в области создания новых материалов неизбежно привели к тому, что институт стал получать от разработчиков лазерных систем настойчивые предложения по участию в данных работах. Однако директор института И.Г. Гвердцители не был уверен, что эти задачи могут быть решены институтом. В мае 1975 г. он поручил сотрудникам отдела 130 подготовить отчет, в котором следовало оценить возможности участия института в данных работах. В октябре 1975 г. такой отчет был написан. В этом отчете были проанализированы наиболее типичные конструкции лазерных зеркал, наиболее перспективные материалы, требования, предъявляемые к оптической поверхности лазерного зеркала, используемые технологии. Был сделан вывод, что институт располагает необходимыми технологическими и иными ресурсами для успешной работы по конструированию и изготовлению металлических лазерных зеркал. Трудно сказать, насколько эти выводы повлияли на решение

И.Г. Гвердцители, несомненно, он проводил консультации и с другими специалистами, тем не менее в конце 1975 г. он подписывает приказ о создании в институте нового металлооптического направления. Руководителем работ был назначен заместитель директора института Ю.В. Николаев.

Металлооптическое направление оказалось весьма и весьма наукоемким. На первый взгляд довольно простое изделие — металлическое лазерное зеркало — удивительным образом синтезировало в себе целый комплекс различных наук: физика взаимодействия электромагнитного излучения с оптической поверхностью металла, физическое металлостроение, гидравлика, теория теплообмена, теория теплопроводности и температурных напряжений, теория оптимизации. Естественно, что данное направление стимулировало развитие расчетно-теоретических исследований в институте, которые в совокупности постепенно переросли в теорию металлооптики.

Особенно интенсивно исследования в области металлооптики стали развиваться с приходом в 1978 г. нового директора института В.Ф. Гордеева, обладавшего богатейшим жизненным опытом. Он еще до войны окончил физико-математический факультет Пермского госуниверситета, затем воевал, был участником знаменитого парада Победы в Москве в 1945 г. После войны он занимал ответственные посты в Минсредмаше и оборонном отделе ЦК КПСС. В.Ф. Гордеев не имел глубокой узкой специализации, но был широко эрудированным человеком и обла-

дал удивительным чутьем на свежие оригинальные идеи. Почти сразу после своего прихода он подчинил себе металлооптическое направление и существенно его расширил. Если ранее институт в основном занимался разработкой технологии изготовления бериллиевых зеркал с медной оптической поверхностью, то с приходом нового директора номенклатура изделий значительно увеличилась: появились зеркала из тугоплавких материалов карбида кремния и других материалов, а также значительно повысились мощностные характеристики зеркал. Для решения этих задач были созданы два новых отдела: технологический отдел 180 — начальник отдела Б.Ш. Кишмахов — и конструкторско-испытательный отдел 190 — начальник отдела Б.С. Гаврюшенко. В отделе 190 была создана расчетно-теоретическая лаборатория, которой были поручены работы по обоснованию конструкций лазерных зеркал и проведение оперативных расчетов. Начальником лаборатории был назначен В.В. Королев. Лабораторией были проанализированы различные системы охлаждения зеркал: каналные, вальфельные, с пористой структурой; определены коэффициенты теплообмена в таких системах, разработаны методики и программы расчета геометрической стабильности зеркал и определения упругих напряжений в них. Кроме того, лаборатория в тесном сотрудничестве с конструкторами участвовала в работах по оптимизации конструкций зеркал, а также в определении режимов испытаний и анализе их результатов.

Большой вклад в теорию металлооптики внес отдел 130. Специалистами отдела на основе модельной задачи о локальном нагреве полупространства были получены параметры стабильности лазерных зеркал. Данные параметры представляют собой некие комплексы теплофизических, физико-механических и других свойств материалов, которые в совокупности с учетом режима работы лазера позволяют определять наиболее перспективные материалы металлического зеркала. Для эффективного использования параметров стабильности и оценки работоспособности зеркал было введено новое понятие, характеризующее поведение материала под нагрузкой, а именно понятие оптической прочности материала. Оптическая прочность материала — это величина напряжения, вызывающая в материале такую необратимую пластическую деформацию, которая приводит к ухудшению оптических характеристик зеркальной поверхности до предельно допустимых. Были определены значения оптической прочности для всех перспективных материалов: молибдена, вольфрама, меди, бериллия и других. Данный комплекс расчетно-теоретических и экспериментальных работ проводился отделом 130 в содружестве с отделом 160 и в этих работах активное участие принимали проф. А.Г. Ланин, кандидаты наук В.М. Костин, В.Н. Турчин, Н.А. Бочков, В.П. Попов и инженер Г.В. Королев.

Следует отметить, что при решении прикладных задач применительно к термонапряженному состоянию

лазерных зеркал был получен ряд результатов, имеющих общенаучное значение для теории термоупругости. В частности, при использовании геометрической стабильности изделий металлооптики в общем виде были сформулированы условия и найдены решения задач термоупругости в явном виде.

При изготовлении крупногабаритных изделий металлооптики возникают значительные трудности, связанные с тем, что вследствие большого веса зеркала в нем возникают напряжения, которые могут привести к искажению геометрии оптической поверхности. В отделе 130 были проведены исследования по оптимальному проектированию крупногабаритных зеркал, целью которых являлись максимальное облегчение изделия с сохранением его жесткости. Для снижения веса было предложено использовать сотовые наполнители, которые широко применяются при конструировании летательных аппаратов. С учетом специфических особенностей лазерного зеркала Е.Л. Муравиным, В.В. Элкниным определена оптимальная структура сотового наполнителя и несущих пластин, условий их закрепления, что было использовано в практике проектирования больших лазерных зеркал.

Фундаментальные исследования, связанные с определением коэффициента отражения перспективных материалов металлооптики и влиянием структуры материала на качество зеркал и их ресурс, проводились физиками института. Кандидатами физико-математических наук Г.С. Соловьевым и М.Ф. Малхозо-

вым были уточнены физические модели теории отражения и разработаны удобные для численной реализации алгоритмы нахождения коэффициента отражения. Были определены предельные величины коэффициентов отражения для меди, бериллия, молибдена, вольфрама, золота, серебра и других металлов. Эта информация имела важнейшее значение для конструкторов при выборе материалов зеркал и отражающих покрытий. Д.И. Н.М. Власовым на основе современных представлений физики металлов изучено влияние несовершенств структуры материала на изменение характеристик зеркала в ресурсе. Было показано, что эволюция дефектов структуры может приводить к увеличению поглощения излучения, повышению диффузного рассеивания, изменению текучести материала и другим негативным последствиям.

Можно сказать, что усилиями ученых отделов 50, 130 и 190 к концу 80-х годов в институте была создана достаточно полная теория металлооптики, охватывающая самые разнообразные аспекты конструирования зеркал и их поведения в процессе эксплуатации.

К концу 80-х — началу 90-х гг. в отделах 50, 80, 130 и 190 сформировались коллективы научных сотрудников в области расчетно-теоретических исследований, способные решать все поставленные перед институтом задачи. О квалификации ученых-теоретиков говорит тот факт, что ими были опубликованы несколько монографий; несколько сот статей в различных журналах; защищено 7 докторских диссертаций

по результатам расчетно-теоретических исследований. Осуществлены обширные научные связи с ведущими вузами и академическими институтами страны: МИФИ, МАИ, ИВТАН, ИПМ АН УССР, Львовским институтом проблем механики и физики и другими. Такое сотрудничество позволило привлечь к проблемам института крупнейших ученых страны и одновременно ориентировало вузовскую и академическую науку на решение практических задач.

В начале 90-х годов произошло резкое сокращение госбюджетного финансирования института: ряд основных направлений был полностью закрыт, а по другим финансируемые уменьшены до такого уровня, что проводить сколь-либо серьезные исследования не представлялось воз-

можным. Многие высококвалифицированные специалисты оказались невостребованными и были вынуждены либо покинуть институт, либо изменить сферу своей деятельности. Институт активно ищет свое место в условиях рыночной экономики: в настоящее время он реализует ряд конверсионных проектов, опирающихся, как правило, на свои достижения в области высоких технологий. Эти проекты также требуют расчетно-теоретического сопровождения, хотя и в существенно меньших масштабах, чем это было при выполнении государственных программ. Тем не менее институт с надеждой и верой смотрит в свое будущее и одной из важнейших задач считает как закрепление научных кадров, так и обеспечение их преемственности.

## МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

---

При создании каждой установки требовался набор материалов, для которых во многих случаях необходимо было разработать или усовершенствовать в лабораториях и производственных цехах Института технологию их изготовления и переработки. Объем и сложность разрабатываемых техноло-

гий зависели от новизны и состояния проблемы. Найденные технические решения в ряде случаев превышали первоначальные требования для обеспечения надежности работы разрабатываемых конструкций и представляли самостоятельную ценность для народного хозяйства.

### БЕРИЛЛИЙ

Бериллий относится к числу тех металлов, путевка для использования которых в атомной технике, гиросприборостроении и лазерной металлооптике получена на нашем предприятии — Институте с его опытным заводом, хотя впервые металл технической чистоты с использованием разработок, выполненных в ГИРЕДМЕТе был получен в 30-х годах на заводе «А» в Москворечье (ныне — Московский завод полиметаллов). Этот металл использовался для изготовления медно-бериллиевых лигатур в производстве бериллиевых бронз и, выборочно, для получения бериллиевых окон в рентгеновских трубках.

Бериллий относится к весьма редким металлам и обладает комплексом свойств, делающих его уникальным. Основа его уникальности состоит, главным образом, в сочетании прочностных и многих других характеристик, с малым удельным весом. Он более чем в 4 раза легче стали и в полтора раза легче алюминия и его сплавов. Технология его производства сложна, и поэтому этот редкий металл дорог.

Его стоимость в зависимости от чистоты, даже в заготовках для механической обработки, составляет сотни долларов за килограмм. Кроме этого пыль и аэрозоли бериллия, попадая в легкие, вызывают тяжелое заболевание. Ко времени создания института в составе Подольского опытного завода действовали цеха по производству металлического бериллия методом магнетермического восстановления фторида бериллия и его рафинирования методом дистилляции в вакууме. В основе фторидной металлургии бериллия лежали разработки ГИРЕДМЕТа, в основе дистилляции — Харьковского физико-технического института, в основе процессов порошковой металлургии, формирования компактных заготовок и их обработке давлением и резанием — совместные разработки НИИ-9, цехов и научно-исследовательского отдела Опытного завода. Работы по порошковой металлургии и обработке давлением в этот период проводились под научным руководством и наблюдением профессора, д-ра Г.А. Меерсона (из НИИ-9).

На основе этих технологий было обеспечено производство отражателей нейтронов для ряда создаваемых в стране ядерных реакторов. К 1962 г. прекратились работы Опытного завода по производству изделий из окиси бериллия, а к 1965-му г. закончилось изготовление заготовок из бериллия методами порошковой металлургии. Эти работы были переданы Ульбинскому металлургическому заводу (УМЗ) в г. Усть-Каменогорск, Казахстан. Для дальнейшего производства изделий из бериллия Опытный завод использовал заготовки, получаемые из Усть-Каменогорска.

Потребности атомной техники страны в бериллии как отражателе нейтронов были обеспечены. Но развитие техники в мире и нашей стране потребовало использования возможностей бериллия в новых областях техники — гиросприборостроении, авиационной и космической технике, металлооптике и др. Во многих случаях выпускавшийся бериллий не соответствовал новым требованиям. Поэтому материаловедческие и технологические исследования по дальнейшему изучению свойств этого металла, исследованию природы хрупкости, влиянию структурных характеристик, чистоты металла и других факторов на свойства металла продолжались.

Наибольших успехов в исследовании бериллия не только в Советском Союзе, но и в мире, благодаря исследованиям под руководством и при участии Г.Ф. Тихинского и И.И. Папирова и их школы, добился Харьковский Физико-Технический институт АН УССР. В системе Минсредмаша ведущей организацией по технологии

и исследованиям бериллия был определен НИИ-9 (ныне — ВНИИНМ).

«В начале 60-х годов, когда НИИ-9 не имел достаточных возможностей для работы с бериллием, — вспоминает Л.А. Ижванов, — сотрудники этого института Н.Ф. Миронов, Н.М. Богорад, А.Ф. Исланкина и многие другие работали в цехах Опытного завода и лабораториях нашего Института. В разные периоды деятельности по отдельным разработкам сотрудничество с НИИ-9 было дружественным и настолько тесным, что оформлялось совместными отчетами без разграничения приоритетов. Позднее работы в нашем институте приобрели харак-



*Установка для дистилляции и горячего прессования бериллия*



тер самостоятельных исследований. Работы по обработке давлением возглавил И.И. Корнилов, коррозионным исследованиям — Р.М. Альтовский. Цехом по производству изделий из бериллия в разные периоды руководили В.Н. Степанов, Р.Г. Фрайштут, В.М. Куприков.»

Проведение работ по порошковой металлургии бериллия и исследованию его свойств было поручено металлургической лаборатории (нач. Л.А. Иванов), образованной в 1956 г. Так как лаборатория располагалась на площадях бывшего цеха по производству изделий из бериллия, некоторые цеховые установки достались «в наследство» этой лаборатории. В их числе уникальная для того периода времени двухкамерная печь для дистилляции бериллия с паро-масляным диффузионным насо-

сом производительностью 20 000 литров в секунду, обеспечивающим остаточное давление в печи на уровне  $10^6$  мм рт. ст., изготовленная в ХФТИ. Одна из камер печи была переоборудована в пресс горячего прессования с усилием 7 тонн.

Все эксперименты по горячему прессованию бериллия на протяжении жизни лаборатории проводились в этой печи. В металлургической лаборатории для работ по порошковой металлургии бериллия в 1958 г. была создана отдельная группа, которую возглавил С.Б. Костогаров, работавший ранее на Подольском механическом заводе и имевший опыт работы инженера-конструктора. В состав группы вошли: инж. Г.Ф. Мананцев, хорошо владевший вакуумной техникой, инженер А.С. Артемьева и два



*Научно-инженерные кадры технологических разработок по совершенствованию бериллия.  
Слева направо: сидят — Б.Г. Дроздов, Л.А. Иванов, И.С. Красильникова,  
С.Б. Костогаров; стоит — А.А. Пирогов, А.В. Горичев*

аппаратчика. До создания группы Г.Ф. Мананцев проводил отдельные эксперименты по дистилляции и измельчению бериллия под руководством начальника лаборатории и сотрудника НИИ-9 Н.Ф. Миронова. Вскоре после организации лаборатории пополнилась молодыми инженерами, недавно получившими высшее образование, но уже имевшими некоторый производственный опыт. Это были инженеры, возглавившие группы: металлургии редкоземельных металлов — Н.П. Вершинин, металлургия бериллия — Ю.Л. Шапиро, дуговой плавки — А.И. Поваляев. В 1962 г. в группу порошковой металлургии бериллия был принят молодой специалист, окончивший МАТИ, Б.Г. Дроздов, в дальнейшей работе показавший себя хорошим экспериментатором, смелым и талантливым технологом. Так как металлургическая лаборатория, ранее входившая в состав НИИ Опытного завода, не имела опыта серьезных материаловедческих исследований, он был направлен на стажировку в ХФТИ.

Одним из первых начал работу в лаборатории электромеханик П.П. Гуськин, ставший позднее помощником начальника лаборатории. П.П. Гуськин, получив специальность техника — электрика промышленных предприятий, а затем специальность инженера по механизации гидротехнических работ, горячо взялся за организацию электромеханической группы и сумел оснастить ее механическим оборудованием, позволяющим автономно выполнять необходимые для лаборатории работы по ремонту оборудования, изготовлению несложных устройств и образцов

для испытаний. В состав электромеханической группы входили также слесарный участок, группа электриков, способных обеспечить круглосуточную работу и мелкий ремонт электрооборудования. Несколько позднее был организован участок для проведения сварочных работ.

На слесарном участке были обеспечены условия для ремонта, наладки и проверки форвакуумных насосов, на нем всегда находились 1—2 насоса, готовых к замене вышедших из строя. Эта работа обеспечивалась высококвалифицированным специалистом И.А. Мосиным. Большую помощь П.П. Гуськину в организации электромеханической группы в лаборатории оказал бригадир этого участка В.М. Сергеев, один из первых сотрудников лаборатории отмеченный правительственной наградой. В группе работали высококвалифицированные специалисты, среди них следует особо отметить слесаря И.С.Блохина, одним из первых получивший звание «Мастер золотые руки», и награжденный Орденами Знак Почета, Трудового Красного Знамени. Высоким мастерством обладали и другие рабочие группы: электрики Б.А. Басихин, В. Воронцов, А. Антонов; фрезеровщик и электро-эрозионист М.П. Головин; токарь Ю.А. Коротков. О работе токаря Короткова один из инженеров отозвался так: «Когда берешь в руки деталь или образец, сделанные Коротковым, то чувствуешь, что держишь в руках произведение искусства».

В конце 50-х — начале 60-х г., впервые в стране, в КБ академика Н.А. Пилюгина были начаты работы по применению бериллия для гироскопиче-



*Сотрудники группы механика лаб. 61 (1963 г.). Слева направо:  
1-й ряд: В.С. Матятов, В.А. Воронцов, В.М. Сергеев, Б.А. Басихин, С.В. Комаров;  
2-й ряд: В. Чибисов, И.С. Блохин, В.Д. Долгов, И.А. Мосин, П.П. Гуськин*

ских приборов. Первые попытки использования бериллия, выпускавшегося промышленностью в то время, показали, что использование этого материала, несмотря на высокий уровень техники механической обработки, не обеспечивает необходимый уровень чистоты поверхности и не позволяет получать высококачественную резьбу малых размеров. Механические свойства материала не отвечали предъявляемым требованиям. При малых толщинах материал не был вакуум-плотным.

Со стороны создателей гироскопов из бериллия последовало обращение в НИИТВЭЛ по улучшению свойств бериллия. Так начались работы металлургической лаборатории по

превращению металлокерамического бериллия из материала для атомной техники в конструкционный материал широкого назначения. Было высказано предположение, что причиной недостаточных механических свойств бериллия и его неудовлетворительной обрабатываемости является значительный размер зерна. Промышленностью выпускался бериллий для атомной техники, полученный горячим прессованием порошков крупностью менее 0,6 и 0,4 мм. Размер зерна в изделиях не оценивался. Порошки получались измельчением кусков дистиллированного или плавленого бериллия в шаровых мельницах. В лаборатории были начаты работы по «сухому» измельчению бериллия

до крупности менее 56 мкм, выбранной вольевым порядком. Этот выбор был обусловлен размером ячейки стандартных сит. Заметим, что в США в то время производились порошки размером менее 71 микрона. Горяче-прессованные блоки из порошков менее 56 мкм позволили получить детали макетов гироскопов необходимого качества. В лаборатории был организован участок, оснащенный двумя токарными станками повышенного класса точности, на которых работали высококлассные специалисты из КБ Н.А. Пилюгина.

Эти работы послужили началом систематических исследований зависимости механических свойств бериллия от величины зерна и позволили оценить свойства металла, приготовленного из порошков предельно малых размеров для механических методов измельчения (3—5 мкм). Для получения порошков использованы различные методы, и аппараты включали струйное измельчение, измельчение в ударно-вихревой мельнице. В КБ института были разработаны конструкции дисковых истирателей для измельчения бериллия в атмосфере аргона в замкнутом цикле с ситовой классификацией.

Основной примесью в бериллии, получаемом методом порошковой металлургии, является оксид бериллия. Результаты исследований влияния этой примеси на свойства металлокерамического бериллия изложены в кандидатской диссертации Б.Г. Дроздова (1973 г.). Вскоре после защиты он возглавил группу по технологии металлокерамического бериллия.

В 1969 г. группа пополнилась молодым специалистом, окончившим

МИСиС, А.А. Пироговым, в совершенстве овладевшим техникой работы на всей вакуумной аппаратуре лаборатории и обеспечившим высокий уровень проведения экспериментов.

Располагая большим массивом статистического материала о механических свойствах бериллия, выпускавшегося цехом Опытного завода, Н.А. Ландин и Д.М. Ляхов методами математической статистики установили корреляционные зависимости механических свойств материала от содержания примесей, крупности порошков и условий деформирования.

В 1977 г. лабораторию возглавил ктн Г.И. Пепекин, ранее занимавшийся вопросами удержания водорода в гидриде циркония и руководивший группой в смежной лаборатории. С этого времени в лаборатории начали бурно развиваться работы по использованию бериллия в металлооптике в рамках задач, решаемых в этой области институтом. За короткий период по предложению Б.Г. Дроздова была сконструирована и изготовлена многопозиционная вакуумная установка для испарения и конденсации бериллия, позволившая получать листы



*Детали изделия из бериллия, приготовленные методом выдавливания*

бериллия высокой чистоты и большого диаметра.

В смежной лаборатории 68 Р.А. Альтовским с сотрудниками выполнен большой цикл работ по исследованию коррозионного поведения бериллия в разных средах и защите его от коррозии. Результаты исследований послужили основой для его докторской диссертации.

За работы в области технологии бериллия начальник металлургической лаборатории Л.А. Ижванов в составе авторского коллектива отмечен в 1972 г. Государственной премией.

Перестройка и конверсия нанесли тяжелый удар отраслевой науке и промышленности в стране, бериллий не стал исключением. Распад Союза лишил работы по использованию и исследованиям бериллия сырьевой базы. Единственный в стране завод по производству бериллия оказался в Казахстане. Это сделало необходимым регенерацию бериллия из отходов, в частности, из уран-бериллиевых и алюминий-бериллиевых сплавов. Эта работа началась в металлургической лаборатории 61 в 90-х годах в рамках возможностей имевшейся аппаратуры. Использовались, главным образом, методы дистилляции и тигельной плавки, сопровождавшейся ликвацией.

Работы с бериллием требовали выполнения жестких норм техники безопасности. В самом начале работы с бериллием в лаборатории были разработаны некоторые специальные меры защиты от пыли и аэрозолей бериллия. Так, умельцами лаборатории механиком П.П. Гуськиным и слесарем

И.С. Блохиным разработано и изготовлено съемное укрытие к токарному станку для обработки малогабаритных деталей, связанное с вытяжной вентиляцией, получившее распространение на других предприятиях. Все вакуумное оборудование, через специальные вакуумные шиберы присоединялось к вытяжной вентиляции, что при открывании дверцы или крышек аппаратов исключало попадание бериллия в атмосферу рабочих помещений. Однако, несмотря на принимавшиеся меры по защите органов дыхания от попадания в них аэрозолей и пыли бериллия, несмотря на круглосуточный и, наряду с ним, периодический контроль состояния атмосферы в рабочих помещениях, многие сотрудники лаборатории и Опытного завода, как имевшие непосредственный контакт с бериллием, так и не работавшие с ним, получили профзаболевания.

Институт и Опытный завод до середины 60-х годов полностью обеспечили изготовление изделий из бериллия для атомной техники и смежных областей использования. В дальнейшие годы институтом и Опытным заводом вместе с другими организациями (ВНИИНМ, ХФТИ и др.) внесен существенный вклад в исследования и расширение областей использования бериллия. Наиболее ярко это выразилось в использовании бериллия в металлооптике. Многолетний опыт работы по порошковой металлургии бериллия, получения из него некоторых изделий обобщен в 2000 г. в сводном отчете Л.А. Ижванова.

## ГИДРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Гидриды переходных металлов представляют собой совершенно необычный класс материалов переменного состава по содержанию водорода. Металлы, поглощая водород, сильно увеличиваются в объеме и становятся хрупкими. Многие из них при поглощении водорода растрескиваются или даже рассыпаются в порошок. Содержание водорода в некоторых металлах или сплавах может быть настолько высоким, что превышает его содержание в таком же объеме жидкого водорода. Это кажется парадоксальным. Столь высокое содержание водорода в гидридах объясняется расположением атомов водорода в междоузлиях кристаллической решетки металлов. Если водород в обычном состоянии представляет собой легко летучий газ, то в гидридах некоторых металлов он способен удерживаться до 400—500°C, а при принятии специальных мер предотвращающих выход водорода, до 800°C и более.

Ядерные характеристики водорода (масса протона) позволяют использовать его в качестве замедлителя нейтронов в ядерных реакторах, а способность гидридов удерживать большие количества водорода позволяют рассматривать их как емкости для хранения водорода и как источник водорода, используемого в качестве горючего, например, в автомобильных двигателях.

Разработка малогабаритных высоконапряженных ядерных энергетических установок (ЯЭУ), главным образом для работы в космосе, потребовала создания замедлителей нейтронов (далее — замедлителей), рабо-

тающих при температурах, превышающих 850—900К. Конструкторы ядерных реакторов остановили свой выбор, прежде всего, на гидридах циркония и иттрия. Известная к тому времени информация о гидридах металлов едва ли насчитывала 50 работ, в основном зарубежных. В подавляющем большинстве это были исследования, в которых гидриды рассматривались не как материалы замедлителя, а как химические вещества.

Первыми организациями отрасли, которые в конце 50-х годов начали заниматься технологией гидрирования циркония и материаловедением гидридов, включая радиационное, для разработки элементов замедлителя из гидрида циркония были ВНИИНМ (д-н К.Г. Ткач и др.) и ФЭИ (проф. В.Н. Быков и др.). Позднее, по инициативе нач. металлургической лаборатории Л.А. Ижванова и нач. научно-исследовательского отдела А.Л. Эпштейна в нашем Институте были развернуты исследования по гидриду иттрия. В 1961 г. на совещании в Москворечье были заслушаны и обсуждены сообщения ктн Ф.И. Тазетдинова (НИИ-9) и Л.А. Ижванова (НИИТВЭЛ) о поисковых работах по гидридам циркония и иттрия. Из-за существенно более высокого сечения захвата тепловых нейтронов у иттрия, чем у Zr, он был отодвинут на второй план, несмотря на более высокую термическую стабильность гидрида иттрия. На этом совещании начальники лабораторий Л.А. Ижванов и К.Г. Ткач джентльменски договорились, что во избежание неоправданного параллелизма в работе, НИИ-9

продолжает разработку гидрида циркония, а НИИТВЭЛ — гидрида иттрия. Об этой договоренности, естественно, не знал Р.А. Андриевский, пришедший в институт в 1962 г. и в 1964 г. организовал группу под руководством Е.Б. Бойко для разработки технологии изготовления изделий из гидрида циркония и исследования его свойств. В дальнейшем круг разрабатываемых и изучаемых в институте материалов постепенно расширялся. Кроме гидридов циркония и иттрия в него вошли: гидрид титана (лаб. 67), топливные композиции из гидрида циркония с ураном, гидриды элементов III—V групп, гидриды ряда сплавов (лаб. 61, 67). Работе по технологии получения гидридов сопутствовали широкие материаловедческие исследования этого класса материалов.

По условиям эксплуатации разрабатываемых ЯЭУ требовалось обеспечение работы замедлителя при температурах 900—1000К. Требования к ресурсу зависели от температуры и по ходу разработки аппаратов непрерывно возрастали. Так, для ЯЭУ с термоэмиссионным преобразованием энергии они возросли с 3000 часов до 10 лет. При этом суммарная потеря водорода замедлителем не должна превышать 3% отн. Для некоторых типов аппаратов, имеющих большие перепады температур на гидридном замедлителе, существенным являлось обеспечение термостойкости материала для сохранения целостности блоков.

Получение компактных изделий из гидридов оказалось достаточно сложной задачей, т.к. уже при поглощении первых порций водорода пла-

стичный металл становится хрупким и увеличивается в объеме. Объемные изменения при содержаниях водорода близких к предельным могут достигать 15—20%. Это сопровождается образованием трещин и разрушением материала. Для получения бездефектных изделий, необходимо определение условий насыщения по температуре, давлению водорода и времени, при которых насыщение металла водородом не сопровождалось бы его разрушением.

Для проведения этих работ в 1965—1967 г., в основном силами механической группы лаборатории под руководством Т.М. Алымова были созданы стенды для изучения процессов насыщения металлов водородом, гидрирования образцов разной формы и размеров, изучения процессов диффузии с использованием трития. Достаточно быстрое изготовление, монтаж и отладка оборудования для работы со взрывоопасным водородом стала возможной благодаря высокому качеству работы токаря М.Д. Мартовского и сварщика В.И. Наумова. М.Д. Мартовский за высококачественное выполнение всех поручавшихся ему работ в лаборатории в 1971 г. был награжден орденом «Октябрьской революции».

На изготовленных стендах были проведены глубокие исследования механизма и кинетики поглощения водорода металлами, определены коэффициенты диффузии водорода в гидридах, исследованы закономерности скорости релаксации напряжений, ползучести, получены экспериментальные данные о характере напряженного состояния заготовок на различных этапах процесса. Эти иссле-

дования послужили основой для разработки новой области технологии — сквозного насыщения изделий водородом во всем объеме. При этом был вскрыт ряд закономерностей и явлений, связанных с процессами твердофазной перекристаллизации, роста зерен, формирования структуры. Результаты проведенных исследований позволили в 1969 г. начать работу по улучшению качества гидридных блоков, выпускаемых на МЗП, а в 1973 г. совместно с МЗП предложить технологический процесс гидрирования, обеспечивающий не только отсутствие трещин на заготовках, но и существенное улучшение равномерности

распределения водорода по объему изделия, снижение уровня внутренних напряжений (Е.Б. Бойко, Ю.П. Ходырев (лаб. 67)).

В последующие годы для комплектования зон замедлителя ряда аппаратов было выпущено свыше 500 гидридных блоков. Специалистами института осуществлялся авторский контроль за выпуском продукции.

В 1969—1971 гг. разработана комплексная технология получения изделий различной формы (шарики, цилиндры и др.) из тройного сплава цирконий-уран-водород, по которой Опытным заводом Института выпущены опытные партии твэлов.



*Сотрудники группы гидридных исследований лаб. 67 (1967 г.). Слева направо:  
1-й ряд: А.М. Солодиков, М.И. Матвеева, В.С. Деряво;  
2-й ряд: Е.Б. Бойко, Б.В. Ракитин, Ю.Г. Мычковский*





*Блок гидридного замедлителя  
для ЯРД*

В 1975—1978 гг. большое внимание было уделено вопросам, связанным с созданием замедлителя нейтронов из гидрида циркония для атомной энергоустановки. Рекомендован наиболее коррозионно устойчивый материал, разработаны методы механической обработки изделий шестигранной формы, проведен комплекс испытаний в обоснование работоспособности блоков на заданный ресурс (А.А. Еремин, Р.М. Альтовский — лаб. 68, Л.Э. Бертина — лаб. 63). По предложенной технологии на МЗП изготовлены гидридные блоки для комплектования 2-х активных зон такого реактора.

В тот же период успешно решена задача по повышению термостойкости гидридных блоков путем введения в цирконий легирующих добавок, вызывающих измельчение зерна (Е.Б. Бойко, М.И. Матвеева).

Жесточайшие условия эксплуатации замедлителей из гидрида циркония по температуре, при условии сохранения водорода в гидриде, без принятия специальных мер по его удержанию, ограничивают сроки экс-

плуатации замедлителя десятками или сотнями часов. Со всей остротой стал вопрос о необходимости обеспечения таких условий эксплуатации гидрида циркония, в которых утечка водорода не превышала бы допустимой величины в течение десятков тысяч часов. Необходимо было создать на гидриде циркония или его оболочке барьеры предотвращающие или замедляющие выход водорода из гидридных изделий.

Решение задачи осуществлялось несколькими путями. Главное внимание было сосредоточено на создании барьерных покрытий как непосредственно на гидридном изделии, так и на металлических очехловывающих оболочках. Были также проведены исследования возможности снижения потерь водорода путем легирования гидрида циркония неметаллическими элементами (азот, углерод и др.). Так был синтезирован новый класс соединений — карбо- и нитрогидридов циркония. Исследования диффузии водорода через покрытия, нанесенные на поверхность гидрида циркония, показали, что оксидное покрытие, образующееся на гидридном изделии, существенно снижает выход водорода. Так родилось предложение проводить эксплуатацию гидрида циркония в окислительной атмосфере (Р.М. Альтовский, А.А. Еремин — лаб. 68). Однако, при этом установлено, что оксидное покрытие при температурах эксплуатации «рассасывается» в гидриде циркония, оттесняя при этом водород от поверхности изделия. Установлено, что это «рассасывание» можно предотвратить путем образования барьерного слоя между гидридом и оксидом циркония

(Р.А. Андриевский, В.П. Калинин, Г.И. Пепекин — лаб. 67). Исследование этих явлений позволило создать метод нанесения барьерного слоя на гидрид циркония и аппаратуру для его реализации на Опытном заводе института (Г.И. Пепекин, Р.К. Абдрахманов).

В процессе разработки было установлено, что существенное влияние на качество барьерного слоя оказывает состояние поверхности изделия. Были разработаны методы обработки гидридных изделий, включая такие, как электрохимическая, алмазная обработка и хонингование.

Большое внимание уделялось методам контроля состояния поверхности, повреждаемости внешнего слоя, взаимосвязи дефектности обработанной поверхности с качеством защитного слоя (В.П. Кутепов — лаб. 67). Был установлен механизм миграции водорода через защитный слой и выполнены модельные расчеты, позволяющие прогнозировать поведение защитного покрытия при различных температурах и ресурсах (Г.И. Пепекин, В.П. Фролов — лаб. 67).

Для водородоудержания Г.М. Жданова и В.Ф. Леонов опробовали так же нанесение эмалевых покрытий на гидридное изделие. Был выбран состав низкотемпературных эмалей. Наиболее эффективным оказался прием, при котором эмаль наносилась на защитное покрытие. При этом проникновение водорода удавалось снижать на порядок по отношению к покрытию, не содержащему эмали. С целью предотвращения проникновения водорода в полость ЭГК использовали эмалирование очехловывающих трубок и трубных досок. Технология передана

кти В.Ф. Леоновым, Р.Б. Штрапениной на один из заводов отрасли.

Эксплуатация ядерных прототипов разрабатываемых аппаратов подтвердила работоспособность гидридного замедлителя. Два комплекта замедлителей из гидрида циркония вошли в состав активных зон термоэмиссионных реакторов-преобразователей и прошли летные испытания на 2-х спутниках типа «Космос».

Для подтверждения надежности технических решений по водородоудержанию в гидриде циркония были созданы установки для проведения тепловых испытаний элементов замедлителя в температурных условиях и атмосфере, приближающихся к условиям эксплуатации. Ресурс испытаний приблизился к 10 годам. Выход водорода из изделия с водородоудерживающим покрытием за время испытаний не превысил 3%. Аналогичный результат получен при тепловых испытаниях элемента замедлителя, изготовленного ВНИИНМ и МЗПМ из специального сплава циркония (К.Г. Ткач, Ю.Н. Волощенко, В.К. Каранцевич, В.И. Моломин, А.Ф. Борисовский). Ресурс его испытаний на момент написания книги около 7 лет.

Для изучения поведения водорода в элементах замедлителя в ходе технологического процесса и тепловых испытаний впервые в стране с участием НИИАР была создана установка для неразрушающего контроля в них содержания и распределения водорода нейтронным методом. (В.Г. Косых, В.Т. Чернявский — лаб. 64).

В 1976 г. Институт приступил к разработке технологии получения изделий из гидрида титана, как материала защиты персонала от реактор-

ного излучения (далее — биозащита). Уже в 1978 г. была разработана достаточно производительная и экономичная технология получения компактного гидрида титана.

Особенностью предложенной технологии было использование оборудования, работающего при давлении водорода не более 1 атмосферы. Низкие температуры гидрирования обусловили необходимость поиска путей снижения длительности процесса. Выход был найден в получении изделий из пластин, которые соединялись в блоки (Е.Б. Бойко, В.Н. Фадеев — лаб. 67).

В последующие годы в начале на НПО «Тулачермет», а затем на одном из предприятий Министерства проходила отработка опытно-промышленной технологии получения материала биозащиты. Была выпущена опытная партия массой в несколько тонн, на которой подтверждена эффективность биозащиты из гидрида титана, и принято решение о строительстве соответствующего цеха.

Выполнение работ по гидридным материалам обеспечивали высококвалифицированные аппаратчики С.И. Дороднов, Н.В. Войнов и, особенно — Б.В. Ракитин, который пришел в лабораторию в 1965 г., участвовал в выполнении всех работ, поддерживал оборудование в работоспособном состоянии и работает на нем до настоящего времени.

Появившиеся в 60-х годах сообщения о развертывании работ за рубежом по проектированию экспериментальных термоэмиссионных реакторов с замедлителем из гидрида иттрия вызвали постановку соответствующей

исследований в нашем институте. Повышенная термическая устойчивость гидрида иттрия по сравнению с гидридом циркония предопределила интерес к нему как к возможному альтернативному материалу — замедлителю ЯЭУ.

На основании изучения в 60-х годах кинетических закономерностей и механизма взаимодействия иттрия с водородом А.С. Черниковым был разработан режим постадийного гидрирования заготовок, учитывающий особенности фазовой диаграммы итрий — водород и свойства гидрида, изменяющиеся в процессе гидрирования. По разработанной технологии были изготовлены образцы для изучения свойств и опытные изделия (цилиндры, шестигранники диаметром 20—30 мм) без внешних и внутренних трещин с плотностью, близкой к теоретической. Круг материалов на основе гидрида иттрия был расширен за счет создания его композиций с ураном и выгорающими поглотителями нейтронов (эрбий, гадолиний).

В начале 70-х годов в Институте параллельно с работами по синтезу гидридных материалов методом диффузионного насыщения начаты исследования по получению гидридов металлов с использованием некоторых приемов порошковой металлургии и обработки давлением.

Попытки получения изделий путем компактирования порошков гидридов предпринимались за рубежом и в нашей стране, однако, материал с высокой плотностью и свойствами, приближающимися к свойствам компактных гидридов, получить не удалось.

Специалистами института были разработаны два метода получения изделий из порошков гидридов: выдавливание (экструзия) и осадка. В обоих случаях пластическая обработка предварительно спрессованной при комнатной температуре заготовки осуществлялась в стальных оболочках при повышенных температурах в условиях всестороннего неравноосного объемного сжатия, обеспечивающего пластическое течение материала. Назначение оболочки состоит как в предотвращении потери водорода, так и в создании реактивных усилий сжатия. Были обоснованы и выбраны темпе-

ратура нагрева и степень обжатия для каждого из материалов. Получаемые гидридные изделия имели практически 100%-ную плотность и отличались повышенной прочностью.

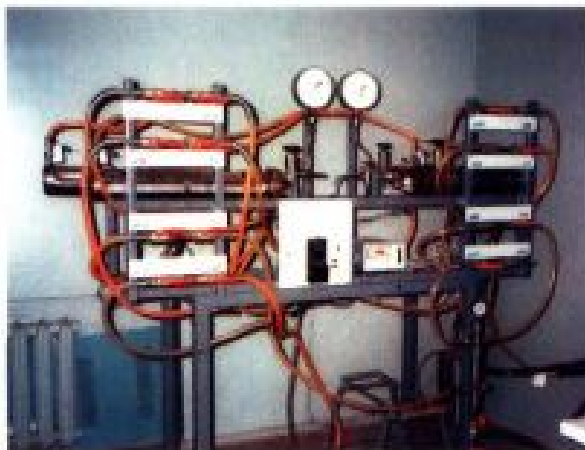
Разработка технологии получения изделий из порошков гидридов проводилась в лаборатории 61 при ведущем участии А.И. Соловья, для которого она стала предметом кандидатской диссертации, и старшим инженером лаборатории обработки давлением (лаб. 164) А.И. Ивановым.

Разработанные приемы использованы для получения гидридов цирко-



*Сотрудники группы гидридных материалов лаборатории 61 (1977 г.).  
Слева направо: верхний ряд — К.В. Калиберда, А.С. Сизов, Л.А. Иванов (нач. лаб.),  
Г.Д. Орлов, В.Д. Кочетков; нижний ряд — Л.В. Колесова, А.И. Соловей,  
Г.И. Стребулаева, В.Г. Тараторин*

ния, титана, иттрия, а также различных композиций, в том числе топливных, на их основе. С целью повышения термостойкости был разработан композиционный материал — гидрид циркония, армированный волокнами молибдена или нержавеющей стали. Изделия из указанных материалов в виде стержней, дисков, втулок и др. были использованы в ряде экспериментальных установок. В наиболее законченном виде приемы порошковой металлургии получения изделий из гидридов, в данном случае композиции гидрид циркония — диоксид урана, были реализованы в 1982—85 гг. при разработке и изготовлении активной зоны исследовательского реактора для нейтронно-активационного анализа. В разработке и изготовлении ТВЭЛ на основе композиции гидрид циркония — диоксид урана также принимали участие зам. директора института А.С. Черников, нач. лаб. 144 В.Н. Киселев, нач. отдела 60 Л.А. Ижванов, нач. лаб. 61 Г.И. Пепекин, нач. лаб. 159 А.В. Коробов.



*Макетная установка на основе металлгидридных насосов для генерации холода*

Используя способность ряда гидридообразующих сплавов обратимо поглощать и выделять значительные количества водорода при умеренных температурах и давлениях, были разработаны конструкции устройств для безопасного хранения водорода.

Известно, что сорбция и десорбция водорода металлами и сплавами сопровождается значительным тепловым эффектом. В семидесятых годах появились сообщения о попытках практического использования этого эффекта для создания теплопреобразующих устройств. В восьмидесятых годах подобные работы начаты и в нашем Институте. Наибольшее развитие они получили в период конверсии в девяностых годах, а в 1995—1998 гг. финансировались Международным Научно-Техническим центром (МНТЦ). В результате работы были созданы четыре действующих макетных установки холодо(тепло)производительностью 0,5—1,0 кВт. Источником энергии служили: электронагрев, горячая вода с температурой 80—90 °С, отходящие газы от сгорания жидкого топлива с температурой 180—200 °С. В устройствах для генерации холода температура в холодопроизводящих элементах достигала минус 25—30 °С. В установке для генерации тепла достигнут перегрев воды с 90 до 110 °С при использовании в качестве источника энергии воды с температурой 85—90 °С. (Л.А. Ижванов, А.И. Соловей, Ю.И. Шанин, Б.А. Астахов, В.П. Фролов).

На протяжении почти сорока лет гидридная тематика занимала заметное место в обширной тематике Института и Опытного завода. Случа-

лись периоды, когда отдельные вопросы гидридной тематики определяли успех решения основной технической проблемы, например, вопросы удержания водорода в замедлителе термоэмиссионного реактора преобразователя. Наибольший объем работы выполнялся технолого-материаловедческими лабораториями 67 (руководители Р.А. Андриевский, с 1974 г. — Р.А. Лютиков), лабораторией 68 (руководитель Р.М. Альтовский), лабораторией механических испытаний 66 (руководитель А.Г. Ланин), химико-аналитической лабораторией 64 (руководитель В.Г. Косых). Вопросы, связанные с использованием порошков гидридов, решались в лаборатории 61 (руководитель Л.А. Ижванов) и лаборатории обработки давлением 44 (руководитель И.И. Корнилов).

Эти же лаборатории и ряд других привлекались к решению частных и оперативно-возникающих задач. Так, в последние 20 лет основная тяжесть ресурсно-тепловых испытаний возложена на лабораторию № 61 (руководитель Г.И. Пепекин, с 2002 г. — А.Б. Анисимов, который предложил оригинальный способ обеспечения окислительной атмосферы в полости замедлителя).

Общая численность научных сотрудников, внесших существенный вклад в становление гидридной тематики, составила 40 человек.

Благодаря инициативной и плодотворной деятельности этих людей, работе ряда специалистов других подразделений, Институт завоевал значитель-

ный авторитет в таких определяющих направлениях, как технология получения гидридных материалов и изделий, физические методы исследования и материаловедение гидридов.

Значительна научная продукция Института по гидридной тематике. В 1973 г. под редакцией Р.А. Андриевского вышел перевод книги по гидридам, в 1977 г. издана монография Р.А. Андриевского и Я.С. Уманского «Фазы внедрения», в которой широко освещены вопросы термодинамики гидридов, их кристаллографического строения, свойств. В 1982 г. под редакцией А.С. Черникова, Л.А. Ижванова выпущен сборник «Гидриды циркония, титана и иттрия». В 1986 г. издана книга Р.А. Андриевского «Материаловедение гидридов». Всего за период развития направления сотрудниками Института защищено 25 докторских и кандидатских диссертаций, посвященных полностью или частично проблемам гидридов, выпущено около 250 научно-исследовательских отчетов, опубликовано более 200 статей, сделано свыше 200 докладов на международных, всесоюзных и отраслевых конференциях.

По результатам Государственной Патентной Экспертизы более 50 технических решений по технологии и методам исследования свойств гидридов признано изобретениями.

В области исследования гидридов у Института установились творческие связи как с родственными по тематике предприятиями отрасли, так и с многими другими научными учреждениями страны.

## ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ И МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ ОКСИДНАЯ КЕРАМИКА

Разработка приборов термоэмиссионного и термоэлектрического преобразования ядерной энергии в электрическую поставила задачу создания материалов электрической изоляции, стойких в условиях эксплуатации этих приборов. Одной из первых работ в этом направлении было создание узлов изоляции и коммутации термоэлементов первого в мире термоэлектрического преобразователя «Ромашка». Необходимо было решить проблему прочного соединения молибдена и вольфрама с изолятором из окиси бериллия и алюминия, обеспечить необходимую прочность и низкое термическое сопротивление контакта. Работу возглавили начальник отдела 40 Б.Г. Игнатъев и начальник вновь организованной лаборатории 41 ктн С.П. Чижик, перешедший на предприятие с одного из уральских предприятий Минсредмаша. Об этой яркой личности, несмотря на короткий срок работы на предприятии (до конца 1964 г.) следует сказать отдельно. Он — участник Великой Отечественной войны, фронтовой разведчик, после окончания войны закончил МИФИ. Ко времени поступления на наше предприятие он уже был кандидатом технических наук, лауреатом Ленинской и Государственной премий. Его отличали острый ум, способность быстро находить оригинальные технические решения в различной обстановке. Он умел сохранять спокойную рассудительность в жарких спорах, был энергичен, коммуникабелен, и в короткий срок сумел создать лабораторию, в которую потянулись

молодые специалисты, многие из которых в последующем возглавили ряд подразделений института и Опытного завода.

С первых дней существования лаборатории она поражала разнообразием технологических направлений: получение текстурированных труб из молибденовой ленты, первые эксперименты по изготовлению монокристаллов молибдена в виде стержней и труб, сварка молибденовых труб, горячая штамповка бериллия, соединение керамики с тугоплавкими металлами методами пайки и диффузионной сварки, газо-диффузионные процессы получения нитридов и карбидов тугоплавких металлов.

Вопросами получения электроизоляционной керамики занималась группа, в состав которой в разное время входили А.П. Белоусенко, П.П. Олейников, В.Н. Гастев, Ю.Б. Раструсин, Б.А. Кофейников, объединившая специалистов из различных подразделений, в короткий срок разработавшая технологию соединения керамики с металлом методами диффузионной сварки. Эта технология была внедрена в цехах 6 и 8 в 1965 г.

Успешные испытания преобразователя «Ромашка» и демонстрация ее на международной конференции в Женеве по использованию ядерной энергии в мирных целях, создали условия для разработки новых, более мощных типов установок «Орион», «БУК», «Енисей», «ТОПАЗ» прямого термоэлектрического и термоэмиссионного преобразования энергии.

Разработка термоэмиссионного преобразователя «Енисей» потребовала создания радиационно и химически стойкой керамики в парах щелочных металлов и ее соединения с конструктивными металлами в виде металлокерамических вакуумно-плотных, термически стойких узлов — гермовводов, обеспечивающих герметичность аппаратуры при вводе токопроводов. Для этого пришлось решать вспомогательную задачу получения чистейшего оксида алюминия путем растворения алюминия высокой чистоты и осаждения гидроксида алюминия из раствора (Р.Б. Штрапенина, В.И. Новиков). Полученный гидроксид использовали для получения керамической изоляции (Ю.Б. Першаков). Для соединения керамики с металлом использовали пайку. Технология гарантировала необходимую герметичность и высокое качество обработки поверхности.

Расширение работ по керамике и гермовводам на их основе привело к созданию в 1970 г. специализированной технологической лаборатории под руководством А.П. Белоусенко, в задачи которой входила разработка технологии изготовления различных типов гермовводов и керамики и внедрение их в производство. В составе лаборатории работали группа керамики — В.П. Выскребцев, группа пайки — А.А. Козьяков, группа диффузионной сварки — В.Н. Гастев, металлургическая группа — Б.Л. Муравич и группа алмазно-механической обработки — В.С. Трофимов.

Положительные результаты по созданию изоляционных материалов и вакуумноплотных гермовводов привели к тому, что с 1974 г. на Ин-

ститут Министерством возлагается роль ведущей организации по разработке изоляционных материалов и гермовводов для установок, разрабатываемых на предприятиях Министерства (ЦКБМ, СФТИ, НПО «Красная Звезда», ИАЭ, ФЭИ). Обязанности главного конструктора технолога возлагаются на А.П. Белоусенко. В период 1976—1980 гг. разрабатываются технологии изготовления новой серии узлов специального назначения. Проведено усовершенствование конструкции гермовводов «БУК», «Енисей», «ТОПАЗ».

В 1980—1990 гг. лаборатория активно внедряет в производство новые технологии различных металлокерамических узлов (МКУ) с изоляторами из лейкосапфира и изделий из поликристаллической керамики. В.Н. Рысцовым, Ю.И. Шаловаловым, Б.Л. Муравичем совместно с сотрудниками цеха Опытного завода Ю.Б. Першаковым, В.И. Королевым был изготовлен первый комплект вакуумно-плотных гермовводов из лейкосапфира для одного из прототипов установки «Енисей». В этом случае прочность изоляторов возросла в 3—5 раз, по сравнению с изоляторами из поликристаллической керамики. Это позволило повысить надежность работы МКУ.

В 1983—1984 гг. в цехе был создан участок выращивания кристаллов в виде труб, которые применялись в качестве изоляторов ЭГК установок «ТОПАЗ». В 1993 после создания технологической лаборатории выращивания кристаллов (нач. лаб. В.И. Королев) начинается интенсивный поиск применения разработанных технологий для сбыта изделий на мировом



рынке. Руководителем и организатором этих работ является А.П. Белоусенко, которому в 1995 г. за успехи в создании разнообразных технологий и внедрение их в производство присвоено звание «Заслуженный технолог Российской Федерации».

В отличие от поликристаллической керамики лейкосапфир характеризуется совершенством структуры и стабильностью свойств; высокой износ-, тепло- и радиационной стойкостью, инертностью в агрессивных средах; высокими значениями твердости, механической и электрической прочности, оптической прозрачностью в широком диапазоне длин волн и био-

логической совместимостью. Лейкосапфир оказался перспективным материалом для атомной промышленности, машиностроения, металлургии, точного приборостроения, электроники, медицины, химической, оптической и пищевой промышленности. В основу технологии был взят способ выращивания монокристаллов методом А.В. Степанова, позволяющий получать кристаллы различных профилей (трубы, стержни, пластины, многогранники) из расплава окиси алюминия с применением специальных формообразователей с капиллярными каналами, обеспечивающих подачу расплава на фронт кристалли-



*Группа сотрудников, ведущих разработку и промышленный выпуск изделий из сапфира. (2002 г.) Слева направо: 1 ряд: И.Я. Ильченко, В.А. Соколов, Н.М. Коноплева, В.И. Королев, В.Ю. Марсапов, А.П. Белоусенко, Г.А. Багрова, С.Л. Лебедев, Л.П. Гулая; 2 ряд: Б.П. Тюрин, В.В. Панфилов, А.А. Кузнецов, И.Ю. Антонов, В.Ю. Николаев, А.С. Черкасов*

зации и затравки — кристалла с заданной кристаллографической ориентацией. Способ Степанова А.В. позволяет получать профилированные кристаллы с высокими скоростями выращивания и минимальными припусками при механической обработке готовых изделий.

Успеху в разработке технологии выращивания способствовали творческие контакты, установленные с ЛФТИ, ВНИИЭТО, ЭЛМА, ИКАН, Харьковский ВНИИ «Монокристалл», ПХМЗ. Значительному расширению работ по лейкосапфиру способствовало участие Института в форуме «Дни машиностроения СССР в ФРГ» (Штутгарт, 1989 г.), где были представлены изделия из лейкосапфира, созданные в нашем Институте. В 1990—1991 гг. Институт, как основной исполнитель, участвовал в общесоюзной программе «Сапфир-95», предусматривающей создание производства изделий из лейкосапфира для машиностроения, металлургии, лазерной техники, приборостроения, медицины.

В соответствии с Программой, Бюро СМ СССР по машиностроению выделило Институту значительные средства, Завод электротехнического оборудования по нашему техническому заданию приступил к выпуску специализированной установки для выращивания профилированного лейкосапфира, которой были оснащены лаборатория керамики и участок цеха 6. Начавшаяся перестройка не позволила целиком выполнить задачи программы «Сапфир-95». Однако в этот период удалось оснастить лабораторию основным оборудованием для выращивания кристаллов, термообработки и алмазно-механической



*Участок выращивания профилированных кристаллов лейкосапфира*

обработки. Дальнейшее развитие работ по лейкосапфиру проводилось в соответствии с Программой конверсии Министерства атомной промышленности России. В 1994 г. из лаборатории керамики выделяется специа-



*Металлокерамические узлы и часовые стекла из сапфира*



*Сотрудники сектора керамики, ведущие разработку и изготовление изделий из оксидной керамики и металлокерамических узлов. 2002 г. Слева направо: А.А. Соколов, В.А. Данилин, Л.А. Лахова, В.Н. Рысцов, Л.И. Кузьева, А.П. Белоусенко, Н.П. Федоткин, С.С. Федоров, А.В. Королев*

лизированная лаборатория (нач. лаб. В.И. Королев) в составе отдела 130. В этот же период на Опытном заводе прекращается выпуск изделий из лейкосапфира, оборудование участка демонтируется, а часть персонала цеха переходит в лабораторию. Лаборатория переезжает в корпус 103/2, где в короткий промежуток времени создаются новые участки по выращиванию кристаллов, термообработке, алмазно-механической обработке, полировке, контролю и упаковке готовой продукции.

Одновременно с созданием производственных участков проведено изучение мирового рынка спроса на изделия из лейкосапфира и было показано, что его потребление постоянно расширяется в таких отраслях как

точное приборостроение, оптика, металлургия, часовая и лазерная промышленности, электроника. Основными потребителями являются США, Япония, Швейцария. Руководство отделения «Исток» в лице Ю.В. Николаева, В.С. Колесова, учитывая перспективы коммерческой реализации, создали условия для ускорения реконструкции производственных участков и установления контактов с зарубежными фирмами-потребителями изделий из лейкосапфира.

Выход изделий на мировой рынок потребовал обеспечить высокое качество изделий на уровне ведущих производителей сапфира, таких как «Сафикон» — США, «Юнион карбид» — США, «Джева» — Швейцария, «Киосера» — Япония. С этой задачей ла-

боратория успешно справилась и с 1995 г. начала изготовление и поставку широкой номенклатуры изделий ряду зарубежных фирм: «Logtime» — Швейцария, «Mat Tech» — США, «Rubicon» — США и др. Учитывая возрастающие запросы ряда зарубежных фирм, работы по производству изделий из лейкосапфира постоянно расширяются.

В настоящее время основное производство сосредоточено в корпусе 103/2, а в корпусах 103 и 102 созданы участки алмазно-механической обработки. Таким образом в условиях перестройки и конверсии исследовательская лаборатория превратилась в производственный участок, чутко улавливающий конъюнктуру рынка.

Опыт лаборатории, накопленный при исследовании и разработке вакуумных гермовводов для термоэмиссионных преобразователей оказался полезным при создании установки другого типа и назначения. С 1989 по 1992 гг. проводились работы по созданию изоляторов и гермовводов для сернонатриевых аккумуляторов (СНА).

В начале 90-х годов Институт включился в работу по созданию нового типа рентгеновских трубок медицинского и технического назначения. Требовалось разработать керамику, обеспечивающую более высокую электрическую прочность по сравнению с известными промышленными составами керамики. Результатом разработки стало создание высокочистой, мелкозернистой керамики на основе окиси алюминия с легирующими добавками из окиси магния. С использованием этой керамики разработана технология изготовления металлокерамических узлов



*Металлокерамические узлы*

для рентгеновских трубок и электрических проходок для атомных электростанций.

В настоящее время сектор керамики под руководством В.Н. Рыцова в



*МКУ и изолятор проходки среднего напряжения тока для АЭС*

составе лаб. 172 по разработанной технологии изготавливает электрические проходки для атомных электростанций.

В 2001 г. начата работа по созданию технологии изготовления износостойкой керамики для роликов волочильных машин, применение которых позволяет на порядок увеличить

ресурс работы волочильных машин. В настоящее время успешно проведены натурные испытания изделий для Подольского кабельного завода и завода «Микропровод». Результаты этих работ позволили приступить к подготовке производства керамических колец, в обеспеченные потребности заводов кабельной промышленности.

## БЕСКИСЛОРОДНАЯ КЕРАМИКА

В ходе разработки и создания отдельных узлов и деталей ЯРД, возникла необходимость создания материалов, обладающих совершенно необычным ранее сочетанием свойств. Материалы должны быть достаточно прочными при сравнительно высоких температурах, обладать низкой теплопроводностью, регулируемой пористостью. При этом технология их изготовления должна позволять изменение необходимых свойств в заданных пределах. Так, на предприятии появилось новое направление работ по необычному и нетрадиционному для классического материаловедения классу материалов — карбидная керамика. Для работ по этому направлению в 1963 г. на базе лаборатории высоких давлений была создана технологическая лаборатория конструктивных керамических материалов, которую возглавил пришедший в институт в 1958 г. после окончания МВТУ им. Баумана молодой специалист Г.И. Бабаянц, уже имевший к этому времени стаж работы в КБ института и лаборатории высоких давлений. Это человек незаурядной энергии, с богатой творческой фантазией, большой технологической смелос-



*Пресс двойного действия усилием 3000 тонн, позволяющий прессовать плоские заготовки зеркал из карбида кремния диаметром до 1-го метра*

тью. Он за короткий срок сумел оснастить лабораторию высокотехнологичным оборудованием и привлечь в лабораторию специалистов различных профилей, в том числе В.И. Пилипина, В.И. Гранова, В.М. Голомазова, Е.Г. Фомченко, В.П. Смекалина, внесших большой вклад в работы направления.

Г.И. Бабаянц хорошо понимал задачи Института и умел увлечь коллектив на решение этих задач. Вспоминая первый период деятельности лаборатории, он говорил: «В те годы работали взахлеб, рассчитывали, сидели за кульманом до позднего вечера, изготавливали и испытывали установки, опробовали различные технологические варианты изготовления изделий. Работа была окрашена романтикой поиска. Не было большего счастья, чем добратся до неизведанного, решить нерешенную задачу.»

В конечном счете совместно с лабораториями Н.И. Полторацкого и Л.Б. Нежененко были разработаны технологии изготовления из карбидных и карбографитовых материалов всех элементов конструкции верхней части технологического канала ядерного ракетного двигателя — гильз, сопла, жаровой трубы и теплоизоляции с пористостью до 85%, имеющей теплопроводность 2—3 Вт/м·К, способной работать в реакторе до 2800 К. Созданный для их производства цех 10, который возглавил участник разработки, молодой и энергичный сотрудник лаборатории Г.И. Бабаянца —

О.Д. Чепель, обеспечил выпуск всех необходимых конструкционных деталей для комплектования активной зоны ЯРД.

Позднее, при выборе материалов для лазерной металлооптики разработана технология изготовления изделий из карбида кремния различной плотности, формы и размеров для зеркал мощных лазеров с пористой системой охлаждения, что позволило снизить уровень тепловых нагрузок.

Накопленный в процессе работы с карбидом кремния научный материал и технологический опыт оказались полезными в период конверсии. Предприятиям микроэлектроники для проведения высокотемпературных диффузионных процессов (до 1350К) в газовых средах заданного состава необходима оснастка из высокочистых материалов. После разработки в смежной лаборатории технологии глубокой очистки порошков карбида кремния от примесей (В.П. Исаков, К.С. Юдина) и решения множества технологических проблем, связанных с выпуском длинномерных изделий, создано опытное производство по выпуску оснастки из особо чистого карбида кремния для производства больших (БИС) и сверхбольших (СБИС) интегральных схем. Выпускаемая продукция соответствует мировому уровню, о чем свидетельствует вытеснение с рынка стран СНГ продукции фирмы NORTON (США) и постоянно растущий объем закупок нашей оснастки странами Европы.



Сотрудники лаборатории 23 (1989 г.). Слева направо: И.В. Сазоко, А.Р. Лебедев, Ю.Я. Осипова, А.В. Думчев, В.Н. Печников, В.А. Максимова, Л.В. Булычева, Ю.Д. Локтионова, И.Ю. Митрофанова, О.С. Турбина, З.В. Пармина, Т.И. Баслакова, Т.Б. Холстова, Н.С. Абрамов, В.И. Птицына, Г.П. Графчикова, Н.В. Талаева, О.Г. Ястребкова, Н.Д. Рыбова, В.М. Голышев, Р.С. Синельникова, Е.А. Козырева, Г.И. Бабаянц



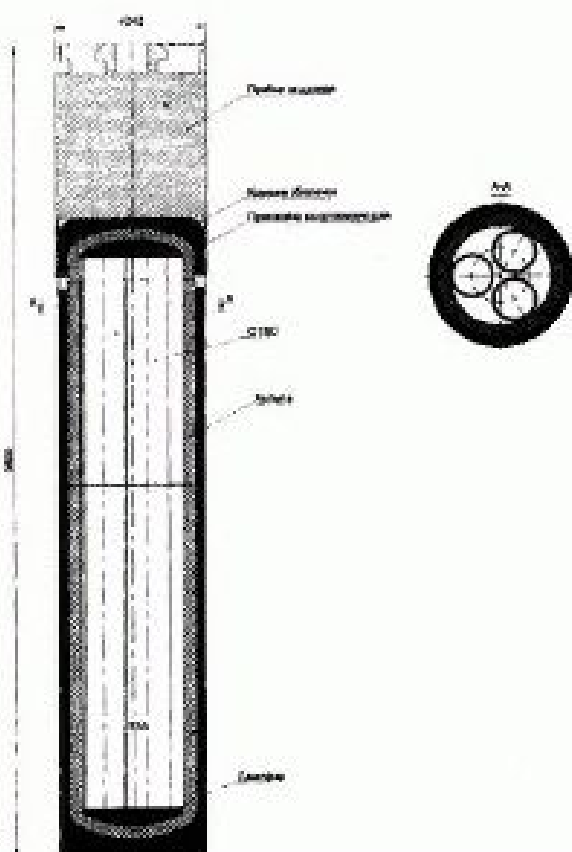
*Сотрудники ИТК «Керамика» Луч», разработавшие технологию производства оснастки из карбида кремния, используемой при изготовлении изделий микроэлектроники (1998 г.). Слева направо: Е.С. Фомченко, П.Н. Вершинин, А.А. Турбин, В.Н. Печников, Н.А. Колесников, В.М. Поляков, Г.И. Бабаянц, В.П. Смекалин, В.В. Данильченко, Ю.А. Кравец, Ю.Т. Бодров, Б.Ш. Кишмахов*

За разработку технологии производства оснастки для изготовления БИС и СБИС, ее освоение на предприятиях микроэлектроники и ряд других работ с использованием особочистого карбида кремния в 2002 г. коллектив авторов был награжден Государственной премией. От предприятия в коллектив награжденных вошли: Г.И. Бабаянц, В.Г. Исаков, П.Н. Вершинин.

Здесь нет необходимости описывать насколько остро в современном мире стоит проблема безопасности хранения отработанного ядерного

топлива (ОЯТ) и высоко активных отходов (ВАО) его переработки. Сложность и ответственность решения задачи в том, что безопасность хранения должна быть гарантирована для человечества на тысячи и более лет. Поиски надежной изоляции отходов от среды обитания человека ведутся во многих странах (США, Япония, Англия, Франция и др.) и обсуждаются на международных конференциях. Однако до настоящего времени не выбран материал контейнера для длительного хранения или захоронения ОЯТ и ВАО в глу-





*Пенал для хранения (захоронения) отходов ядерного топлива атомного флота*

боких геологических формациях из-за невозможности гарантировать коррозионную стабильность предлагаемых материалов контейнеров (титан, медь, никелевые сплавы) в гидротермальных условиях в течение тысячелетий. Учитывая высокую коррозионную стойкость карбида кремния и существование природного карбида кремния минерала муассanita в различных горных породах в течение миллионов лет, было предложено в качестве коррозионного барьера в контейнерах для захоронения ВАО и ОЯТ использовать карбид кремния.

К настоящему времени совместно с ГН «ВНИПИЭТ» разработан эскизный проект и изготовлен полноразмерный опытный образец ампулы из карбида кремния для долговременного хранения поглощающих элементов из реакторов атомных подводных лодок и неперерабатываемого ОЯТ реакторов ледокольного флота.

## ВЫСОКОЧИСТЫЙ КРЕМНИЙ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В 1997 г. приказом Министра РФ по атомной энергии в НПО «ЛУЧ» образована Отраслевая проблемная лаборатория под руководством д-ра техн. наук, проф., лауреата Ленинской и Государственной премий Х.И. Макеева. «Это решение было вызвано тем, говорит Х.И. Макеев, что после развала Союза Россия осталась без кремния, что равносильно — без собственной электронной промышленности. Исходный кремний получали в Запорожье. Кроме того, Россия существенно отставала

по качеству отечественных полупроводниковых материалов от зарубежных, что было обусловлено многолетним игнорированием фундаментальных технологических исследований при реализации высоких технологий для обеспечения выпуска материалов с характеристиками, предсказанными теорией физики твердого тела». Исходя из этого, Правительством РФ в мае 1994 года сформирована долгосрочная программа «Кремний России» фундаментальных исследований по разработке технологии и уникаль-

ного оборудования с целью обеспечения независимости отечественной промышленности, включая оборонную, в важнейшем секторе электронной промышленности. Этой программой предусматривается организация технологически связанных производств по выпуску технического кремния, моно- и трихлорсилана, поли- и монокристаллического кремния и тестированных пластин в объемах и номенклатуре, необходимых для полного удовлетворения потребностей российской промышленности и в перспективе 30%-ного экспорта. К работам привлекается широкий круг предприятий, в том числе, из смежных отраслей: ГНЦ РФ «ГИРЕДМЕТ» (г. Москва), институты РАН и СО РАН, Горно-химический комбинат (г. Железногорск Красноярского края), НИИЭФА им. Д.В. Ефремова (г. С.-Петербург). Координация НИОКР поручена «Отраслевой проблемной лаборатории Министерства РФ по атомной энергии» в НИИ НПО «Луч».

Целями и предметом деятельности лаборатории являются разработка новых наукоемких технологий по производству монокристаллического кремния, отработка и испытания конструкторских решений ростовых установок. В 1999 г. эта лаборатория начала освоение специально сооруженного здания для размещения ростовых установок площадью 560 м<sup>2</sup>. Здание оборудовано индивидуальными системами энерго- и теплоснабжения, водооборота и другими элементами необходимой инфраструктуры. Был введен в строй экспериментальный стенд для отработки новых технологических и конструктивных ре-

шений. Для опытного производства смонтированы шесть ростовых установок «Редмет-30». Освоен выпуск (до 6 т в год) слитков монокристаллического кремния диаметром 100, 150 мм и длиной до 1200 мм.

Наряду с обеспечением выпуска заготовок из монокристаллического кремния лаборатория ведет научно-исследовательские работы по изучению процессов, происходящих при выращивании монокристаллов и совершенствованию аппаратуры.

Исследовательские и инженерные работы выполняются небольшим, но очень слаженным коллективом сотрудников. Работа в лаборатории организована таким образом, что, как говорит руководитель лаборатории Х.И. Макеев, независимо от должности и звания, при необходимости, каж-



*Производственный участок по выращиванию монокристаллического кремния*



*Ростовая печь с вращающимся  
слитком монокристалла кремния*

дый сотрудник готов выполнить любую работу. Однако обеспечивается персональная ответственность сотрудников за отдельные участки работ. Так ктн А.Н. Шотаев ответственен за внедрение новых разработок и совершенствование технологических режимов выращивания кремния, нач. производства ктн М.Х. Макеев организует научно-производственную деятельность, гл. механик Д.Ю. Циплухин обеспечивает монтаж, наладку и бесперебойную работу оборудования, снс М. В. Баташов экспериментально проверяет ценность новых идей по технологии выращивания монокристаллов, Т.В. Баташова осуществляет замеры

электрофизических параметров монокристаллов кремния и проводит химическую обработку исходного сырья, гл. энергетик И.А. Савенков совершенствует электронные системы управления технологическими процессами, А. Н. Трошин разрабатывает новые аппаратные решения систем управления с использованием компьютерной техники, звание Б. К. Сапрыкина — «Мастер золотые руки» говорит само за себя.

Отраслевая проблемная лаборатория стала признанным авторитетом среди научно-исследовательских и технологических институтов министерства, занимающихся проблемами монокристаллического кремния. За последние годы коллективом лаборатории разработан инвестиционный проект по организации на территории НПО «Луч» исследований и создание производства особочистого монокристаллического кремния и кремниевых пластин диаметрами 150 мм и 200 мм для обеспечения производства интегральных схем с топологическим размером элементов 1,25—0,8 мкм и степенью интеграции до 5 млрд элементов на кристалл. В кооперации с российскими и зарубежными фирмами лаборатория ведет крупный проект по разработке головного образца ростовой установки нового поколения для выращивания монокристаллов кремния.

Отраслевая проблемная лаборатория Министерства РФ по атомной энергии принимает участие в работе по нескольким отраслевым и федеральным целевым программам:

- Энергоэффективная экономика на 2002—2005 гг. и на перспективу до 2010 г.

- Организация комплексного производства полупроводникового монокристаллического кремния на Горно-химическом комбинате Министерства РФ по атомной энергии.

- Создание комплекса производств по выпуску полупроводникового кремния и тестированных пластин («Кремний России»).

В 1999 году Отраслевая проблемная лаборатория была аккредитована Министерством науки и технологий Российской Федерации в качестве научной организации.

За последние годы лабораторией выпущены заключительные отчеты НИОКР «Разработка технологии выращивания бездислокационных монокристаллов кремния диаметром 150 мм с пониженным содержанием и

однородным распределением кислорода», «Микродефекты и примеси в реальных бездислокационных монокристаллах кремния», «Расчеты легирования при выращивании методом плавающего тигля монокристаллов кремния, равномерно легированных примесями бора и фосфора».

Сотрудники проблемной лаборатории в течение 1999—2001 гг. представили более 12 докладов по результатам научных исследований по кремниевой тематике на Российские и международные конференции. За три года защищены 2 кандидатские диссертации, три сотрудника являются аспирантами по специальности «Металловедение и термическая обработка металлов».

## **МОНОКРИСТАЛЛЫ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ**

Учитывая перспективность тугоплавких металлов как возможного конструкционного материала оболочки ТЭП в 1965—1966 гг., по инициативе М.В. Якутовича и при его постоянном идеологическом руководстве и поддержке, в лаб. 41 были начаты работы по получению, исследованию и использованию монокристаллов молибдена и вольфрама. На всех этапах существования этого направления оно находило поддержку и внимание руководителей института И.Г. Гвердцители, Ю.В. Николаева, В.Ф. Гордеева, И.И. Федика. Эта работа завершилась к началу 90-х гг. созданием нового класса конструкционных материалов на основе монокристаллов тугоплавких металлов и их промышленным освоением на предприятиях страны.

В течение 1966—1970 гг. в лаборатории 41, возглавляемой в то время Б.А. Оплесниным, были развернуты широкие исследования по металлургии, металловедению и обработке монокристаллических материалов. В основу процесса выращивания монокристаллов был положен метод электронно-лучевой бестигельной зонной плавки — на поликристаллическом прутке при помощи кольцевой электронной пушки создавалась расплавленная зона, которая перемещалась вдоль прутка от затравочного кристалла. При выбранных режимах плавки переплавленный поликристаллический пруток приобретал монокристаллическую структуру с кристаллографической ориентацией, заданной затравочным кристаллом.

В Институте разрабатываются и изготавливаются установки зонной плавки ЭЛУ-1 и ЭЛУ-2 по типу плавильных установок Гиредмета. При активном участии сотрудников лаборатории В.Н. Чеченцева, А.А. Ястребкова, В.П. Лубенца, Б.Л. Муравича осваиваются и разрабатываются методы зонной плавки экспериментальных монокристаллов в форме прутков и труб, методы их аттестации и изучения структурного совершенства и комплекса физико-механических и технологических свойств. Начинаются совместные работы с Узбекским комбинатом тугоплавких и жаропрочных металлов (УзКТЖМ) и Гиредметом по развертыванию промышленного производства монокристаллов молибдена для нужд термоэмиссионных разработок и по исследованию структуры и свойств монокристаллов промышленного производства.

Имеющиеся и вновь созданные в лаборатории 41 участка зонной плавки, термической обработки, порошковой металлургии, механической и электрохимической обработки, обработки давлением, рентгеноструктурного и металлографического исследования, прочностных исследований с самого начала заложили основу комплексного подхода к разработке монокристаллических тугоплавких металлов и достаточно быстрый прогресс в решении возникающих проблем. Этому способствовал и уже имевшийся в лаборатории опыт работы с поликристаллическими материалами на основе молибдена и вольфрама.

По инициативе В.П. Лубенца и А.А. Ястребкова в лаборатории внедряются методы рентгеновской диф-

ракционной топографии, оказавшиеся весьма эффективными для получения информации о структурном совершенстве монокристаллов. Наиболее важными результатами первого этапа разработок 1966—1970 гг. явилось приобретение собственного опыта работы на установках зонной плавки, выращивания первых экспериментальных монокристаллов молибдена и вольфрама в форме прутков и труб и первых монокристаллических оболочек катодов для ТЭП. В эти же годы были завершены исследования по практическому уточнению понятия «монокристалл» и «монокристалльность» для реальной монокристаллической продукции. Исследования показали, что реальные кристаллы не имеют идеально правильной кристаллической решетки, а состоят из отдельных фрагментов (блоков, субзерен), развернутых друг относительно друга на различный угол. Экспериментально на бикристаллических образцах показано, что этот угол в монокристаллах не должен превышать «критической» величины в  $6^\circ—7^\circ$ , в противном случае материал резко охрупчивается и теряет достоинство монокристаллического состояния.

С использованием понятия о «критической» разориентации разработан метод контроля монокристалльности слитков и изделий который и был положен в основу технологического процесса создания монокристаллической молибденовой оболочки эмиттера одноэлементного прибора «Енисей» путем сварки нескольких монокристаллов с сохранением монокристалльности. Подобный технологический процесс и по сей день остается единственным практически возможным



*Установка для выращивания монокристаллов молибдена и сплавов на его основе*

металлургическим способом получения монокристаллического электрода длиной до 700—750 мм и не имеет аналогов в отечественной и зарубежной технике.

В 1969—1970 гг. лабораторией был внедрен технологический процесс сварки монокристаллов молибдена для серийного выпуска монокристаллических эмиттеров одноэлементного прибора на Опытном заводе. На начальной стадии для сварки использовалась зонная плавка, а в дальнейшем она была заменена классической электронно-лучевой сваркой, технология которой была разработана А.В. Коробовым и В.С. Кузнецовым.

С 1970 года руководителем лаборатории становится Г.А. Рымашевский. В связи со структурными изменениями в институте номер лаборатории неоднократно изменялся: 121,

151, 161, однако ее основное научное направление (металлургия и металловедение монокристаллов) сохранялось неизменным. До 1971—1972 гг. руководили металлургической группой В.Н. Чеченцев и Б.Л. Муравич, а с 1972 г. В.А. Репий. Руководителем материаловедческих исследований оставался А.А. Ястребков.

Необходимость регулярного выпуска больших партий одноэлементного прибора на Опытном заводе ПНИТИ с конца 60-х годов очень остро потребовала существенного расширения масштабов промышленного выпуска монокристаллов молибдена диаметром 25—27 мм и улучшения их качества. Проведенные в 1970—1975 гг. систематические исследования структурного совершенства и свойств монокристаллического молибдена дали возможность установить уровень ка-

чества, характерные дефекты, механизм их возникновения и разработать параметры, методику и систему контроля качества монокристаллов и внедрить их в производство. Активное участие в этих исследованиях и внедрении принимали научные сотрудники лаборатории Е.К. Лепешенков, В.В. Клементьева, Г.М. Исакова, Ю.П. Ивакин, И.Е. Дрожженникова, Н.С. Стрельникова, Н.Г. Афанасьев. В лаборатории выросли квалифицированные кадры лаборантов и рабочих, которым можно было без опасения доверять работу по выпуску первых образцов изделий, перед передачей их в производство. Среди них следует отметить токаря А.В. Романова, плавильщика В.А. Кузина, фрезеровщика В.Ф. Горелова, лаборантов-металлографов — Г.Г. Ушакову и С. Хаслянову и лаборанта-универсала А.Л. Горского. Результатом исследований по установлению взаимосвязи между параметрами зонной плавки и дефектностью монокристаллических слитков явилась разработка и внедрение в производство технологии выращивания практически беспористых монокристаллов молибдена диаметром 25—27 мм. Новая технология была внедрена на УзКТЖМ и Опытном заводе ПНИТИ, что позволило резко снизить брак при выпуске приборов. Монокристаллическим пруткам производства УзКТЖМ в 1977 году был присвоен, а в 1981 и 1984 гг. подтвержден Государственный Знак качества.

Большую помощь в успешном взаимодействии Института с УзКТЖМ и решение проблемы масштабов производства монокристаллов оказал в эти годы руководитель группы тугоплавких металлов отдела снабжения ПНИТИ

Н.Д. Суханов. Ему удалось убедить директора УзКТЖМ В.Х. Хайдарова в необходимости резко увеличить поставки промышленных монокристаллов нашему предприятию. Это было нелегко сделать в те годы жестких лимитов и разнарядки.

Необходимость исследований по повышению жаропрочности монокристаллов была понятна уже в начале работ — с середины 60-х годов. Систематические исследования начались в 1967—1968 гг. с определения характеристик жаропрочности чистых нелегированных монокристаллов. Рассматривались и проверялись экспериментально различные методы упрочнения монокристаллов в диапазоне  $0,5—0,8 T_{\text{пл}}$ : субструктурное упрочнение при помощи механико-термической обработки; дисперсионное упрочнение при помощи вторых фаз; твердорастворное упрочнение. К середине 70-х годов было установлено, что наиболее перспективным для условий работы оболочек ТЭП является твердорастворное упрочнение.

Результаты легли в основу создания серии сплавов на основе молибдена и вольфрама с монокристаллической структурой. Для одноэлементного прибора был рекомендован сплав молибдена с 3% ниобия (для теплового реактора), для многоэлементного термоэмиссионного прибора рекомендован сплав 3% тантала (для быстрого реактора) и сплав вольфрама с (1—2)% ниобия для теплового реактора.

Важной задачей металлургии монокристаллов было создание технологии выращивания профилированных монокристаллических заготовок различной формы и размеров и необходимой аппаратуры. Исследования



*Лауреаты Государственной премии СССР за разработку новых материалов на основе монокристаллов тугоплавких металлов (1986 г.) Слева направо: верхний ряд: А.А. Ястребков, Г.А. Рымашевский, Р.Г. Фрайштут; нижний ряд: В.А. Репий, И.А. Каретников*

по выращиванию трубчатых монокристаллов молибдена, вольфрама и ниобия и их сплавов методом зонной плавки были доведены до стадии лабораторного полупромышленного выпуска и использования таких труб для экспериментальных термоэмиссионных приборов.

В 1977 г. остро встал вопрос о необходимости выпуска сплавов молибдена с 3% ниобия (т.н. сплав МН-3) в промышленном объеме и для этого была создана и внедрена на УзКТЖМ и на Опытном заводе ПНИТИ новая оригинальная технология. Технология максимально использовала уже успешно проверенные технологиче-

ские решения при производстве беспористых монокристаллов и позволяла получить монокристаллический пруток, в котором сердцевина оставалась чистым монокристаллом, а наружный слой — представлял собой жаропрочный сплав нужного состава. Впервые в стране в 1979 году был начат промышленный выпуск монокристаллического сплава в объеме 1,0—1,5 т/год при обеспечении высоких параметров качества монокристаллов.

Руководителями разработки монокристаллических сплавов и технологии выращивания были А.А. Ястребков, В.А. Репий, Г.А. Рымашев-



ский, Н.Г. Афанасьев. Длительные испытания на ползучесть и длительную прочность, выполненные Л.Н. Дементьевым, П.В. Зубаревым и Н.Г. Тачковой подтвердили эффективность упрочнения и обосновали использование их на длительный ресурс в качестве оболочки эмиттера. Ресурсные испытания одно- и многоэлементных приборов также подтвердили надежность разработанных сплавов на основе молибдена и вольфрама.

Совместно с МИФИ в 1975—1976 гг. была впервые показана возможность получения вольфрамовых монокристаллических оболочек осаждением вольфрама при термическом разложении его хлоридов на молибденовой

монокристаллической подложке. Эта работа послужила началом газофазного направления выращивания монокристаллов и их сплавов в виде самостоятельных заготовок.

В 1979 году на основе научных групп лаборатории 161 в составе отдела 160 были созданы 3 самостоятельные лаборатории, которые продолжали заниматься исследованиями по разработке монокристаллических материалов на основе тугоплавких металлов:

- лаб. 161 — газофазной металлургии (нач. В.Ф. Соловьев);
- лаб. 163 — металловедения (нач. А.А. Ястребков);
- лаб. 166 — металлургия плавки (нач. В.Н. Загрязкин).



*Ветераны НИИ НПО «Луч», занимающиеся разработкой, исследованием монокристаллов тугоплавких металлов с 1960—1970 гг.*

*Вверху — вис Н.Г. Афанасьев, токарь А.В. Романов, внизу — лаборант Г.Г. Ушакова, зам. нач. отдела А.А. Ястребков, ис И.Е. Дроздженникова (2002 г.)*

Руководителем отд.160 оставался Г.А. Рымашевский. Исследования, выполненные в лабораториях 166 и 163 в 1981—1985 гг. позволили разработать и внедрить в опытное производство новую технологию бестигельной зонной шлавки крупногабаритных плоских слитков молибдена в виде дисков диаметром до 200 мм.

Дальнейшие совместные исследования лаб.164 (И.А. Каретников) и лаб.163 и 166 по прокатке этих плоских монокристаллов позволили сформулировать условия, обеспечивающие сохранение монокристаллическости при прокатке и последующем отжиге вплоть до температуры плавления. Исследования послужили основой для создания и внедрения в производство монокристаллических молибденовых листов размерами до 300 × 500 мм и толщиной 0,5—2,0 мм для зеркал высоконагруженных лазерных систем.

В 1983—1985 гг. в лаб. 163 были начаты работы по получению монокристаллических сплавов системы ниобий-кислород методом диффузионного насыщения. При активном участии Н.С. Стрельниковой, Н.Г. Афанасьева и О.А. Петровой были разработаны параметры процесса насыщения, получены и исследованы монокристаллические сплавы Nb-O с концентрацией кислорода до 0,5 вес. %. Сплавы этой системы могут быть перспективным материалом для коллекторов ТЭП.

Выполненный в ПНИТИ комплекс работ позволил впервые в отечественной и мировой практике создать и освоить производства нового высо-



*Образцы полуфабрикатов (заготовок) монокристаллов молибдена, вольфрама, ниобия получаемых по технологиям НИИ НПО «Луч»*

коэффициентного класса конструкционных материалов — монокристаллов на основе тугоплавких металлов молибдена, вольфрама, ниобия и их сплавов. Новые материалы имели определяющее значение для разработки термоэмиссионной установки с длительным ресурсом работы и лазерных зеркал, способных работать при больших удельных нагрузках.

Признанием значимости выполненных в ПНИТИ работ в этом направлении явилось присуждение в 1986 г. Государственной премии СССР сотрудникам института Г.А. Рымашевскому, А.А. Ястребкову, В.А. Репнину, Р.Г. Фрайштуту, И.А. Каретникову.

## ОКСИДЫ УРАНА

Диоксид урана относится к традиционно используемым и достаточно изученным видам ядерного топлива. Однако применение этого топлива в новых разрабатываемых аппаратах с повышенными температурами эксплуатации и длительными ресурсами потребовало как уточнения представлений о возможностях такого топлива, так и корректировки технологии его производства. Появилась необходимость исследования вопросов переноса топлива в полости твэла, изменения его структуры и вызванных этим изменением свойств. Потребовалось углубить представления о влиянии стехиометрии диоксида урана и пористости, о механизме и скоростях диффузии компонентов топлива через оболочку, скорости выхода технологических и осколочных газов из топливных таблеток, распухании таблеток в процессе длительной эксплуатации.

Специального подразделения, занимавшегося технологическими проблемами формирования таблеток и элементов твэла из диоксида урана в Институте создано не было. В марте 1965 г. эта работа была поручена группе ктн Е.М. Ракитской, входящей в состав лаб. 43 (начальник ктн Ю.Л. Кудрявцев). «Мне придали опытных прессовщиков И.И. Муравьева, А.П. Тебякина и лаборанта В.В. Новотенцеву, — вспоминает Е.М. Ракитская, — и мы начали обустроить отведенный нам участок, а уже осенью изготавливали таблетки композиции  $UO_2$ - $V_2O_5$ ». Ряд вопросов, связанных с получением порошков диоксида урана, решался в группах

ктн К.С. Юдиной (лаб. 63) и ктн А.П. Гудовича (лаб. 42).

Будучи высококвалифицированным специалистом в области порошковой металлургии Е.М. Ракитская, в подавляющем большинстве случаев, была руководителем и ведущим исполнителем большинства работ по диоксиду урана и композиций на его основе.

Основная задача заключалась в разработке топлива из диоксида урана с параметрами, обеспечивающими устойчивую работу твэла в установках космического назначения, к таблеткам которого предъявлялись более жесткие требования, чем к изделиям для ТВС АЭС, в том числе:

- плотность 96—98% от теоретической;
- высокая устойчивость к воздействию вибрационных, ударных и др. видов нагрузок;
- содержание газообразующих примесей (С, N) менее 0,005 мас. %;
- стехиометрический состав близкий к теоретическому —  $UO_{2.00}$ .

На первом этапе — при разработке топлива для одноэлементного ЭГК установки «ТОПАЗ» — необходимо было не только получить таблетки с плотностью 96—98% от теоретической, но и обеспечить стабильность характеристик и свойств топлива, как внутри каждой партии, так и от партии к партии, вне зависимости от предыстории исходного порошка диоксида урана. Различная морфология поставляемых порошков диоксида урана затрудняла обеспечение стабильности характеристик изготавливаемых таблеток. Совместными усилиями сотрудников лаб. 43 и лаб. 63 раз-



*Сотрудники оксидно-керамической группы (2002 г.)*

*Слева направо сидят: Т.В. Егорова, Е.М. Ракитская, Г.Д. Казимирова.  
Стоит: Е.С. Севостьянов, А.Б. Костриков, А.С. Гагарин, В.Н. Шамарин*

работана технология получения со специфическими физико-химическими и структурными характеристиками.

В лаб. 43 (затем она же 143, 172, 204) созданы технологические процессы изготовления порошков диоксида урана из таких порошков топливных таблеток с требуемой стабильностью характеристик и свойств. Порошки получали в лаб. 63, в цехах 8 и 1; таблетки изготавливали в лаб. 43, цехах 8 и 6 для предпетлевых, петлевых испытаний и многочисленных штатных зон.

Предварительная подготовка диоксида урана с получением порошка со специфической структурой и высокой спекаемостью, при последующем изготовлении таблеток по разработанному технологическому процессу обеспечила изготовление таблеток ТВС из диоксида урана с отношением

$O/U=2,000$ , плотностью значительно более 96% от теоретической и структурой близкой к равноосной. При этом открытая пористость отсутствует. Динамические испытания показали высокую устойчивость таблеток к вибрационным и другим видам нагрузок.

На втором этапе разработки твэл по программе «ТОПАЗ», в связи с особенностями конструкции многоэлементного ЭГК, возникли новые требования к топливным таблеткам:

- создание в таблетке открытой пористости 12—20% в сочетании с высокоплотной матрицей из диоксида урана (более 96% от теоретической) при сохранении высокой динамической прочности таблетки;
- получение диоксида урана достехиометрического состава ( $O/U = 1,990—1,998$ );

- снижение содержания газообразующей примеси Si до менее 0,005 мас. %.

Для их выполнения, проведена разработка технологии получения таблеток диоксида урана с открытой пористостью стабильной к термическому и радиационному доспеканию — СОП. Такой диоксид урана можно рассматривать как гетерогенную систему, когда в матрице из высокоплотного диоксида урана распределены открытые поры.

Использование достехниметрического диоксида урана позволило уменьшить коррозию металлических конструктивных элементов систем газоотвода и интенсивность массопереноса диоксида урана в полости эмиттерного узла ЭГК. Диоксид урана с достехниметрическим составом

матрицы и стабилизированной открытой пористостью обладает своеобразным сочетанием низкой скорости распухания с высокой скоростью ползучести и в то же время обеспечивает работоспособность газоотводного устройства (ГОУ) в полости сердечника твэла. Для снижения газовой выделения из таблеток до требуемого уровня проводили их предварительную высокотемпературную термическую обработку в специальных ампулах. Реальные значения газовой выделения из таблеток твэлов ЭГК штатных зон не превышали допустимого уровня.

Разработанная технология внедрена в лаб. 43 и цехе 6 при изготовлении таблеток твэлов ЭГК для предпетлевых и петлевых испытаний.



*Участок спекания таблеток. Слева направо: руководитель группы А.С. Гагарин, аппаратчик А.Б. Костриков, инженер-технолог Е.С. Севостьянов*



*Участники работ по контракту с компанией Бабкок&Вилкокс на отдыхе (1992 г.). Слева направо сидят: В.И. Митрофанов, А.С. Гонтарь, Х. Мойлер (США), Е.М. Ракитская. Стоят: В.А. Решетников, Е.А. Галкин, А.С. Панов, Е.В. Фивейский, В.А. Зайцев*

Такие таблетки с открытой пористостью до 21% отвечали требованиям многоэлементных ЭГК установки «ТОПАЗ». Наибольший эффект от применения топлива достехиометрического состава достигается в реакторах с увеличенной кампанней и маневренным режимом эксплуатации.

Совокупность разработанных технологий позволила создать новый тип топлива, состоящего из сердцевин с пористостью ( $P > 25\%$ ) и плотной оболочки ( $P < 4\%$ ). Такое, так называемое, топливо «Орех», имея достаточный объем для накопления продуктов деления, снижает возможность заполнения таблеток с высокой пористостью водой при возникнове-

нии нештатных ситуаций в процессе предпетлевых испытаний.

С целью снижения возможного распухания высокоплотного диоксида урана при длительном ресурсе А.А. Гридневым, А.С. Гонтарем разработана технология изготовления таблеток твэлов из диоксида урана со столбчатой структурой, скорость распухания которой в 2—2,5 раза ниже, чем у высокоплотного диоксида с равноосной структурой.

С целью изучения влияния на работоспособность таблеток твэлов продуктов деления, образующихся при облучении и, соответственно, возможного прогнозирования поведения облученного топлива при различных

уровнях выгорания дти А.С. Пановым, Е.М. Ракитской, А.С. Гонтарем и др. разработана технология равномерного введения микродобавок в диоксид урана, а с участием сотрудников МИФИ выполнен большой комплекс работ по изучению свойств диоксида урана легированного имитаторами продуктов деления. В качестве имитаторов продуктов деления в составе такого топлива, включающего 11—14 компонентов, использовались оксиды редкоземельных элементов, оксиды щелочноземельных элементов, тугоплавкие металлы и их оксиды в различных сочетаниях и в широком диапазоне концентраций.

В русле основной задачи по разработке технологии изготовления таблеток сердечников твэл различного назначения решались многочисленные побочные технологические проблемы, например, связанные с повышенным качеством порошка путем соответствующей обработки или получением длинномерных стержней из диоксида урана путем высокотемпературного выдавливания, изготовления композиций на основе диоксида урана с Mo, Cz, Fe и т.д.,  $V_2O_5$ ,  $La_2O_3$  и т.п. с широким диапазоном концентрации.

«По сути дела, — говорит Е.М. Ракитская, — небольшим дружным коллективом сотрудников: инженерами В.Д. Борониным, Л.В. Бульчевой, В.Л. Цыпленковой, а затем В.И. Бабиным, А.С. Гагариным, Е.С. Севостьяновым удалось разработать стойкие технологии изготовления оксидного топлива и композиций на его основе самой разной геометрии с разнообразными структурами и свой-

ствами». Все это стало возможным благодаря самоотверженной работе аппаратчиков и лаборантов: Г.Д. Казимировой, Л.А. Сахаровой, Б.В. Ермолаева, А.С. Маркелова, А.Б. Кострикова и других». Тесное сотрудничество с расчетно-теоретическим и конструкторским отделами, учебными институтами (МИФИ, МАИ, МЭИ и др.) и рядом организаций Минатома позволили выполнить большой объем работ по разработке технологий и их внедрению на Опытном заводе. Хронология разработки оксидного топлива для термоэмиссионных реакторов может быть представлена в следующем виде:

- в 1965—1985 гг. разработана технология получения высокоплотного диоксида урана;
- в 1965—1985 гг. разработан диоксид урана с легирующими добавками;
- в 1975—1985 гг. — диоксид урана с оптимизированной структурой;
- в 1980—1991 гг. — диоксид урана достехиометрического состава;
- в 1980—1996 гг. — диоксид урана со стабилизированной открытой пористостью (СОП);
- в 1985—2001 гг. — диоксид урана с имитаторами продуктов деления.

Высокое качество оксидных твэл, выпускаемых нашим предприятием, подтверждено положительными результатами радиационных испытаний и совместными материаловедческими исследованиями с ИАЭ, СФНИКИЭТ, МИФИ, ГУП ГНЦ РФ ФЭИ, а также успешными работами по контрактам с Лос-Аламосской национальной лабораторией и компанией Бабкок&Вилкокс.



## ТУГОПЛАВКИЕ УРАНОСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТВЭЛ ЯРД И ТЭП

В начале шестидесятых годов Институту было поручены задачи по разработке высокотемпературных топливных и конструкционных материалов для вновь создаваемых в стране высоконапряженных ядерно-энергетических установок. В первую очередь это относилось к ядерно-ракетным двигателям (ЯРД). Традиционно применяемое ядерное топливо на основе оксидов урана и металлических сплавов урана и конструкционные материалы на основе тугоплавких металлов не могли обеспечить предъявляемых требований. За рубежом и в нашей стране начали проводиться работы по созданию топливных и конструкционных материалов с использованием графита, тугоплавких карбидов металлов и композиций на их основе. Работы в этом направлении были начаты и в нашем Институте.

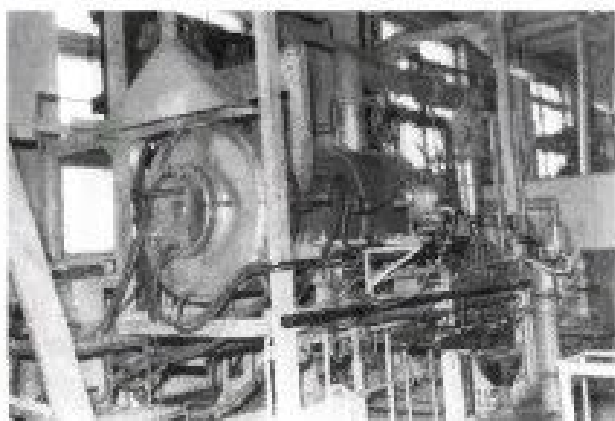
На базе группы чистых оксидов, занимавшейся разработкой технологии получения изделий из оксида бериллия (тигли, детали отражателя) в лаборатории Л.А. Ижванова, в 1963 г. была создана лаборатория 42 в составе отдела 40 под руководством Б.Г. Игнатьева. Лабораторию 42 возглавил человек огромной энергии и творческих замыслов Николай Иванович Полторацкий, окончивший Харьковский политехнический институт по специальности технология силикатов и поступивший на ОЗ в 1953 г. молодым специалистом. В 1964—1965 гг. лаборатория размещалась на 5-м этаже пристройки к корпусу 1.

В лаборатории были организованы три сектора: разработки высокотемпературных топливных ядерных материалов для сердечников оболочковых твэлов (Н.И. Полторацкий), газофазной металлургии тугоплавких



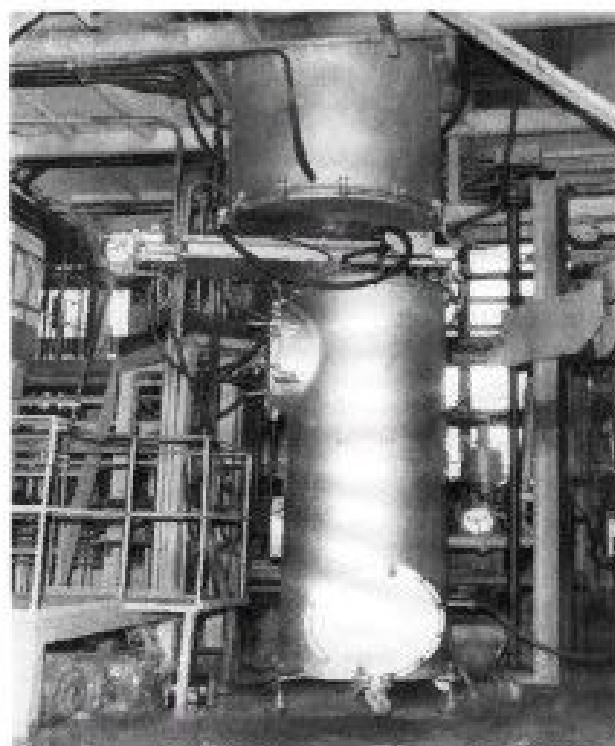
*Одни из первых сотрудников лаборатории 42, 1965 г. Слева направо: В.Е. Зитовьев, В.А. Зайцев, К.И. Константинова, В. Кузнецов, Н.И. Полторацкий, В.А. Писарев, П.П. Ягчур, М.И. Ситирова, В.И. Сошников*





*Вакуумная высокотемпературная до (2750 °С) электропечь*

соединений (В.Ф. Функе), разработки топливных и конструкционных материалов для твэлов ЯРД (Л.Б. Нежевенко). Созданы также группы спецобработки твердых материалов, металлографического и рентгеноструктурного анализа и исследования



*Вакуумная до (2200 °С) электропечь с форкамерой*

свойств порошков тугоплавких соединений.

Лаборатория оснастилась практически всеми основными видами оборудования, применяемого в практике порошковой металлургии. Силами КБ института были разработаны и изготовлены на ОЗ уникальные электротермические вакуумные установки для синтеза, спекания, горячего прессования тугоплавких карбидов, оборудования для приготовления тонкодисперсных, пирофорных карбидных порошков.

В 1972 г. лаборатория 42 была преобразована в отдел 20, в составе лаб. 21 (нач. Н.И. Полторацкий, затем Л.Н. Пермяков), лаб. 22 (нач. Л.Б. Нежевенко), лаб. 23 (нач. Г.И. Бабаянц) и лаб. 24 (нач. В.Ф. Функе). После реорганизации отдела 20 в середине 70-х годов лаб. 21, 22 вошли в состав отдела 140 с порядковыми номерами соответственно 141 и 142.

Первым этапом технологических исследований лаборатории 42 были разработки процессов синтеза карбидов циркония, ниобия, тантала карботермическим восстановлением в вакууме соответствующих оксидов.

Накопленный опыт по изготовлению тугоплавких соединений был успешно использован при разработке технологии изготовления топливных сердечников из монокарбида урана для реактора на быстрых нейтронах БН-5. Известная трудность этой проблемы заключалась в том, что в это время в нашей стране практически отсутствовал опыт использования карбидов урана в качестве ядерного топлива и были недостаточно изучены их свойства.



*Обсуждается успешность проведенного процесса изготовления изделия на установке горячего прессования. (1965г). Слева направо: основные научные сотрудники лаб. 42, В.И. Тюриленев, А.А. Барянецв, В.И. Митрофанов, Н.И. Полторацкий, Б.Д. Гуревич, В.И. Грошев*



*Сотрудники лаб. 142, 1972 год. Слева направо: 1 ряд: А. Шушакина, В.А. Евсеева, Е.М. Полищук, Р.Н. Серпухова, М.А. Куликова; 2 ряд: В.А. Зайцев, Н.А. Зуйкова, Н.А. Майорова, Л.В. Серпухов, Ю.Н. Горячкин; 3 ряд: В. Сергеев, Г.И. Фомин, М.Г. Глухова, Е.С. Заболева, Е.И. Лачина, Ю.Д. Бесперстных, Б.Д. Гуревин; 4 ряд: Ю.Г. Майоров, Н.И. Полторацкий, Н.П. Скорлупкин, Д.И. Сошников, К.И. Константинов, В.А. Юдакова, В.И. Митрофанов*

Технологическо-материаловедческие исследования по разработке карбидного ядерного топлива и технологии изготовления ТВЭЛов реактора БН-5 были проведены совместно с НИИ-9 (к.тн Р.Б. Котельников, к.тн С.Н. Башлыков). В материаловедческих лабораториях нашего института (Р.А. Андриевского, А.Г. Ланина, Р.М. Альтовского) и смежных институтах НИИ-9, НИИАР и ФЭИ исследованы теплофизические, физико-механические свойства монокарбида урана, совместимость его с конструкционными материалами и проведены предпре-

акторные и реакторные испытания макетов ТВЭЛов реактора БН-5. По разработанной технологии были изготовлены комплекты натуральных ТВЭЛов реактора БН-5 в цехе 8 (нач. цеха к.тн Д.С. Львовский).

«Накопленный опыт с ТВЭЛами реактора БН-5, — вспоминает В.И. Митрофанов, — помог нам при разработке технологии изготовления ТВЭЛов первого в мире реактора «Ромашка» — преобразователя ядерной энергии в электрическую с ТВЭЛами из нового высокотемпературного ядерного топлива — дикарбида урана.

К началу работ процессы синтеза дикарбида урана были мало изучены поэтому нами в лаборатории были проведены обширные исследования синтеза дикарбида урана и кинетики его измельчения. Была разработана надежная технология защиты от возгорания пирофорных тонкодисперсных порошков и технология получения крупногабаритных высокоплотных изделий сложной формы типа «лепестков ромашки». В.П. Крисановым, С.К. Кучеровым, Л.В. Серпуховым разработаны технологии механической, электроискровой, ультразвуковой обработки изделий из дикарбида урана. По разработанным технологиям в цехе 8 изготовлены топливные сердечники твэла «Ромашка».

Успешный пуск и многолетняя эксплуатация в штатном режиме реактора «Ромашка» в ИАЭ показали высокую надежность и работоспособность твэлов из дикарбида урана и реактора-преобразователя в целом. Результаты работы получили высокую оценку на отраслевых и международной конференции по мирному использованию ядерной энергии.

Значительное внимание в отделе 140 уделялось работам по синтезу тугоплавких соединений урана (нитридов, сульфидов, карбонитридов) и разработкам технологии изготовления изделий из них для энергонапряженных твэлов ТЭП повышенной мощности. Этим занималась группа научных сотрудников: В.А. Зайцев, А.М. Лебедев, В.И. Митрофанов, В.Н. Узморский, Ю.Д. Бесперстых, И.И. Узморская, Л.И. Иванова. В результате был предложен и разработан новый способ получения твердых растворов карбонитридов урана с раз-

личным соотношением углерода и азота из диоксида урана путем его восстановления углеродом в токе азота.

Технология изготовления топлива на основе мононитрида была использована для изготовления сердечников твэлов быстрого реактора БР-10. Успешная эксплуатация реактора БР-10 подтвердила эффективность и перспективность использования мононитрида урана. По материалам технологического-материаловедческих исследований уран-циркониевых карбонитридов и технологии изготовления твэлов В.А. Зайцевым защищена докторская диссертация.

Другим важным направлением технологического-материаловедческих исследований отдела 40 стала разработка топливных и конструкционных материалов и твэлов на их основе для ЯРД. Высокие, близкие к экстремальным, условия эксплуатации твэлов ЯРД предъявляли жесткие требования к ядерным и конструкционным материалам. Топливо на основе карбидов урана не удовлетворяло этим требованиям. Перспективными топливными материалами для твэлов ЯРД представлялись твердые растворы монокарбида урана с изоморфными особо тугоплавкими монокарбидами циркония, ниобия, тантала. В начале шестидесятых годов в секторе, руководимом Л.Б. Нежевенко, были начаты технологического-материаловедческие исследования условий получения твердых растворов карбидов урана, циркония и ниобия с высоким содержанием легирующих особотугоплавких компонентов, обеспечивающих достаточно высокие температуры плавления и совместимость твэлов с конструкционными материалами и

теплоносителями. Научными сотрудниками Г.С. Фоминым, А.С. Маскаевым, Е.В. Астаховой, А.С. Мороз, В.И. Тюрленевым, ктн Б.Д. Гуревичем разработаны условия получения тонкодисперсных порошков высокой чистоты, исследованы реологические свойства шликерных масс, изучены процессы формования и термообработки изделий.

Разработка технологий изготовления топливных сердечников твэлов ЯРД стержневого типа сложной формы и профиля осуществлялась совместно с НИИ 9, лабораторией ктн Р.Б. Котельникова, сотрудниками ктн Г.Г. Байбуриным, Е.К. Дьяковым, Ю.В. Кошелевым. С целью получения топливной керамики повышенной термопрочности был создан новый класс материалов — карбидографит, несколько схожий по строению с чугуном: оба эти материала содержат в своей структуре зерна свободного углерода.

По разработанным технологиям на ОЗ изготавливались экспериментальные партии стержневых твэл ЯРД и конструктивных изделий (опорные решетки, дистанционные узлы, теплоизоляция, сопла) для комплексного изучения свойств натуральных изделий и реакторных испытаний в ОЭ.

По результатам технолого-материаловедческих исследований по созданию твэлов ЯРД сотрудники лаборатории 22 защитили: докторскую диссертацию — Л.Б. Нежевенко, кандидатские диссертации — В.И. Грошев, А.С. Маскаев, П.В. Герасимов, А.А. Барянец, В.П. Булычев, Ю.В. Кошелев, А.П. Гудович.

«Необходимость повышения надежности и эксплуатационных харак-

теристик высокотемпературных энергонапряженных твэлов ЯЭУ, — говорит А.М. Лебедев, — потребовало создания новых топливных материалов и композиций, с более высокой температурой плавления, низкой скоростью испарения и лучшей совместимостью с конструкционными материалами и теплоносителями. На основании результатов термодинамических и технолого-материаловедческих исследований выбрана методология сложного легирования карбонитридов урана более тугоплавким мононитридом и монокарбидом циркония. Синтез высокотемпературных топливных уранциркониевых карбонитридов в широкой области концентраций проводился нами путем совместного восстановления углеродом соответствующих смесей порошков оксидов урана и циркония в токе азота. По этой технологии были изготовлены изделия таблеточной, стержневой и микросферической формы из сложных карбонитридов заданного состава, структуры и плотности. Радиационные испытания макетов натуральных твэлов ТЭП из уран-циркониевых карбонитридов показали перспективность этого топлива для использования в комплексных энергодвигательных реакторных установках».

По программе разработки высокотемпературных оболочковых твэлов ТЭП космических ядерно-энергетических установок А.Ф. Безинской, Л.А. Львовой, А.П. Мухортовым проведены также исследования по легированию монокарбида урана изоморфным моносльфидом урана и созданию, таким образом, нового класса высокотемпературных топливных материалов — карбосульфидов урана пу-

тем реакционного взаимодействия порошков диоксида урана, сульфида цинка и углерода.

В.И. Митрофановым, А.Г. Чуприковым совместно с сотрудниками лаб. 63 В.Ф. Леоновым, Р.Г. Гольцовой впервые в стране был разработан процесс синтеза монофосфида урана. Предложена технология изготовления топливных сердечников твэл на основе монофосфида урана с регулируемым составом, структурой и плотностью для ядерно-энергетической установки «МАК».

В конце 1980-х — начале 1990-х гг. происходившая в стране перестройка и конверсия тематики сопровождалась прекращением финансирования работ, посвященных созданию высо-

котемпературных топливных композиций и новых конструкционных материалов работоспособных в экстремальных условиях. Уникальное высокотемпературное вакуумное и пресовое оборудование осталось не используемым. Так же без применения оказался ряд технологических цепочек, обеспечивающих работу в сухой инертной атмосфере. Отпала необходимость в использовании персонала и оборудования Опытного цеха, входившего в состав Опытного завода. Оборудование было демонтировано. Произошла значительная утечка квалифицированных кадров. Результаты огромной работы, потребовавшей значительных человеческих и материальных усилий, в лучшем случае, остались на страницах научных отчетов.

## МАТРИЧНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Развитие конструкций атомных реакторов нового поколения с использованием опыта нескольких десятилетий эксплуатации энергетических реакторов показывает, что одной из основных проблем, возникающих при их создании, является обеспечение надежности при эксплуатации в течение длительных ресурсов.

В ряду методов, обеспечивающих надежность и безопасность ядерных реакторов, рассматриваются также методы так называемой пассивной безопасности, повышающие уровень самозащитенности установки. Имеется ввиду создание в составе реакторной установки, без вмешательства оператора, конструктивных элементов, устраняющих последствия несправностей и аварий, приводящих к

выходу радиоактивных продуктов в окружающую среду. Например, надежный герметичный внешний корпус (контейнмент) и оболочки твэлов, гарантированно защищают окружающую среду от проникновения продуктов деления.

Применительно к исследовательским реакторам с высоким нейтронным потоком и некоторым другим типам реакторов с использованием жидко-металлических или газовых теплоносителей, возникает ряд специфических задач. Например:

В проекте реактора ЯЭУ (разработка Белорусского института ядерной энергетики) был использован диссоциирующий теплоноситель  $N_2O_4$  и возникла задача обеспечить коррозионную стойкость сердечника в

коррозионно-активных парах этого соединения при высоких температурах.

В твэле реактора СМ-2 (г. Димитровград, поток нейтронов до  $5 \cdot 10^{15}$  н/см<sup>2</sup> сек) актуально предотвращение локальных перегревов на границе топливо-оболочка при чрезвычайно высоких (12–15 МВт/м<sup>2</sup>) тепловых потоках с поверхности твэла.

Один из путей решения отмеченных выше проблем — создание дополнительного уровня защиты от выхода продуктов деления из топливного сердечника за счет локализации топливного компонента в микрообъемах, распределенных в матрице из неделящегося материала. В связи с этим в НПО «Луч» проводились комплексные технологическо-материаловедческие исследования композиционных топливных материалов матричного типа. Использовался принцип создания современных многокомпонентных композиционных материалов, в соответствии с которым каждый компонент выбирается в зависимости от функционального назначения, а затем оптимизируются количественные и структурные характеристики композиции. Таким путем удается получать материалы со свойствами, которые не могут быть достигнуты при использовании компонентов, взятых в отдельности. Примеры этого можно найти в технологии получения сверхпроводников, современных материалов для авиации и ракетной техники и т.п. В частности, даже в строении костей опорных органов животных природа использовала композиции, близкие по структуре к обсуждаемым.

Применительно к ядерному топливу, эффективным решением оказывается композиция, в которой топлив-

ная составляющая (например,  $UO_2$ , UN и др.) локализована в микрообъемах сферических частиц, каждая из которых имеет защитное покрытие из неделящегося металла. Выбор материалов и структурные характеристики композиции оптимизированы в соответствии с типом реактора и условиями его эксплуатации. Топливо такого типа разрабатывалось и ранее (например, в ФРГ). Однако широкое развитие этого направления не реализовалось в связи с отсутствием технологии, позволяющей изготавливать изделия, по стоимости сопоставимые с освоённой на твэльных заводах, и одновременно обеспечивающей компенсацию некоторого повышения расходов на применение усовершенствованных методов и оборудования за счет существенного повышения служебных характеристик сердечника и твэла на его основе.

В НПО «Луч» в конце шестидесятых и в течение семидесятых годов был выполнен обширный цикл научно-исследовательских материаловедческих и технологических работ, позволивших создать композиционные материалы топливных сердечников с уникальными свойствами. Отличительной чертой деятельности коллективов ученых и инженеров в этот период было взаимопроникающее взаимодействие конструкторов, материаловедов и технологов. Идеи рождались и проверялись без подчеркнутой фиксации «это мое!». И каждый из нас старался найти и отдать в общий результат что-то, ускоряющее достижение конечного итога и повышающее уровень разработки. Этот стиль работы был задан М.В. Якутовичем и такими руководителя-

ми научных отделов и лабораторий, как А.Л. Эпштейн, Б.Г. Игнатьев, Л.А. Ижванов, Л.Э. Бертина и другие. Следует отметить, что такой коллективный метод достижения конечного результата не помешал многим из упомянутых ниже сотрудникам защитить кандидатские и докторские диссертации.

Работы по керметным топливным композициям и твэлам на их основе на первом этапе проводились под активным научным руководством М.В. Якутовича. Он не только определял направление исследований, но и предлагал конкретные инженерные решения по конструкции и принципам работы технологических установок. Один из примеров — его непосредственное участие в создании установки и разработки режимов электро-химического нанесения покрытия: необходимо было обеспечить электрический контакт частиц с катодом в ванне и одновременно их непрерывное перемешивание для равномерного осаждения слоя на каждой частице. Михаил Васильевич предложил руководителю группы лаб. 61 Р.Б. Штрапениной несколько вариантов конструкции и вместе с ней выбрал наиболее эффективный. С 1974 г. научным руководителем работ по обсуждаемому направлению был назначен зам. директора института, Альберт Семенович Черников.

В создание прочной основы разработок по керметам существенный вклад внесли ученые и инженеры, совершенствовавшие и создававшие новые способы получения сферических частиц из диоксида и других соединений урана — рук. группы В.М. Боло-

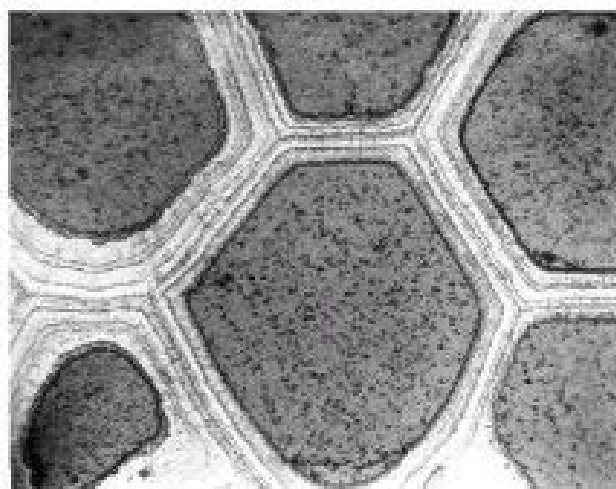
тов и инж. Е.Г. Либина (лаб.61), нач. лаб. Л.Б.Нежевенко и А.П. Гудович (лаб.142). В дальнейшем эти работы продолжались нач. лаб. В.А. Зайцевым и рук. группы И.И. Узморской (лаб.141) А.С. Маскаевым и рук. группы Е.В. Астаховой (лаб. 142, затем — лаб. 76)

Применение керамических сферических частиц в композиционных материалах в последние десять-двадцать лет интенсивно разрабатывается в мире. На каждой крупной международной конференции, например, Конференции по порошковой металлургии, которая проводится с интервалом 2 года поочередно в наиболее развитых индустриальных странах — США, Франции, Японии, Великобритании и т.д., регулярно представляется не менее десятка докладов по технологии и свойствам таких частиц.

Интересно представить себе суть проблемы применительно к композициям ядерного топлива на основе сферических частиц с наиболее часто используемым размером одной частицы — 0,5 мкм, количество частиц в одном твэле — не менее 10 000 000 000 шт.

К каждой частице предъявляются жесткие требования по размеру, плотности, характеристикам структуры, химическому составу и др. Это необходимо для обеспечения качества создаваемого на основе этих частиц композиционного материала топливного сердечника и твэлов с его использованием. Можно представить, насколько высокие требования предъявляются к технологии для надежного удовлетворения столь сложного комплекса характеристик.





*Структура кермета на основе металлической матрицы и топливных частиц*

В НПО «Луч» успешно развивались различные методы изготовления таких частиц.

На Опытном заводе был разработан и внедрен способ вибронакатки порошков диоксида урана — основной разработчик В.М. Болотов, руководитель группы лаб. 61. Этот способ отличается технологичностью, достаточно стабильным уровнем характеристик получаемых частиц. Это позволило использовать его при изготовлении твэлов для экспериментальных активных зон (более двух тысяч твэлов изготовлено, что обеспечило успешную работу экспериментальной установки в Институте ядерной энергетики, г. Минск, а также изготовление экспериментальных твэлов для ресурсных реакторных испытаний).

Одновременно разрабатывался метод гранулирования порошков диоксида и других соединений урана, идеолог и основной разработчик — старший научный сотрудник лаб. 142, А.П. Гудович. Метод основан на наложении вибраций на вытекающую из

калиброванного сопла струи подогретой смеси порошка диоксида урана с пластичным связующим. Этот способ характеризуется высокой технологичностью и производительностью, при этом гарантируется достижение высокой сферичности и регулирование пористости частиц в заданных узких интервалах величины.

Не менее важными были исследования по способам нанесения металлических покрытий на сферические частицы — в этом направлении успешно работали коллективы, руководимые проф. Ю.М. Королевым, сис В. И. Столяровым, рук. гр. Р.Б. Штрапениной.

В лаб. 146 под руководством А.А. Бабад-Захряпина развиты технологические исследования по созданию различного рода защитных покрытий, а также покрытий со специальными физическими свойствами методами: испарение — конденсация в вакууме, ионное распыление материала, плазменное распыление. Лаборатория обладала широким спектром современных методов по изучению структурных характеристик покрытий. В.В. Махинко широко использовал рентгенодифракционные методы и способы оптической и электронной микроскопии. Научные сотрудники лаб. 146, Р.Х. Жалилов, Н.А. Лазарев, В.И. Титов предложили и внедрили способы создания покрытий на сферические частицы из диоксида и нитрида урана, которые вошли в комплексную технологию керметных матричных композиций  $UO_2-Cr$ ,  $UN-Cr$ , разработанных для твэлов реактора установки 75А.

Хорошей основой для развития перспективных работ послужили раз-



*Лучшая половина лаб. 146 (1975 г.). Слева направо сидят: З.И. Охова, Л.Д. Олейникова, Г.А. Янчур, И.Б. Савватимова; стоят: Л.Р. Юшина, И.В. Прокудина, Г.В. Звезгина, Е.И. Сударикина, Н.И. Высокова, Т.Г. Комаренко, Т.Н. Кочетова*

работки хром-ниобиевых, цирконий-хромовых покрытий на сферических топливных частицах. Параллельно с развитием работ по созданию покрытий в лаборатории с 1965 г. развиваются работы по изучению повреждаемости материалов ионами малых энергий и влиянию облучения ионами на физико-механические свойства. Неожиданно новые результаты были получены И.Б. Савватимовой, В.А. Ромодановым в исследованиях по взаимодействию ионов малых энергий с поверхностью металлов. К сожалению, через несколько лет центром работ в этом направлении стали США.

Разработаны и внедрены на Опытном заводе методы нанесения покрытий методами газофазного восстановления фторидов тугоплавких металлов, электрохимического осаждения

хрома и никеля, магнетронного осаждения хрома. По каждому из этих методов не только найдены оригинальные инженерные решения, но и проведены глубокие научные проработки, признанные другими предприятиями отрасли и за ее пределами.

Завершающая стадия процесса изготовления керметного сердечника предполагает оптимизацию характеристик компонентов композиции — размеров, структуры и плотности топливных частиц, материала и структуры матрицы и т.д. Эта работа, в тесном контакте с технологами, создававшими приемы изготовления топливных частиц и нанесения металлических покрытий, конструкторами и материалововедами была скоординирована сотрудниками группы керметов лаборатории 61, затем лаборато-



*Работа научной мысли не ослабевает и на отдыхе (1986 г.).  
Дти Л.Н. Пермяков (слева) и проф. А.А. Бабад-Захрятин*

рии 141 (нач. лаб. ктн Л.А. Ижванов, дти В.А. Зайцев). В результате исследований созданы новые приемы прессования сердечника, обеспечивающие его уникальную структуру и уровень свойств. Предложен и внедрен на Опытном заводе способ скоростного изостатического прессования с использованием передающих давление сред на основе расплавленных стекол, совместно с сотрудниками Курчатовского института представлен на Международной Конференции по порошковой металлургии доклад, обобщающий влияние импульсных методов прессования керметных композиций на их структуру. Здесь, без сомнения, существенен вклад руководителя группы, затем — начальника отдела 140, дти Л.Н. Пермякова, научных сотрудников Ю.М. Королева, В.Д. Потехи-

на, ктн М.С. Пирогова, В.А. Стыканова, С.Е. Шмелева, М.Б. Копыловой.

И, наконец, комплекс процессов изготовления керметных сердечников разрабатывался при тесном взаимодействии с лабораториями и их научными сотрудниками, можно с уверенностью сказать — впервые в мире — изучившими структуру и свойства керметов на основе топливных включений, размещенных в объеме металлической матрицы. Коллективы подразделений и групп, разрабатывавшие не имеющих аналогов методики исследований физико-химических и структурных, теплофизических и прочностных характеристик, получили ряд уникальных результатов, внесли существенный вклад и в то, что относят обычно к задачам фунда-



*Сотрудники группы керметов лаб. 61 (начало 1970-х). Слева направо: 1 ряд: Л.Н. Пермиков, М.В. Зеленев, В.А. Стрыканов, С.Е. Шмелев; 2 ряд: С.М. Аверин, М.Б. Копылова, В.Д. Потехин, Е.Г. Либина, М.С. Пирагов, В.А. Конотоп*

ментальной науки. Ряд руководителей и научных сотрудников, определивших успех этого направления работ, включает такие имена как начальники лабораторий Л.Э. Бертина, Р.М. Альтовский, А.Г. Ланин, А.С. Панов, П.В. Зубарев, В.Г. Коссых, В.П. Исаков, руководители групп Н.А. Ландин, Л.А. Королев, Е.Т. Куликов, А.А. Антонов, Д.Н. Джаландинов, В.П. Попов и многие другие...

На базе исследованных свойств керметных композиций были предложены оригинальные составы композиций, приемы их получения и конструкции твэлов, получившие высокую оценку при обсуждении на научных конференциях, в публикациях, в том

числе и, многократно, за рубежом нашей страны. Следует отметить, что практическое использование материаловедческих и технологических исследований по керметам не было бы возможно без творческого и организаторского вклада руководителя работ А.С.Черникова, творчества конструкторов — начальника лаб. 144, В.Н. Киселева, нач. группы А.М. Казакова, снс, затем начальника лаборатории, С.С. Гаврилина, ведущего конструктора А.П. Никитюка, конструктора А.П. Глушковой и других. Характерно при этом, что в создаваемых проектах не просто использовались известные материалы, а, как правило, генерировались материаловед-

ческие и расчетные исследования, на основе которых конструкции получали характеристики, превышающие достигнутые в аналогичных разработках других предприятий в нашей стране и за рубежом. Можно назвать работы в содружестве с ОКБ «Гидропресс» и НИИАР, в частности, обоснование новой конструкции твэла ВВЭР с матричным сердечником, устойчивого в условиях максимальной проектной аварии (С.С.Гаврилин), экспериментальное доказательство возможности повышения температуры эксплуатации в жидко-металлическом теплоносителе оболочки из нержавеющей стали на  $\sim 100^\circ\text{C}$  по сравнению с ранее принятой и т.д.

В институте успешно разрабатываются керметные материалы не только с использованием топливных включений в виде сферических частиц, но и в виде тонких волокон. Такие композиции развиты на основе большого объема исследований по направлению ядерных ракетных двигателей для космоса и обладают рядом уникальных характеристик. Технологические и материаловедческие исследования позволили создать и изготовить твэлы для исследовательского реактора ИВГ-1М. В настоящее время проводится работа по созданию совместно с НИИАР твэлов для модернизирован-

ного высокопоточного исследовательского реактора СМ-2.

Ряд проектов, созданных в институте, был доведен до опытно-промышленного изготовления на Опытном заводе и поставки экспериментальных твэлов на реакторные испытания. До настоящего времени не было ни одного случая отказа твэлов при испытаниях в реакторах. Это, конечно, свидетельствует не только о высоком качестве работы исследователей-разработчиков композиций и конструкций, но и о высоком профессионализме специалистов Опытного завода, освоивших технологию, предложенную в институте, и изготовивших более 3 тысяч экспериментальных твэлов В.Н. Суворова. Прежде всего необходимо назвать Ю.И. Казиминова, В.Г. Коробочкина, Ю.А. Краснощекова, А.Н. Пилюгина и других сотрудников Опытного завода.

В завершение, приятно осознавать, что и в наступившем XXI веке керметные композиции продолжают использоваться. В НИИАР сегодня успешно проходят испытания керметных твэлов, разработанных в нашем институте в рамках отраслевой программы «Твэлы с повышенной безопасностью для ВВЭР-440» и изготовленных совместно с Электростальским машиностроительным заводом.

## РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТХОДОВ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Важное место в деятельности Института и Опытного завода, в части касающейся технологических работ с урансодержащими материалами, были работы по регенерации урана из

различного вида отходов, оборотов производства и брака изделий. Они, по существу, обеспечивали замкнутость технологического цикла по работе с ураном. Одновременно с этим

разрабатывались методы выделения урана из урансодержащих отходов не входящих в основной технологический цикл, таких как улавливающие фильтры вентиляционных систем, отработавшие масла вакуумных насосов и т.п. При этом разрабатывались соответствующие системы сжигания и последующего извлечения. Позднее в номенклатуру перерабатываемых материалов вошли не востребованные по разным причинам урансодержащие изделия.

Работы по регенерации урана в производственном масштабе после необходимых лабораторных исследований в лаб. 63 были начаты с организации в 1962 г. в цехе 6 специального отделения регенерации урана из брака и отходов уран-бериллиевых твэл. Инициатором и идеологом всех работ по регенерации урана и решению вопросов экологии при работе с ним в первый период была начальником химико-технологической лаборатории Л.Э. Бертина. С самого начала в лаборатории разрабатывались два направления: исследовались гидрометаллургические и газовые методы. Гидрометаллургическое направление возглавляла З.А. Прокофьева, имевшая большой опыт работы в урановой промышленности. После ее ухода на пенсию — Е.И. Михайличенко, который разработал и внедрил в производство технологические схемы по извлечению урана из самых разнообразных и сложных видов отходов, защитил кандидатскую диссертацию. Ведущим исполнителем работ в этом направлении с 1970 г. стала К.С. Юдина. Позднее, в работы по регенерации урана с использованием гидрометаллургических методов большой вклад

внес Б.П. Колесников. Газовые методы разрабатывались Ю.Н. Кузнецовым, Е.К. Лысенко, В.П. Исаковым.

Работы по регенерации на разных этапах велись в кооперации с НИИ-9, НИИ-10, РИАН.

В 1972 г. лаборатория 63 выступила инициатором и организатором работ на предприятии по защите окружающей среды. Научным руководителем этих работ стал Е.П. Жиров, пришедший в институт молодым специалистом и проявивший себя способным и изобретательным исследователем и конструктором. Были выявлены источники загрязнения воды в технологических процессах, сформулированы задачи, предложены мероприятия на длительный период. Разработаны методы очистки сточных вод от урана, бериллия, солей жесткости и других вредных примесей. Внедрение разработанных методов позволило очищать сточные воды предприятия до содержаний, не превышающих предельно допустимые уровни. Очищенные воды частично используются для подпитки водооборота. Активное участие в разработке технологии и аппаратного оформления процессов этого направления приняли Н.В. Боголапов, М.П. Цветков, А.Н. Пилюгин и многие другие.

Технологические схемы по извлечению урана из брака и отходов стали неотъемлемой частью всех технологических процессов производства разнообразных твэлов, разрабатываемых в институте. Наибольшее распространение получили экстракционные методы извлечения урана. Разработанные методы, как правило, внедрялись в производство. В цехе 8 — основном цехе по производ-

ству твэл на основе диоксида и карбидов урана в 1964 г. было организовано отделение по регенерации урана из брака и отходов, которое возглавлял М.С. Беляков. По разработанной в лаборатории схеме (пиро-гидролиз) в цехе 8 регенерированы все отходы, образовавшиеся в процессе производства твэлов для реактора «Ромашка». Отделение работало до 1980 г. Доведены до промышленного внедрения и некоторые газовые методы. На одном из предприятий отрасли был внедрен окислительный метод регенерации отходов производства твэлов реактора БИГР и осуществлена переработка отходов 1-й зоны этого реактора.

Объемы работ с топливными материалами в институте и Опытном заводе возрастали и потребовали создания специализированного цеха 1 по регенерации и переработке различных урансодержащих отходов, очистке сточных вод от различного рода

вредных примесей до экологически допустимого уровня.

С 1969 г. начались проектные проработки по созданию соответствующего цеха. Для его организации в 1970 г. со смежного предприятия был приглашен лауреат Ленинской премии Г.С. Малинин.

В первый период приоритет был отдан использованию возможностей оборудования имевшегося здания № 29. В 1975 г. были полностью завершены работы по вводу в действие модернизированной станции водоочистки, установок по сжиганию твердых отходов, участка дезактивации металла и участка упаковки отходов, не подлежащих регенерации, для отправки на захоронение с мощностями и технологиями, обеспечивающими потребности нашего предприятия и некоторых смежных предприятий.

Одновременно специализированными организациями выполнялись проектные работы по строительству и техническому оснащению нового производства по переработке урансодержащих отходов. В результате реализации проекта в 1979 г. был построен и оснащен технологическим оборудованием корпус 34 для комплексной глубокой переработки урансодержащих материалов из восстанавливаемых отходов, брака и оборотов производства с получением из них готовой продукции на уровне требований Отраслевых стандартов в виде закиси, окиси или диоксида урана.

Учитывая потребности предприятия и смежных организаций Минатома, организованное производство было ориентировано на комплексную переработку необлученных материалов на основе высокообогащенного



*Здание 34. В нем осуществляется переработка урансодержащих материалов*



*Здание 29. Проведение очистки и утилизации невозстановляемых отходов*

урана (обогащение по урану 235 от 21% и выше). Производственные и технологические мощности были рассчитаны на переработку достаточно сложных типов материалов в виде уран-циркониевых, уран-ниобиевых композиций с высокой долей примесей и одновременно позволяло осуществлять переработку карбидных и карбонитридных композиций урана.

Компоновка оборудования и достаточно гибкая технологическая схема позволяли после необходимых исследований и предварительного опробования перерабатывать широкий спектр других типов материалов и композиций на основе высокообогащенного урана.

Уже в 1981 г. цех 1 вышел на полную проектную мощность по перера-

ботке отходов с выпуском из них материалов высокой степени очистки, пригодных для возврата в ядерно-топливный цикл. Большой вклад в эти работы внес коллектив цеха, его ведущие специалисты и руководители Г.С. Малинин, М.С. Беляков, А.Г. Прохоров, И.П. Дормидошин, О.Н. Филатов. Деятельность цеха на всем ее протяжении проходила в тесном взаимодействии с научно-исследовательскими лабораториями института, сотрудники которых принимали участие в разработке технических заданий на проектирование нового оборудования, его испытаниях, отработке режимов проведения отдельных технологических операций в лабораторных условиях. В отдельных случаях, когда аппаратурные возможности цеха не позволяли проводить некоторые операции, а лаборатории имели такие возможности, осуществлялась необходимая кооперация. В 1993 г. цех и оба входящих в него производственных отделения (в зданиях 34 и 29) перешли из состава акционированного Опытного завода в состав Института, сохранившего государственную форму собственности.

В 1993 г. было прекращено большинство из программ, связанных с опытно-промышленным изготовлением изделий на основе высокообогащенного урана, соответственно, на предприятии резко сократилось количество образующихся урансодержащих отходов и оборотов. Как следствие этого, остро стала проблема дальнейшей судьбы этого достаточно уникального производства. Конечно, наиболее простым решением было бы полное закрытие того отделения цеха, которое было ориентированно на пе-



переработку урансодержащих материалов, ибо его переключение на другие работы потребовало бы значительных финансовых и ресурсных вложений, что в условиях галопирующей инфляции было бы невозможно.

Однако в институте было ясное понимание, что созданное производство в определенном смысле уникально, имеет достаточно гибкие технологические схемы переработки, то есть с применением имеющегося в институте научно-технического потенциала может быть достаточно легко адаптировано к самым разнообразным типам композиций урансодержащих материалов. Кроме того, во-первых, ряд предприятий Минатома продолжает работы, необходимые как для атомной энергетики, так и нужд обо-

роны, а во-вторых в условиях рыночной экономики, неизбежно встанут вопросы возврата запасов урана из не востребовавшихся по разным причинам урансодержащих изделий в ядерно-топливный цикл.

В период с 1993 по 1996 гг. производственные мощности цеха были ориентированы как на традиционную переработку уран-циркониевых отходов и оборотов в рамках кооперации с «Машиностроительным заводом» г. Электростали, так и на переработку имевшихся на предприятии материалов в виде не востребовавшихся изделий и образцов по ранее выполнявшимся программам разработки новых видов топлив. Необходимость подобных работ диктовалась тем, что накопленные и неиспользуемые запасы таких мате-



*Сотрудники цеха по переработке отходов (2003 г.). Слева направо: сидят — П.А. Рыжков, В.В. Чистова, О.Н. Филатов, Г.Ф. Ромоданова, Г.П. Солдаткина, Е.И. Пономарева, С.А. Игульников, В.Ф. Баркова, В.П. Козлов. Стоят — В.С. Данилов, Б.М. Тараскин, А.Ю. Мордвищев*

риалов были достаточно велики и начинали создавать целый ряд радиологических проблем. В течение этого же периода в рамках целевых вложений Минатома и банковских кредитов в цехе был проведен ряд усовершенствований и модернизаций технологического оборудования как для повышения производительности отдельных процессов, так и для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации базовых цепочек. С этого времени начался новый период в деятельности цеха который характеризуется, наряду с сохранением традиционных направлений, переработкой новых видов отходов и вводом в эксплуатацию новых видов оборудования.

В период с 1998 по 2001 гг. были разработаны и опробованы в произ-

водственных условиях новые технологии переработки уран-молибденовых сплавов, уран-карбидных соединений и уран-алюминиевых композиций в оболочке из нержавеющей стали. В поддержку и обеспечение этих работ были проведены дополнительные усовершенствования систем и средств для утилизации образующихся отходов в здании 29. В результате их выполнения в 2000 г. был введен в эксплуатацию фильтропресс для отходов реакгентной очистки жидких сбросов, проведена значительная модернизация оборудования для обеспечения радиационной безопасности. В 2001 г. были завершены монтажные и пуско-наладочные работы по вводу в действие новых мощностей и технологий для электрохимического растворения из-



*Работа по переработке урана в перчаточных герметичных боксах*



*Дозиметрический контроль участка цеха*

делий и материалов на основе уран-алюминиевых сплавов в оболочках из нержавеющей стали.

Большой вклад как в сохранение этого уникального производственного комплекса, так и в его дальнейшее развитие внес директор Отделения «Техно-Луч» В.П. Денискин. В 1996 г. в рамках межправительственного соглашения между Россией и США в области усовершенствования систем учета, контроля и физической защиты (УКФЗ) ядерных материалов в здании 34 при активном участии и под руководством зам. директора НИИНПО «Луч» П.П. Мизина были начаты работы по коренной модернизации этих систем. Следует отметить, что все эти

работы выполнялись в условиях непрерывного круглосуточного режима работы с полной загрузкой производства основными процессами по переработке материалов и отходов. Тем не менее уже в 2000 г. основные усовершенствования систем физической защиты, включая реконструкцию помещений, были завершены.

В 1999 г. на производственной базе цеха в рамках сотрудничества с США в области обеспечения сохранности и защиты ядерных материалов был начат и успешно развивается совместный проект «Консолидация и Конверсия Ядерных Материалов на основе Высокообогащенного Урана». Целью проекта является коренное

усовершенствование защиты и сохранности урана высоких степеней обогащения.

Таким образом в результате комплекса научно-исследовательских, опытно-конструкторских мероприятий создана уникальная полупро-

мышленная база, успешно выдержавшая период перестройки и связанных с ней преобразований, по регенерации урана из различных отходов, брака и невостребованных изделий с обеспечением экологической чистоты производства.

## ГАЗОФАЗНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Работы по газофазной металлургии металлов и газофазной металлургии тугоплавких соединений начаты в институте практически одновременно разными подразделениями и затем велись параллельно, в зависимости от поставленных задач и вида технологии.

Развитие в начале 60-х годов газофазной металлургии вольфрама было вызвано необходимостью создания катода термоэмиссионного преобразователя. Очень быстро это направление выросло в газофазную металлургию других тугоплавких металлов — молибдена, ниобия, тантала и стало одним из важнейших технологических работ института по тугоплавким металлам. Появление этого направления, в какой-то мере, стало возможным благодаря счастливому стечению обстоятельств. Это произошло следующим образом. Начальник отдела А.Л. Эпштейн и руководитель группы электрохимии Р.Б. Штрапенина, будучи в Институте физической химии АН СССР летом 1962 г. и интересуясь вопросами получения вольфрама с использованием методов электрохимии ознакомились с работами А.И. Красовского по получению вольфрамовых покрытий на нагретой графитовой поверхности путем восстановления гексафторида

вольфрама водородом при относительно низких температурах. Они рассказали об этом начальнику металлургической лаборатории Л.А. Ижванову, имевшему опыт по иодидному рафинированию циркония — процессу, который так же можно отнести к газофазным металлургическим процессам. Он поручил проведение экспериментов по восстановлению гексафторида вольфрама водородом недавно поступившему в лабораторию молодому специалисту Ю.М. Королеву в группе В.И. Столярова. Ранее эта группа занималась исследованиями по разделению циркония и гафния методом ректификации хлоридов под давлением. Семя попало на благодатную почву и вызвало в группе порыв энтузиазма. В.И. Столяров и Ю.М. Королев стали примером эффективного творческого содружества. К работе был подключен инженер лаборатории 63 Ю.Н. Кузнецов. В состав группы также вошли 3 аппаратчика. Работа получила поддержку М.В. Якутовича, который уделял ей большое внимание. Группа начала свою работу с получения гексафторида вольфрама, используя имевшийся в лаборатории 63 маленький электролизер для получения фтора. Необходимая для этого аппаратура создава-

лась участниками группы при активной помощи механика лаборатории 61 П.П. Гуськина. Гексафторид вольфрама в количестве 1 кг был получен уже через 2 недели.

К моменту получения гексафторида вольфрама были сконструированы и изготовлены установки:

- для получения вольфрамовой трубки осаждением на внутренней поверхности медной подложки;
- для нанесения вольфрамовых покрытий на частицы диоксида циркония в «виброкипящем слое».

В дальнейшей работе технология и аппаратура постоянно совершенствовались. Вольфрам осаждался на наружной поверхности медной подложки, что обеспечивало получение внутренней поверхности требуемого качества, а наружная поверхность подвергалась обычной шлифовке (если это требовалось). Для этого были созданы аппараты иной конструкции и проведены исследования по обеспечению равномерного осаждения вольфрама, как по диаметру, так и по длине получаемого изделия. Освоение этой технологии открыло широкие возможности для получения разнообразных изделий из вольфрама, которые невозможно было изготовить другими методами.

После осуществления в 1963 году синтеза гексафторида молибдена и его восстановления водородом до металлического молибдена был разработан процесс нанесения молибденовых покрытий на сферические частицы диоксида урана диаметром 50—150 мкм, на основе которых изготавливались дисперсионные тепловыделяющие элементы для высокотемпературных реакторов с жидкотеплоносителем.

В этот период группа работала сначала на привозном фторе, а затем был изготовлен и пущен в эксплуатацию собственный электролизер для получения элементарного фтора производительностью до 1 кг фтора в час.

Для фторирования вольфрама и молибдена использовали порошки или скрап этих металлов. В случае использования вольфрама в качестве материала катода или покрытий для термоэмиссионных преобразователей и другого применения в атомной технике исходным сырьем служил гексафторид изотопа вольфрама-184, получаемый со смежного предприятия.

Группа сотрудников лаборатории 61 пополнилась инженерами Н.В. Победашем и А.В. Рычаговым, а также аппаратчиками М.В. Тарасенко, А.П. Жарниновым и В.Ф. Соловьевым. Двое последних вскоре стали инженерами, а В.Ф. Соловьев в дальнейшем защитил диссертацию по тематике группы.

Ю.М. Королев оказался талантливым и рационально мыслящим исследователем. Он обладал удивительной способностью извлекать из чисто технологических экспериментов необходимую информацию для получения физико-химических характеристик, определяющих термодинамику и кинетику процесса. Непрерывное совершенствование процесса позволило вскоре получать заготовки для катодов термоэмиссионного преобразователя необходимой формы и размеров, сводящих к минимуму механическую обработку. Вскоре процесс был распространен на получение вольфрамовых покрытий на сферические частицы из диоксида урана в виброкипящем слое. По результатам этих работ

Ю.М. Королев защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертации.

На основе разработанных технологических процессов в цехе 8 (нач. цеха Д.С. Львовский, технолог цеха Ю.И. Казимиров) были созданы два участка. Один производил порошок диоксида обогащенного урана с молибденовым покрытием для проведения опытно-промышленных испытаний по всему циклу от создания высокотемпературных тепловыделяющих элементов до их полномасштабных реакторных испытаний.

Другой участок производил товарную продукцию — трубы из вольфрама различного сортамента, которые использовались, как правило, для создания экспериментальных, часто крупномасштабных, установок в новых отраслях техники. На этом участке было изготовлено более 1 тонны вольфрамовых труб диаметром от 4 до 40 мм с различной толщиной стенки.

На следующем этапе была разработана технология получения толстостенных трубных заготовок из вольфрама высокой чистоты со сложной структурой, которые в лаборатории 44 (нач. лаб. И.И. Корнилов) подвергались экструзии и последующей прокатке с получением более прочных и технологичных труб из высокочистого вольфрама. Принципы разработанной технологии были переданы в НИИ ТП, где был создан специализированный участок для получения крупногабаритных изделий переменного сечения из вольфрама. В этот период были получены изделия из вольфрама типа тигля (ампулы, стаканы и т.д.). Первые тигли из вольфрама были использованы в лаборатории 61 для дистилляции иттрия.

Одновременно с прикладными разработками проводились достаточно глубокие исследования физико-химических основ и механизма водородного восстановления фторидов вольфрама, молибдена, тантала и ниобия, которые позволили расширить возможности используемых методов. В 1970—1971 гг. была разработана технология нанесения молибденового покрытия на внутреннюю поверхность трубчатого анода термозмиссионного преобразователя. В те же годы была разработана технология нанесения вольфрамового покрытия толщиной 0,2 мм на наружной поверхности трубчатого катода из монокристалла молибдена. Такая конструкция катода позволила существенно улучшить его эмиссионные характеристики. Техника нанесения покрытия достигла столь высокого уровня, что изделия после нанесения покрытий не требовали механической обработки. Они подвергались лишь избирательному электрохимическому травлению для улучшения поверхности огранки.

В дальнейшем эта технология была использована для нанесения покрытий из вольфрама, обогащенного изотопом-184, при этом был организован практически полный сбор неиспользованного вольфрама, его переработка с получением гексафторида вольфрама и возврат на стадию нанесения покрытия. Этот технологический процесс затем был модернизирован с целью получения монокристалльного покрытия из вольфрама.

Технологические исследования по газофазной металлургии в первую очередь вольфрама и молибдена, а

также ниобия и тантала дали обширный материал для оформления кандидатских диссертаций А.В. Рычагову, Н.В. Победашу, В.Ф. Соловьеву, выполненных под научным руководством Ю.М. Королева.

Учитывая привязанность деятельности группы газофазной металлургии лаб. 61 (рук. В.И. Столяров) к термоэмиссионной тематике она была преобразована в 1975 г. в специализированную лабораторию 53, которую возглавил Ю.М. Королев. После ухода Ю.М. Королева из института во ВНИИТС, где впоследствии он стал директором, лабораторию под новым номером 161 в 1998 г. возглавил В.Ф. Соловьев.

Результаты исследований и опыт работы, полученные при восстановлении водородом вольфрама из его гексафторида и других тугоплавких металлов оказались полезными и были использованы для восстановления водородом хлоридов и бромидов вольфрама как в нашем институте, так и в других организациях (МИФИ).

В 1975 г. для решения вопросов по разработке катодного узла ТЭП в лаборатории была создана группа, основной задачей которой являлось создание технологии получения труб из монокристаллического вольфрама методом химических транспортных реакций. Группу возглавил В.П. Янчур. За короткий срок в тесном сотрудничестве с кафедрой МИФИ под руководством проф. А.И. Евстюхина были разработаны аппаратура и технологические режимы получения монокристаллических осадков из вольфрама, а затем и из сплава вольфрама с ниобием. Технология была

внедрена в цехе 10, использовалась и используется в настоящее время при изготовлении катодов ТЭП. Основной вклад в решение этих вопросов наряду с В.П. Янчуром внесли В.П. Смирнов, Ю.И. Сидоров, О.Д. Чепель. По результатам этих работ В.П. Смирнов и Ю.И. Сидоров защитили кандидатские диссертации.

В 1979 г. перед лабораторией была поставлена задача по получению дисков большого диаметра из высокоплотного высокочистого вольфрама, а затем и из сплавов на основе вольфрама. Ее решение было поручено А.В. Черенкову — молодому специалисту, выпускнику МИТХТ. Оно потребовало создания нового класса установок для получения изделий методом водородного восстановления фторидов тугоплавких металлов, а также разработки аппаратуры и технологических приемов по глубокой очистке исходных материалов (фторидов). Успешное решение этих вопросов значительно расширило возможности газофазной металлургии особенно в области изготовления изделий народно-хозяйственного назначения. Основными из этих задач являлись нанесение эмиссионного слоя из вольфрама и сплава W-Re на аноды рентгеновских трубок и изготовление тиглей различной номенклатуры для плавки тугоплавких материалов. Основная заслуга в их решении принадлежит А.В. Черенкову, Г.С. Шилкину, С.К. Романову, М.В. Тарасенко — в части изготовления изделий методом водородного восстановления фторидов, В.П. Смирнову и Л.Е. Кошкину — в части получения монокристаллических изделий методом химических транспортных реак-



ций, а также руководству отделения «Исток».

Работы по газофазной металлургии тугоплавких соединений были начаты в лаб. 43 (нач. Ю.Л. Кудрявцев), в связи с разработкой технологии изготовления ТВЭЛ ЯРД на графитовой основе.

Предлагалась следующая технология изготовления: пористая заготовка графита пропитывается солями урана из растворов, затем проводится термическая обработка заготовки, создающая на ее поверхности защитное карбидное покрытие, которое должно было обеспечивать работоспособность изделий в жестких условиях эксплуатации при температуре до 3100 К в потоке водорода. Задача получения пористой заготовки решалась совместно с организациями, специализирующимися на изготовлении графита (ФВНИ-ЭМ, ВНИИГрафит). Однако собственно технология по созданию покрытий на пористой графитовой матрице не дала положительных результатов.

Комплекс исследований структуры и свойств покрытий, а также стендовые испытания в условиях, приближенных к натурным, показали недостаточную надежность защиты графитового сердечника от взаимодействия с водородом покрытиями, получаемыми этим методом. Требовалось радикальное решение вопросов по повышению стойкости самого урансодержащего сердечника и по технологии формирования защитного покрытия на нем.

В конце 1963 г. руководство работами по нанесению защитных покрытий взял на себя В.Ф. Функе, участник Великой Отечественной войны, офицер в отставке, кандидат техни-

ческих наук — имевший богатый жизненный опыт и опыт ученого. До поступления в НИИ ТВЭЛ он работал во ВНИИТС на должности заместителя директора по науке и многое сделал для организации систематических исследований в области технологии получения и изучения свойств твердых сплавов. Начало работ ознаменовалось революционным решением — отказом от графитовой основы твэла и переходом к сердечнику из твердого раствора карбидов циркония и урана. Затем последовал отказ от формирования карбидного покрытия за счет углерода, доставляемого из подложки, и предложен метод осаждения карбидов из газовой фазы, в которой содержится и карбидообразующий металл и углерод. Такой метод позволял получать покрытия не только на графите, но и на металлах и различных тугоплавких соединениях.

Ввиду крайней ограниченности данных по получению тугоплавких карбидов из газовой фазы, не позволяющих выявить области технологических параметров, а тем более конкретные режимы получения покрытий, были исследованы общие закономерности процессов их осаждения. В качестве объекта исследований была выбрана парогазовая смесь, состоящая из хлорида металла (циркония, ниобия, тантала или вольфрама), метана и водорода. С целью максимального сокращения сроков разработок было решено отказаться от использования больших, инерционных, предназначенных для производственного выпуска установок и перейти на работу на лабораторных аппаратах, позволяющих проводить не менее одного эксперимента в сутки.



Под руководством В.Ф. Функе эти исследования проводили: Н.С. Ямков, А.А. Клементьев, В.А. Колчанов, В.В. Косухин и А.И. Тютюнников. Интенсивные работы продолжались в течение 1964—1966 гг. В 1966 г. сектор В.Ф. Функе, в связи с тем, что основной тематикой его стало получение карбидов, был переведен из лаб. 43 в лаб. 42, а в 1971 г. на основе сектора была образована лаборатория 123.

Для размещения оборудования было выделено помещение на верхнем этаже пристройки корп. 1 максимально приспособленное для работы с водородом. Были сконструированы, изготовлены и смонтированы специализированные установки для нанесения карбидных покрытий на стержневые твэлы и конструкционные элементы (ПКП-6), а также для изготовления слоистой карбид-графитовой теплоизоляции (ППСК).

Технологические изыскания требовали проведения экспрессного анализа состава, структуры и свойств получаемых материалов. С этой целью в лаборатории были организованы группы металлографического и рентгеноструктурного анализа под руководством молодых специалистов выпускников МИСиС В.В. Косухина и И.В. Пшеничного.

Систематизация результатов исследований позволила выявить общие закономерности формирования осадков из газовых смесей, состоящих из галогенида металла, углеводорода и водорода, сформулировать общий подход к выбору компонентов газовой смеси и диапазона их концентраций для получения однофазных карбидных покрытий, а также возмож-

ность получения других тугоплавких соединений (нитридов, оксидов).

Неожиданным явилось образование слоистых по структуре осадков, состоящих из чередующихся слоев карбида и пироуглерода, происходившее при неизменных технологических параметрах процесса осаждения. Таким образом родился новый материал, в просторечии называемый «слоенкой». Исследование свойств показало перспективность его использования в качестве высокотемпературного эрозионноустойчивого теплоизоляционного материала. В 1972 г. принято решение об использовании «слоенки» для наиболее напряженных участков технологических каналов ЯРД. Лабораторные и стендовые испытания экспериментальных образцов этих изделий показали высокие эксплуатационные характеристики. Ограниченные возможности и техническое несовершенство участка газофазного осаждения в корпусе 1 требовали размещения лаб. 123 в корпусе 104 на новой территории. В 1978 г. лаборатория располагала площадью 412 м<sup>2</sup>, из них под технологическое оборудование отведено 220 м<sup>2</sup>. Состав лаборатории к концу 1985 г. увеличился до 14 ИТР и 11 рабочих. Переход к использованию установок производственного назначения выдвинул на первый план решение чисто технических вопросов, связанных с обеспечением требуемого качества изделий по равномерности толщины и состава осадка при достаточной производительности.

Выпуск «слоенки» производился силами И.В. Пшеничного, А.И. Тютюнникова, В.В. Косухина в лабора-



*Чествование в 1987 г. юбиляра ктн И.В. Пшеничного в связи 50-летием.  
Слева направо: ктн Ю.Л. Кудрявцев и ктн В.Ф. Функе*

тории 123 и В.И. Мосина, М.В.Сухо-рукова в цехе 10.

Разработанные методы нанесения покрытий позволили использовать их более широко — для защиты чехлов зонных термопар и импульсной трубки каналов установки ЯРД. Предложенные технологические режимы и аппаратура помимо обеспечения достаточной производительности гарантировали необходимое качество поверхности покрытий, равномерность их толщины по длине изделий, что позволяло исключить операции механической размерной обработки.

Для снижения выноса урана из твэлов ЯРД были разработаны процессы нанесения на них покрытий из карбида (нитрида) циркония. Изго-

товленные партии стержневых твэлов с покрытием при испытаниях в Объединенной экспедиции в условиях близких к натурным показали хорошие результаты.

Наибольший вклад в эту разработку внесли В.В. Косухин, И.В. Пшеничный, В.Г. Фетисов, В.А. Завгородний, А.В. Гусев, А.С. Ветчинин, А.М. Шкабров, А.П. Абрамова, В.А. Старцев, А.Г. Осипов, Т.И. Антонова.

Дальнейшее развитие работы по получению покрытий из карбида циркония и композиционного материала карбид циркония — пироуглерод получили при изготовлении сферических элементов с диаметрами различных размеров от 0,5 до 4 мм. Техно-



*«Восемь девчонок один я». В.Ф. Функе среди сотрудниц группы металлографии своей лаборатории (1986 г.). Слева направо: Г.И. Котова, А.П. Абрамова, Г.Н. Осипова, А.А. Шейкина, В.Ф. Функе, Т.И. Антонова, Р.П. Митина, Г.Н. Шестакова, Е.Н. Фетисова*

логическая оснастка и режимы существенно отличались от тех, которые применялись при нанесении покрытий на стержневые элементы. Позднее отработаны технологические параметры нанесения покрытий на стержневые твэлы и на сферические элементы большого диаметра из карбонитридов циркония.

Эффективность отработки технологических процессов в значительной мере определялась тем, что образцы и изделия — результат проведенного процесса, сразу же отдавались на приготовление металлографических шлифов и рентгеноструктурный анализ. Группа металлографии готовила

шлифы быстро и профессионально, что, после их изучения совместно с технологами, позволяло уточнять и изменять параметры отработки технологических процессов.

Разработанные процессы нанесения покрытий из тугоплавких соединений методом газофазной металлургии были успешно опробованы для нанесения соответствующих покрытий из карбида циркония на микротвэлы ВТГР.

Достаточно широко исследованы также возможности получения покрытий из нитрида алюминия, нитрида кремния, карбида кремния и дисилицида молибдена применительно к установкам специального назначения.

За время существования лаборатории был разработан целый ряд оригинальных технологий в области газофазной металлургии тугоплавких соединений, нашедших применение при разработке изделий специальной техники. Новизна и оригинальность технических решений подтверждена большим количеством (более 70) изобретений, созданных сотрудниками лаборатории в процессе ее деятельности.

В период конверсии из-за существенного сокращения работ по основной тематике и почти полного сокращения финансирования численность лаборатории сократилась более чем вдвое и лабораторию постигла

участь других лабораторий, сопровождающаяся как ликвидацией отдельных подразделений, так и их размежеванием и слиянием. Учитывая уникальность метода и его возможности в 1999 г. в составе отделения «Исток» создана лаборатория газофазной металлургии тугоплавких металлов и соединений во главе с кадровым работником, имеющим большой опыт работы в этой области ктн В.В. Косухиным. За период с 1999 по 2002 г. значительно расширен и продолжает расширяться производственный потенциал лаборатории как в области решения задач конверсионного плана, так и в области традиционной тематики отделения «Исток».

## **ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

В биографии нашего Института есть много поучительных примеров жизни и деятельности исследовательских и технологических лабораторий. Но, пожалуй, лаборатория обработки давлением представляет идеальный образ технолого-материаловедческого направления института. В ней есть все — материаловедческое происхождение, родство с производством, верность идеям и руководителям, честность и благородство, требовательность и организованность, традиции коллективизма и пренебрежение личным во имя общего и, наконец, мужество. Лаборатория обработки давлением вошла в состав Института как вполне зрелый творческий коллектив профильных дипломированных инженеров, техников и рабочих, исповедовавший в обработ-

ке металлов давлением физико-химическое направление. Количественный и качественный состав оборудования и помещений, которым располагал коллектив, почти достигал критмассы, достаточной для начала автономной жизни лаборатории. И, наконец, хотя и контурными линиями, но были очерчены границы профессиональных интересов и притязаний лаборатории, а именно: создание новых конструкционных и топливных материалов, исследования реологического поведения материалов при деформировании, разработка процессов и технологий деформирования материалов, выпуск экспериментальных образцов и изделий. К этому жизненному этапу лаборатория шла с июня 1948 года, когда на Опытной установке ГИРЕДМЕТА лаборатория

механических испытаний была переименована в лабораторию обработки давлением. Тогда стартовый капитал лаборатории составляли восемь человек, включая начальника лаборатории Анатолия Дмитриевича Папкова — единственного на всех дипломированного техника по специальности обработка металлов давлением, две небольшие комнаты в полуподвальном помещении, машина для испытаний на растяжение, твердомер, микроскоп, прокатный и волочильный станы с ручным приводом.

С первых дней лаборатория включается и в период 1948—1950 гг. проводит работы по обработке давлением металлического тория, бериллия, титана и циркония. Первой и ответственной продукцией лаборатории были прутки из тория диаметром 10 мм, проволока диаметром 2 мм и лента толщиной 0,5 мм, длиной до 2 м.

1951 г. отмечен для лаборатории переездом в новое помещение — в пристройку к корпусу 1. Впереди будут новые новоселья, но первое останется в хронике лаборатории как веха, с которой началось ее техническое переоснащение. В помещении лаборатории создаются условия для проведения исследований пластических и иных свойств металлов, процессам прокатки, прессования иковки.

Ко времени создания Института лаборатория имела богатый опыт работы по обработке давлением тория, бериллия, урана и изготавливала изделия из некоторых топливных композиций. Из работ раннего периода следует выделить:

- Разработку и внедрение в практику фундаментальных представле-

ний по обработке давлением металлов в пластических оболочках, считавшихся ранее хрупкими.

- Разработку технологии получения тонкостенных труб из циркония, которая была внедрена на Кольчугинском заводе по обработке цветных металлов им. С. Орджоникидзе. Трубы использованы в конструкции энергетических реакторов атомного ледокола «Ленин» и Воронежской АЭС. Творческий вклад лаборатории был отмечен правительством и в коллективе появился первый технолог — орденосец И.И. Корнилов, награжденный орденом Трудового Красного Знамени.

- Разработку основ обработки давлением бериллия, вначале совместно с НИИ-9 (Н.М. Богорад), получению экструдированных прутков круглого, квадратного и шестигранного сечения, штамповку полусфер и прокатку вакуумной ленты толщиной 0,2 мм для рентгеновских трубок.

- Применение новых для урана процессов обработки давлением.

До начала работы с металлическим ураном считалось, что технический уран не пластичен и для него непригодны методы ударного деформационного воздействия. Но лаборатория уже в первых работах отвергает устоявшиеся каноны и вводит в практику обработки урана ротационную ковку, штамповку на молоте и плоскую прокатку в калиброванных валках.

В 1956 г. лаборатория приступает к созданию и исследованиям уран-циркониевых сплавов к 1960—1961 гг. формирует представления о структуре и свойствах сплавов, содержащих от 5 до 26% урана, и их поведении в

технологических переделах. Результаты работ вошли в основы реакторного материаловедения и открыли для лаборатории дорогу в новое направление — создание полномасштабных твэлов.

Первыми из них стали трубчатые уран-циркониевый и уран-алюминиевый твэлы. Изготовление твэлов было задумано как совместное прессование топливного сердечника и оболочки и затрагивало целинные области обработки и сварки разнородных материалов давлением. Дополнительные проблемы для U-Al изделий создавала геометрия многослойной оребренной трубы. Технология собиралась по крохам и финишировала как первый в СССР унифицированный процесс производства многослойных ребристых твэлов. Успешному решению задачи в значительной мере способствовала изобретательность В.И. Зайцева, С.С. Семилетова, В. Ершова. Технология открыла для лаборатории новый этап работ: создание тепловыделяющих сборок (твс) и сборки твэлов. Для этого лаборатория объединила под своим началом процессы и технологии сварки (группа А.В. Шибанова, которая в дальнейшем выделится в самостоятельную лабораторию), неразрушающего радиографического контроля (группа С.И. Евстигнеева), механических испытаний и металлографического контроля (группа З.Я. Казмировой), стенды и стендовые испытания (А. Белов).

Первые советские исследовательские реакторы и физстенды МР, МИР, АРБУС, ВМ-1МЦ, УЭМТ комплектовались многоканальными твэ-

лами и твс, изготовленными в лаборатории. Ребристые оболочки из алюминиевых и циркониевых сплавов не имели аналогов в СССР. По завершении этих работ лаборатория получает новое помещение, где располагается и по сей день.

В 1960 г. начальником лаборатории обработки давлением становится И.И. Корнилов, который молодым специалистом пришел в лабораторию и за 11 лет работы в ней проявил себя как высококвалифицированный инженер-исследователь и способный организатор. В том же году лаборатория выходит из состава научно-исследовательского отдела Опытного завода и переводится в технологический отдел Подольского научно-исследовательского института тепловыделяющих элементов (НИИТВЭЛ). Отделом руководил опытный инженер и замечательный человек Б.Г. Игнатъев. В 1962 г. Институт возглавил крупный металлофизик М.В. Якутович, который и инициировал металлофизическую направленность исследований.

В период 1960—1964 гг. лаборатория омолодила кадровый состав выпускниками московских вузов (МИЦМиЗ, МАТИ) и рабочими. Сохраняя топливную тематику, она добавила к ней новые классы материалов — редкоземельные и тугоплавкие металлы и сплавы и, продолжая технологические разработки, сделала первые шаги в сторону исследований физики и механики процессов.

Продолжив изучение топливных материалов, впервые были разработаны расчетные методы определения

деформационных режимов многослойных и полых изделий сложного профиля. Практически для каждого из исследованных сплавов определены критические параметры режимов деформирования, установлена связь свойств с технологическими режимами обработки и построены диаграммы структурных состояний исследованных сплавов. На этой основе созданы технологии изготовления металлических шаровых твэлов диаметром 5 мм из сплавов циркония с 1,5% и 23% вес. урана и крестообразных многослойных твэлов, которые обеспечили натурными изделиями опытно-конструкторские разработки Института. Наконец, исследования сплавов циркония — это две первые кандидатские диссертации, защищенные сотрудниками лаборатории В.Г. Осинцевым (1967 г.) и И.И. Корниловым (1971 г.).

Лаборатория соприкоснулась с редкоземельными металлами, когда на Опытном заводе уже шел их систематический выпуск. Лаборатория одной из первых в стране разрабатывает технологии получения ленты, листов и труб из иттрия, диспрозия, гольмия и эрбия и подробно изучает механические свойства и структуру иттрия разной чистоты, сплавов иттрия с церием, с ураном. Объем и уровень выполненных исследований и технологических разработок процессов прессования, волочения, трубной прокатки и прокатки в калибрах позволили надежно проектировать изготовление прутков, труб, проволоки и профилей. Продукция лаборатории — иттрий-урановый сердечник твэла, биметаллическая трубная оболочка иттрий-молибден (или нио-

бий) для гетерогенного теплового реактора с жидкометаллическим топливом, проволока диаметром 1 мм для нейрохирургии, трапециевидные стержни для замедлителя активной зоны физической сборки высокотемпературного реактора в ГНЦ им. И.В. Курчатова — являлись тому подтверждением. Основы технологий производства изделий из иттрия составили предмет кандидатской диссертации сотрудника лаборатории Л.Н. Соловьева.

Необходимость создания высокотемпературных твэлов для специальных реакторных установок и термопреобразователей послужила основанием для начала работ с тугоплавкими металлами. В те годы перспективы космических полетов пробудили во всем мире интерес к молибдену, вольфраму, ниобию и хрому. Но высокая хрупкость тугоплавких металлов делала проблематичным их использование в новой технике. Уровень научных исследований и технологических разработок на тот момент был очень далек от потребностей. Вспоминается, как в одной из иностранных публикаций, относящейся к технологии изготовления вольфрамовых труб говорилось, что в результате выполненных исследований «...был получен образец, отдаленно напоминающий трубу» и приводилась фотография трубного образчика, собранного из осколков.

В нашей стране в решение проблемы тугоплавких металлов активно включились исследователи передовых академических и отраслевых институтов. Все работали на одну задачу — создание технологий производства изделий из плавленого молибдена и вольфрама. Лаборатория

обработки давлением не затерялась среди этих титанов. С интервалом в 2—3 года она выдает три технологии изготовления пластичных труб из молибдена и его сплавов, в 1972 г. создает основы, а к 1975 г. завершает комплексную технологию изготовления вольфрамовых труб.

Изготовление молибденовых и вольфрамовых труб позволило институту раньше других начать создание термоэмиссионных преобразователей, долгое время обеспечивало трубами экспериментальные отработки приборов и производство теплового имитатора сердечника аппарата (изделие «ТИССА»). Капиллярные вольфрамовые трубы нашли применение в качестве чехлов высокотемпературных датчиков в ядерном ракетном двигателе, а особотонкостенные использованы в рабочем Государственном эталоне единицы силы света. Трубы, изготовленные по этим технологиям, превосходили требования Заказчика, включая и требования по пластичности, которые, надо отметить, постоянно ужесточались.

Совершенство вольфрамовых технологий позволило резко сократить количество отходов и привело к трудностям на предприятиях, использовавших эти отходы в качестве сырья.

На финише технологических исследований лаборатория стабильно выпускала трубы диаметрами от 2 до 28 мм с толщиной стенки от 0,2 до 3,0 мм из восьми разработанных на тот момент сплавов молибдена, из технического вольфрама и его высокопрочных сплавов. В ряду уникальных изделий были молибденовые трубы диаметром 30 мм с 24 ребрами,

9-ти мм труба с отверстием 2 мм, молибденовые трубы с концевыми участками из нержавеющей стали. Промышленная технология производства биметаллических труб и бесступенчатые переходники молибден (ниобий) — нержавеющая сталь рождалась около года, включая длительные (5000 час.) коррозионные испытания.

Все технологии производства молибденовых и вольфрамовых труб выстраивались на одной идее: получение мелкозернистого материала. Но в каждой из них была своя «изюминка». Так, в одной из них (авторы Б.Л. Муравич и Б.А. Оплеснин) заготовкой для прессования служил рулон тонкой молибденовой ленты, в другой — финишную термическую обработку проводили со скоростью нагрева 200 град/сек. В технологии ребристых молибденовых труб лаборатория отошла от традиционного решения и совместно с ЦНИИМ (г. Ленинград) разработала инструмент для изготовления спирального оребрения электрохимической обработкой. В технологиях деформирования тугоплавких металлов прессование в пластичной оболочке было козырным тузом лаборатории, дававшим выигрыш и в качестве, и во времени. Большинство конкурирующих фирм знало об этом и пыталось освоить этот процесс, но они не справились с морфологией поверхности изделий, прессованных в оболочке, теряли качество прессованной заготовки и сходили с дистанции. Накопленный для молибдена и вольфрама научный и практический потенциал, использован в работах по созданию конструкционных материалов для лазерных зеркал. Так, в се-





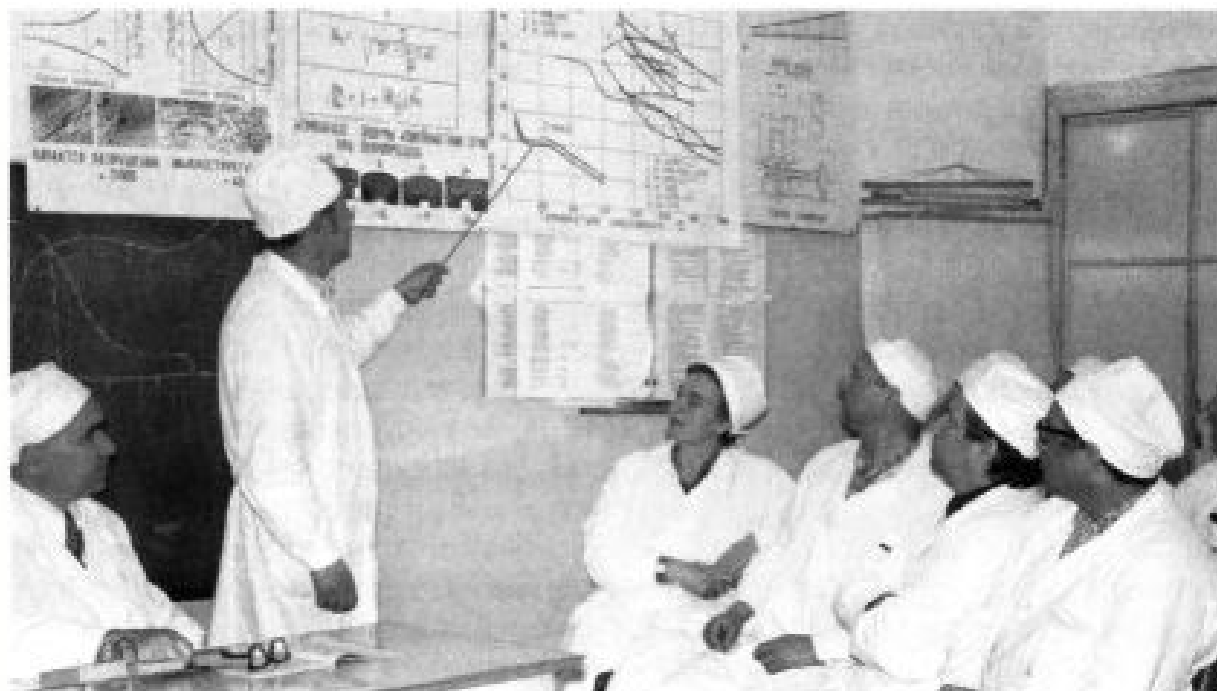
*Работа на прессовом оборудовании требует высокого мастерства.  
Слева А. Миронов, ведет процесс В.И. Сахаров*

редине 80-х годов лаборатория всего за один год освоила производство вольфрамовых листов и организовала их производство на опытном заводе Тула-Чермет. Это была первая в стране малоотходная промышленная технология производства листов из вакуумплавленного вольфрама.

Технология производства вольфрамовых листов пережила период 15-летнего простоя, а после реанимации удалось в Тула-Чермет, изготовить листы толщиной 1—2 мм и габаритами до 1000 мм, обеспечив тем самым успешную реализацию Международной программы исследований тяжелых аварий атомных реакторов. В тот год листы с такими размерами

бралась изготовить только одна зарубежная фирма из всех мировых производителей вольфрама.

В тот же временной отрезок были созданы монокристаллические молибденовые листы для подложек лазерных зеркал (авторы И.А. Каретников, Г.А. Рымашевский, В.А. Репий, А.А. Ястребков). Эта промышленная технология, по которой Опытный завод института изготовил листы для более чем 150 изделий, была первой в мировой практике. Многочисленные зарубежные гости, повидавшие листовые монокристаллы в лаборатории, говорили, что до сих пор они не видели ничего подобного в своих странах.



*Обсуждение проекта на НТС лаборатории. Слева направо: И.И. Корнилов, С.С. Семилетов, З.Я. Казимирова, Е.И. Стражеников, А.И. Иванов, Б.А. Мочалов*

Технологии производства вольфрамовых и монокристаллических молибденовых листов снискали себе известность в нашей стране и выдвинули институт в ряд ведущих предприятий — создателей лазерной оптики.

Работы по молибдену и вольфраму инициировали изобретательскую деятельность лаборатории. Признаются изобретениями и обретают практическую жизнь несколько новых вольфрамовых сплавов и около десяти способов и устройств обработки вольфрама и молибдена. Предложен, в частности, супержаропрочный сплав вольфрама, который при температуре 2500К показывал временное сопротивление разрыву 110—120 МПа, что намного превосходило сплавы,

известные в стране и за рубежом. С этого временного отрезка начинается широкое выступление сотрудников в открытой печати. Исследования и разработки по молибдену и вольфраму явились результатом слаженной, четко организованной работы всего коллектива лаборатории. И в этом — громадная заслуга руководителей лаборатории и отдела И.И. Корнилова и Г.А. Рымашевского. С большим творческим подъемом и упорством трудились и технологи, и металловеды, и рабочие всех без исключения специальностей. Каждому выпала своя доля. Если технологи С.С. Семилетов, И.В. Соколов и металловед Л.С. Косачев определяли позиции в разработке вольфрамовых технологий, то технологи В.М. Бурцев, И.А. Карет-

ников, Б.Д. Зеленков и металлург З.Я. Казимилова — в разработке молибденовых технологий. Ни одна из трубных технологий не прошла без творческого внимания технолога Х. Канзепарова. Незаменимыми помощниками технологов разработчиков были прессовщики Е.К. Кузнецов и Н.С. Абрамов, аппаратчики В.П. Припадчев, К.С. Чижова, А.Н. Качко, токари М.И. Толченов и В.А. Рябов, слесари Р.В. Николаев, В.И. Звягин и Е.М. Привезенцев, электрик В.П. Лазарев и лаборант-металлург В.А. Бобылева.

На исследованиях молибдена и вольфрама в лаборатории выросло пять кандидатов технических наук: Б.А. Оплеснин, В.М. Бурцев, И.В. Соколов, И.А. Каретников, Л.С. Косачев, И.И. Корнилов и С.С. Семилетов были награждены соответственно серебряной и бронзовой медалями ВДНХ.

Вольфрам, молибден и хром в тот же период рассматривались и как составная часть топливных композиций. Организационно они были объединены с разработками процессов деформирования гидридов циркония и иттрия. По своей сложности эти работы не уступали разработкам технологии тугоплавких металлов, но были обделены научным вниманием. Тем не менее, исследования А.Н. Иванова процессов деформирования гидридных материалов обеспечили изготовление и выпуск прутков из гидридов циркония и иттрия диаметром 9,0 мм и длиной 250—350 мм.

В середине 70-х годов хром и его сплавы рассматриваются как новый

перспективный класс конструкционных материалов для реакторов на быстрых нейтронах. Работами ИПМ АН УССР, ВИАМ и ВИЛС создается ряд сплавов хрома, обладающих низкотемпературной пластичностью. В 1980 г. Координационный Совет по хрому рекомендовал сплав ВХ-2К к комплексной проверке в качестве возможного материала оболочек твэлов с натриевым и газообразным теплоносителями. По указанию министра в Институте ставится работа по созданию элементов конструкции и макетов твэлов из хрома, изучение их поведения в предреакторных и реакторных условиях. Основной разработчик «пластичных» сплавов хрома — ИПМ АН УССР уже не может обойтись без лаборатории обработки давлением института в решении проблемы хромовых оболочковых труб. Лаборатория и Днепропетровский всесоюзный научно-исследовательский институт трубной промышленности (ВНИТИ) на равных приступают к реализации технологической задачи. Помимо этого, на лабораторию возлагается обязанность организации коррозионных, реакторных, имитационных и других испытаний, их обеспечение необходимым объемом образцов и анализ результатов испытаний. Сплавы хрома оказались не простым орешком. Пластичность сплавов была недостаточной и даже специалисты лаборатории, обращавшиеся на «ты» с вольфрамом, начали заново осваивать изготовление элементарных образцов для механических испытаний. Сплавы часто и по непонятным причинам не вписывались в общие правила, установленные

для этой группы тугоплавких металлов и металлофизиками, и технологами лаборатории. ИПМ пришлось «на ходу» корректировать базовые составы сплавов, а одновременно лаборатория выясняла влияние рафинирования и легирования, фаз внедрения, способов и режимов плавки, режимов деформирования и термообработки на пластическое поведение материала и сопротивление деформированию. В содружестве с ИПМ детально рассматривается процесс динамического деформационного старения сплавов и лаборатория, отвергая устоявшиеся взгляды на негативные последствия этого явления, останавливает свой выбор температурных режимов пресования на этой области. Это решение оказалось верным, хотя сработала, скорее, интуиция, нежели анализ. Затем, преодолев трудности стадии прокатки, появилась технология производства тонкостенных труб из сплавов хрома, которая гарантировала необходимую пластичность изделий и обеспечивала выпуск труб с наружным диаметром 5,0—25,0 мм, толщиной стенки 0,2—2,0 мм и длиной до 3 м. Опытная партия труб только диаметром 6,4 × 0,4 мм составляла ~400 м. Этой разработкой лаборатория опередила своих коллег из ВНИТИ и передала им свою технологию.

Изготовленные трубы были использованы для первых в стране реакторных испытаний экспериментальных твэлов в качестве топливных оболочек, для керметных твэлов реакторов специального назначения, а также для коррозионных и других многочисленных видов испытаний.

Исследования хромовых сплавов дополнили лабораторию еще одним кандидатом технических наук. Им стал Б.А. Мочалов, защита диссертации которого прошла под придирчивым вниманием и, как говорится, в самом пекле — на Ученом совете ВНИТИ. Металловедческое обеспечение работы, выполненное Л.С. Косачевым и В.А. Трубачевым, и технологическое — Х. Канзепаровым и С.Н. Фроловым, сыграли важную роль в становлении этой и последующих хромовых технологий.

В 1984 г. И.И. Корнилов вышел на пенсию. Он 35 лет проработал на предприятии и 24 года бессменно руководил лабораторией. И.И. Корнилов создал лабораторию высокой научной и производственной репутации и воспитал коллектив, который не без гордости говорил: «В изделиях от А до Я есть наша технология». Начальником лаборатории назначается С.С. Семилетов участник почти всех разработок лаборатории, начиная с 1960 г., а в 1985 г. — И.А. Каретников, который пришел в лабораторию в 1964 г. младшим научным сотрудником, имея 5-летний опыт производственной и технологической работы в современном листопрокатном цехе Куйбышевского металлургического завода.

К началу 1984 г. сотрудникам лаборатории было понятно, что малолегированные сплавы хрома не способны сколько-нибудь существенно сопротивляться развитию хрупкой трещины и выход из создавшейся ситуации виделся в поиске новых сплавов, сочетающих в себе положительные качества сталей и хрома.

Министерство определяет Институт главным разработчиком сплавов хром-железо и научным руководителем работ Г.А. Рымашевского. Под его руководством и при большой поддержке директора института В.Ф. Гордеева в лаборатории совместно с ВИЛС (к.тн А.Г.Фридман) проводится большой объем экспериментальных исследований по плавке слитков хром-железо, содержащих от 10 до 70% вес. железа и дополнительно легированных молибденом, ванадием, кремнием, алюминием, устанавливается базовый состав сплава и начинается промышленное производство прутков, проволоки, листов и труб. Трубы из оптимального состава сплава хром-железо выдерживали ударные нагрузки, а сплав хром-железо допускал возможность управлять свойствами в широких пределах. В технологии прокатки труб лаборатории пришлось решить непрофильную для нее задачу: разработать состав смазки для прокатки.

Базовый состав сплава хром-железо по совокупности основных характеристик превосходил сплав ВХ-2К. Особенно заметно это проявлялось в характеристиках жаропрочности и низкотемпературной пластичности, сопротивлении ударным воздействиям и коррозионной стойкости. Однако после реакторного облучения его пластичность не достигла требуемого уровня. Потребовалась оптимизация состава сплава, после которой НИИАР дал заключение о возможности использования сплава хром-железо в оболочках твэлов при соблюдении ряда ограничительных условий. После очередной доработки состава сплава, вселявшей уверенность благо-

получного исхода исследований, началось масштабное испытание сплава в реакторе г. Шевченко. Однако приятным ожиданиям не суждено было сбыться. Наступали тяжелые времена: сократилось финансирование работы, ушел из жизни талантливый руководитель работы Г.А. Рымашевский. В 1989—1990 гг. по завершении кампании Институт не смог организовать вывоз ампул с образцами. Конечно, очень жаль, что уникальная информация так и не увидела свет. Исследования сплавов хром-железо продлили активную творческую жизнь лаборатории. В 1986 г. НТС лаборатории формулирует и принимает на перспективу научную задачу коллектива — формирование обобщенных представлений поведения тугоплавких металлов при термомеханической обработке, а каждый инженер и научный сотрудник защищает на НТС свое направление научного поиска. С 1987 г. в деятельности НТС появляется долгосрочное прогнозирование работ и лаборатория начинает проводить перспективные работы, не предусмотренные тематическими заданиями института. По инициативе лаборатории, поддержанной директором института В.Ф. Гордеевым, в лаборатории создается участок и осваивается новый процесс — высокотемпературная газовая экструзия, монтируется стан для прокатки труб диаметром от 4 до 15 мм, внутри помещения возводится второй этаж для участка термической обработки изделий. Сотрудники активно публикуют свои работы и, например, на конференцию «Хром-88» в Киеве представляют сразу 9 сообщений. Было приятно и приятно, что участники



*Х. Канзепаров с С. Задворновым решают вопрос оптимизации процесса прокатки вольфрамовых труб*

последних конференций по хрому ожидали этих встреч и специально шли на выступления подольчан, а директор института И.И. Федик и начальник лаборатории И.А. Каретников вошли в состав оргкомитета Международной конференции по проблеме хрома.

Сплавы хром-железо выдвинули вперед молодых сотрудников, которые сгладили переход на другую работу ведущих специалистов по хрому Л.С. Косачева и Б.А. Мочалова. (Л.С. Косачев возглавил лабораторию ВНИИТС, а Б.А. Мочалов — лабораторию сварки Института). Теперь металловедение хромовых сплавов в лаборатории по достоинству представлял В.А. Трубочев, внесший заметный вклад в разработку новых сплавов.

В период поиска сплавов хром-железо лаборатория завершила разработки и передала в производство (в Опытный завод Института) технологию изготовления тонкостенных ниобиевых труб высокой точности и процесс сборки анодного пакета. Лаборатория еще в начале 80-х годов, не дождавшись поддержки конструкторов, инициативно начала эту разработку и на финише значительно подняла эффективность производства коллекторных и чехловых труб анодного пакета. Точность геометрических размеров изготавливаемых труб в разы превосходила аналогичные характеристики труб, выпускавшихся отечественной промышленностью. Основные этапы технологии изготовления труб высокой точности были



*Дружный коллектив лаборатории 164 на отдыхе (1984 г.)*

защищены тремя авторскими свидетельствами на изобретения, а сотрудник лаборатории В.М. Положенко стал кандидатом технических наук. Также в инициативном порядке была решена проблема сборки анодного пакета приборов. С.С. Семилетов осуществил очехловку керамики тонкостенной ниобиевой трубой настолько плотно, что на поверхности чехла проявлялся рельеф керамики.

Во второй половине 80-х годов лаборатория удачно дополняет развитие зеркальной тематики. Она разрабатывает процесс изготовления листов ( $1,5 \times 300 \times 300$  мм) из дистиллированного бериллия (Г.П. Суханов), создает деформационную технологию производства модулей систем охлаждения (С.С. Семилетов) и плоско-профильных листов для сотовых

конструкций отражателей (Б.Д. Зеленков). Прямоугольные каналы модулей систем охлаждения варьировались по глубине от 2 до 5 мм и по ширине от 0,3 до 0,5 мм. Материалом модулей были медь, молибден, бериллий, нержавеющая сталь, сплав алюминия с кремнием. В истории лаборатории работам с уран-циркониевыми сплавами всегда сопутствовала удача. Не были исключением и последние разработки, выполненные в 1988—1990 гг. Начиналось сокращение бюджетного финансирования. Чтобы сохранить материальное благополучие лаборатории, требовалось приоткрыть вход в топливную тематику. Убедительными аргументами стали предложения лаборатории по производству твэлов, содержащих до 4% урана, для Семипалатинского реакто-

ра и разработке уран-циркониевого сердечника с «закритическим» содержанием урана (40—45%). Немногие верили в возможность изготовления в течение одного года 14 тыс. штук (длинной по 800 мм) твэлов. Но, «глаза страшатся, а руки делают». Лаборатория за девять месяцев проходит этап разработки технологии, подготовки производства и собственно производства спирально-свернутых плоско-овальных твэлов. Эти твэлы успешно прошли испытания и до настоящего времени эксплуатируются в реакторе ИВГ-1М. Сегодня, по прошествии многих лет старожилы вспоминают жесткий почасовой график работы, конвейерную схему производства и энтузиазм всего коллектива. Но технология производства этих твэлов является несомненной заслугой технологов С.С. Семилетова и Х. Канзепарова и рабочих Б.Д. Букова, В.П. Припадчева, Ю.Ф. Худова.

Лаборатория убедительно решила и проблему изготовления уран-циркониевого сердечника с большим содержанием урана. Более того, она не ограничилась сердечником и изготовила стержневой спиральный твэл, в котором уран-циркониевый сердечник содержал 55% урана и был надежно сцеплен с защитной оболочкой из нержавеющей стали. В таких твэлах уран был размещен в металлической матрице в виде металлических нитей, при необходимости — с плотностью свыше 500 нитей на квадратном миллиметре поперечного сечения. Эти твэлы ждут своего часа. Они хорошо проявили себя при стендовых и реакторных испытаниях и особенно подходят для исследовательских реакто-

ров. Идея такой конструкции твэла принадлежит Е.К. Дьякову и И.А. Каретникову, последний из которых в содружестве с технологами Х. Канзепаровым, В.М. Положенко и талантливым химиком С.Н. Фроловым довел ее до логического конца. Последние работы по уран-циркониевым твэлам вплотную приблизили интересы лаборатории к перспективной топливной тематике работ отдела 70, и в 1990 г. лаборатория выходит из технологического отдела и становится составной частью Отделения «Высокотемпературные технологии и конструкции». Отделение под руководством Е.К. Дьякова было создано в развитие внутрихозяйственного расчета как первое обособленное подразделение Института. Вхождение в состав такого подразделения, имея солидный технологический потенциал, опыт производственной деятельности и производственную базу, вселяло в сотрудников лаборатории большие надежды, поскольку лаборатория, начиная с 1988 г., пыталась вписаться в новую концепцию управления наукой, производством и сбытом. В лаборатории вошло за правило проводить систематический анализ финансовой деятельности, административный и технический контроль за использованием материалов и энергетических ресурсов, поиск потенциальных заказчиков и дефицита в их потребностях, проведение перспективных работ. Лаборатория на будущее запасала сырье и собирала по институту невостребованное оборудование (магнетрон, ЭЛУ-5, дуговую плавильную печь «Лейбольд-Хераус» и др.). Первыми значимыми результатами на этом пути были: техно-



логия изготовления высокочистого хрома, определившая затем целое направление работ лаборатории — высокочистые материалы и распыляемые мишени и портфель заказов, который на 1990 г. включал уже 34% работ для электронной промышленности. Отделение «ВТК» организационно и финансово поддержало деятельность лаборатории и инвестировало разработку процессов изготовления мишеней, сертификацию мишеней, изготовление материалов, изготовленных по технологии лаборатории.

По заказам потребителей изготавливались мишени в форме дисков диаметром до 250 мм, полос длиной до 750 мм и труб практически для всех типов отечественных распыляющих установок. Круг заказчиков на распыляемые мишени лаборатории вышел далеко за пределы московского региона и уходил в европейскую и азиатскую части России и страны СНГ. Но электронная промышленность была парализована. Никто в отечественной электронной промышленности не мог платить за хромовую мишень 2000 долларов, а железо-тербиевую около 30 000 долларов, как это стоило за рубежом, хотя признавали, что они этого достойны. На зарубежном рынке уже не было места мишеням из Подольска и даже доброе посредничество ИНТЕРЭВМ не смогло организовать устойчивых связей. В течение 90-х годов исследования постепенно перестают быть оплачиваемым продуктом и в лаборатории на первый план выходит выпуск продукции. В производственном портфеле лаборатории — широкая номенклатура

распыляемых мишеней, проволока, прутки, лента и трубы из молибдена, толстостенные трубчатые танталовые нагреватели, тонкостенные вакуумплотные титановые стаканы и многое другое. Молибденовая продукция лаборатории получает хвалебную оценку Пермского моторного завода, крупногабаритные вольфрамовые листы успешно решают задачи в Международной программе исследований тяжелых аварий атомных реакторов, массивные медные токовводы находят свое место в Международной программе создания сверхмощного ускорителя. Сегодня технологии и материалы, созданные за долгие годы работы лаборатории, привлекают к ней внимание специалистов разных направлений из разных стран и становятся востребованными. Совсем недавно лаборатория предложила немецким специалистам свое видение технологии изготовления переходников нержавеющей стали — титан, оперативно разработала режимы изготовления и выпустила опытную партию изделий. Английским разработчикам элементов компактного соленоида, создаваемого в Европейской лаборатории по изучению элементарных частиц в Женеве, приглянулись алюминиевые трубы квадратного сечения с цилиндрическим отверстием, выполненным с высокой точностью. Технология изготовления таких труб — новая разработка лаборатории. Богатый научно-производственный потенциал лаборатории находит достойное применение в составе Отделения «ВТК», участвуя в Международной программе по созданию сверхмощного ускорителя.



Выездное заседание сессии энергетики в НИИ НПО «Луч» (03.10.03). Слева направо:

академик Субботин Валентин Иванович, академик Саркисов Ашот Аракелович, академик Хлопик Николай Сидорович, член-корреспондент Полежаев Юрий Васильевич, д-рн Алексеев Сергей Владимирович, академик Смирнов Валентин Пантелеймонович, к-н Курбаков Сергей Дмитриевич, академик Фаворский Олег Николаевич, академик Пономарев-Стетной Николай Николаевич, член-корреспондент Соловьев Михаил Иванович, член-корреспондент Холмич Владислав Юрьевич, член-корреспондент Федюк Иван Иванович, академик Леонтьев Александр Иванович, академик Карюхин Владимир Иванович, член-корреспондент Коротеев Анатолий Анатольевич, к-н Гаурин Сергей Сергеевич, к-нн Палтаев Владимир Иванович, к-нн Денискин Валентин Петрович, д-нн Николаев Юрий Вячеславович, к-нн Бабайца Геннадий Иванович

## ПРОИЗВОДСТВО

Составной частью института на правах самостоятельного в административном и хозяйственном отношении предприятия в период от образования института до конверсии и выделения в акционерное общество был Опытный завод. Директором Опытного завода с 1959 г. до 1973 г. был А.Ф. Петров, а с 1973 до 1995 г. ктн Р. Г. Фрайштут, главным инженером стал ктн Ю.А. Краснощеков, работавший ранее начальником одной из лабораторий Института.

Опытный завод, несмотря на опытный характер его производства, имел структуру промышленного предприятия. В его состав входили цеха основного производства и цеха и службы, обеспечивавшие деятельность как института, так и опытного завода — такие как отделы главного энергетика и главного механика, электроцех, паросиловой, ремонтно-строительный и транспортный цеха. Цех № 3 (начальники цехов М.В. Пономарев, А.В. Смирнов, А.П. Карпов, Г.С. Рыжков) был занят изготовлением нестандартного оборудования, главным образом вакуумного и печного.

Опытный завод прошел сложный путь становления и непрерывного развития от химико-металлургического производства, использования простейших приемов порошковой металлургии до изготовления, впервые в стране, а в ряде случаев и в мире, новых материалов современной техники, сложных термовакуумных термоэмиссионных приборов, тепловыделяющих сборок ЯРД, дисперсионных твэлов на основе микротоплива, в том числе для ВТГР, металлоопти-

ческих конструкций, новейших материалов ядерного топлива.

В состав ОЗ входили 6 цехов основного производства, предназначенных для изготовления и выпуска материалов и изделий новой техники, главным образом по разработкам Института. В работе использовались технологии, которые принято считать высокими. Принципиальные решения и основы технологии разработанные в лабораториях «отшлифовывались», корректировались, доводились до совершенства. В этих работах, как правило, принимали участие сотрудники лабораторий-разработчиков института. При необходимости, разработанные технологии передавали смежным предприятиям. Выпуск продукции Опытным заводом осуществлялся, как правило, по договорам с Институтом. Кроме того, завод самостоятельно выполнял работы по договорам с другими организациями.

Один из цехов основного производства № 8 (начальники цехов — А.К. Савенко, Д.С. Львовский, Ю.И. Казимиров, В.А. Петров) был предназначен для производства топливных материалов, главным образом оксидов и карбидов урана различной конфигурации (таблетки, стержни сложных профилей) и различного состава. Цехом также выпускались опытные партии топлива на основе нитридов, фосфидов, уран-циркониевых гидридов, а также дисперсионных композиций на основе соединений урана в металлических матрицах. В этих работах, как правило, принимали участие сотрудники лабораторий-разработчиков Института.

По мере специализации Института на работу по отдельным тематичес-

ким направлениям на основе двух отделений цеха были образованы цеха № 4 (А.П. Мирошников, В.И. Слов), № 10 (Н.Н. Владимирский, О.Д. Чепель) специализировавшиеся не только на выпуске топлива, но и твэлов тепловыделяющих сборок и конструкционных материалов для их комплектации, а также сборки — например, теплоизоляции, шаровых уран-графитовых твэл на основе микротоплива и других элементов конструкции для конкретных аппаратов. Таким образом, в цехах реализовывалась комплексная технология начиная от топлива до выпуска изделий.

Цех № 6 (В.С. Колтунов, В.И. Баранов, А.П. Белоусенко, И.В. Соколов, В.Н. Пупынин, Е.А. Канунников, А.П. Мирошников) занимавшийся ранее производством топлива на основе уран-бериллиевой композиции после реконструкции был специализирован на производство термозмиссионных одноэлементных и многоэлементных электрогенерирующих каналов.

Один из старейших цехов опытного завода № 2 (В.Н. Степанов, А.Р. Белов, Р.Г. Фрайштут, В.М. Куприков) занимавшийся ранее дистилляцией и порошковой металлургией бериллия, после передачи производства Ульяновскому металлургическому заводу (Усть-Каменогорск, Казахстан) был ориентирован на изготовление отражателей из бериллия для атомных реакторов различного назначения. Для обработки бериллия давлением (главным образом методом выдавливания) использовалась кооперация с некоторыми предприятиями Министерства авиационной промышленности, располагающими мощными прессами. Цех имел хорошо оснащенные

участки для механической обработки. Используя возможности цеха в нем было организовано отделение по механической обработке блоков замедлителя из гидрида циркония и нанесения на них водородозадерживающих покрытий.

Начиная с 1976 г., цех приступил к изготовлению изделий металлооптики включая обработку и доводку до необходимых кондиций отражающих поверхностей. К середине 80-х годов это направление стало основным в его деятельности. В 1985 г. работы Института и ОЗ по металлооптике отмечены премией Совета Министерства СССР.

В каждом из производственных цехов, занятых работами с радиоактивными и токсичными материалами, были отделения или участки по переработке и утилизации отходов. На их базе был организован цех № 1 (начальники цехов Г.С. Малинин, М.С. Беляков, А.Г. Прохоров) по переработке всех видов отходов, содержащих ценные и токсичные компоненты, а также очистку сбросных вод предприятия до уровня санитарных норм. Переработка урансодержащих отходов, как правило, заканчивалась выпуском товарных оксидов урана. В цехе проводилась регенерация вольфрама-184 и серебра. Возможности цеха позволяли производить и переработку урансодержащих отходов со смежных предприятий. После конверсии и выхода завода из состава НПО цех № 1 (нач. цеха О.Н. Филатов) стал единственным из вошедших в состав института.

Более подробно результаты деятельности основных производственных цехов приведены при описании работ по тематическим направлениям.

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

---

Один из основных принципов организации научной работы, направленной на создание новых технических устройств, заложенных М.В. Якутовичем при организации института, и действующим до настоящего времени — все технические решения должны строиться на прочной материаловедческой базе.

Особенность разрабатываемых Институтом аппаратов и устройств состоит в том, что их эксплуатация происходит в условиях предельных нагрузок по силовым воздействиям, температурам, радиационным потокам и др. Обеспечение работоспособности устройств в жесточайших условиях приводит к необходимости как создания новых материалов, так и доказательства возможности использования известных материалов в новых условиях. Так, наряду с традиционными появляется высокотемпературное и радиационное материаловедение. Таким образом, рамки традиционного материаловедения существенно расширяются, требуют создания новых устройств, разработки новых методик. В Институте с самого начала большое внимание уделялось организации и оснащению материаловедческих лабораторий оборудованием, по своим возможностям охватывающим весь спектр материаловедческих задач, необходимых для разработки технологий и обеспечения работоспособности создаваемых аппаратов. В тех случаях, когда возможностей Института и его опыта не хватало, он прибегал к помощи других организаций и сотрудничеству с ними.

Особенностью условий работы материалов в ЯРД является химическое и эрозионное воздействие высокоскоростных и газовых потоков на материалы топлива и элементы конструкции при предплавильных температурах, близких к 3000 К в течение нескольких тысяч секунд.

Для установок с термоэмиссионным преобразованием энергии характерны длительные ресурсы работы, достигающие нескольких лет, в условиях интенсивного радиационного воздействия при температурах на эмиттере до 2000 К и на гидридном замедлителе при температурах, близких к предельным для сохранения состава гидрида. Необходимым условием является сохранение свойств и стабильности размеров в течение ресурса.

Для материалов ВТГР принципиально новым, в отличие от традиционных энергетических реакторов, является использование газового теплоносителя, нагреваемого до 1400 К топливом, состоящим из микротвзлов, диспергированных в графитовой матрице. Конструкция микротвзлов должна обеспечить удержание осколочных элементов.

Для металлооптических лазерных установок особенно важно обеспечение высокого коэффициента отражения лазерного луча при сохранении этого показателя при многократном импульсном его воздействии. Особенно важно сохранение геометрии поверхности.

К началу работ отсутствовали или были недостаточны сведения о термодинамических, диффузионных, фи-

зико-механических и теплофизических характеристиках многих перспективных материалов. В большинстве случаев отсутствовали и методики их определения в интересующих нас интервалах температур, а существовавшие теоретические разработки были недостаточны для описания исходных свойств материалов и их изменения в процессе эксплуатации. В связи с этим в Институте, начиная с 1962—1963 гг., был организован широкий комплекс исследований термодинамических, теплофизических, физико-механических, гальваномангнитных свойств материалов и влияния радиации на их изменение с целью обоснования выбора материалов для элементов конструкции аппаратов и их работоспособности.

Под руководством М.В. Якутовича была проведена большая организационная работа по определению оптимальной структуры подразделений Института, сочетающих технологические проработки с глубокими материаловедческими исследованиями, по подбору специалистов и оснащению подразделений необходимым

оборудованием. В августе 1962 года под руководством А.Л. Эпштейна был образован материаловедческий отдел 60. В его состав вошли: металлургическая лаб. 61, химико-технологическая лаб. 63, химико-аналитическая лаб. 64, лаб. 66 — исследований физико-механических свойств, лаб. 67 — термодинамики и структурного анализа, лаб. 68 — совместимости и коррозии. В настоящем разделе содержится описание материаловедческих работ, имеющих общий характер или относящихся к нескольким тематическим разработкам.

Справедливости ради следует сказать, что исследования свойств проводились не только в материаловедческом отделе, но осуществлялись попутно с технологическими изысканиями и стендовыми испытаниями изделий. Результаты этих исследований лишь частично упоминаются в данном разделе. Дополнительные сведения о поведении материалов и изделий из них излагаются в главе книги «Главные направления деятельности».

## **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И ДИФфуЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ**

Для обоснования состава изделий ядерных реакторов и прогнозирования их поведения необходимо знание термодинамических свойств, диффузии, испарения тугоплавких соединений, их взаимодействия с газами и твердыми телами в зависимости от структурных параметров и температуры.

Исследования этих характеристик, начались в лаборатории 67 организо-

ванной в январе 1963 года во главе с ктн Р.А. Андриевским. «По началу профиль лаборатории, — вспоминает Р.А. Андриевский, — мыслился как обслуживающий, но и М.В. Якутович и А.Л. Эпштейн просили меня как человека в системе Средмаша нового присмотреться к тематике Института, познакомиться с аналогичными работами в НИИ — 9, ФЭИ, МИФИ и

сформулировать свои предложения о проблематике лаборатории. Тем более, что нужно было выдавать ТЗ на проектирование нового помещения и заказывать оборудование. Такой в высшей степени благожелательный подход, который, кстати, был характерен для руководства НИИТВЭЛ, конечно, вдохновлял на творческую и инициативную деятельность. Внимательный анализ условий работы материалов в условиях ЯРД, ТЭП и других аппаратов, подробное знакомство с деятельностью нашего вновь образующегося Института и других организаций, изучение литературы — все это помогло мне определить основные направления деятельности. Они связывались в первую очередь с высокотемпературными диффузионными и термодинамическими процессами, фазовыми равновесиями в фазах внедрения (карбидах, нитридах, гидридах), а также с технологией гидридных материалов».

К концу 1964 г. в лаборатории уже работало более 50 человек в составе следующих групп: диффузии, испарения и термодинамики; процессов спекания, карбидизации, нитрирования; процессов насыщения металлов водородом; физических и физико-химических свойств; взаимодействия материалов с газами; структуры материалов. Четыре «старика» — т.е. люди с некоторым опытом научной работы, составили костяк лаборатории; это кандидаты технических наук: Р.А. Лютиков (специализация — теория металлургических процессов), Е.Б. Бойко (порошковая металлургия), Г.И. Пепкин (физическая химия) и сам Р.А. Андриевский (порошковая металлургия и материаловедение). Ла-

боратория пополнялась главным образом молодыми специалистами — выпускниками МИФИ, МГУ, МХТИ, МИСиС. Повышению общего научного уровня разработок лаборатории способствовал М.В. Якутович, а также творческие контакты с многими крупными учеными — академиками А.А. Бочваром и Г.В. Курдюмовым, член-корреспондентом П.В. Гельдом, член-корреспондентом АН УССР Г.В. Самсоновым, профессором Я.С. Уманским и профессором К.П. Гуровым.

Лаборатория принимала участие в исследованиях и разработках практически по всем направлениям деятельности института и в работе по каждому направлению принимало участие несколько групп. Необходимое нестандартное оборудование для проведения исследовательских и технологических работ создавалось в кратчайшие сроки благодаря инициативной работе группы механика Т.М. Алымова, Д.А. Аргюхова, В.И. Наумова, В.С. Жучихина. Большую часть необходимых деталей изготавливал токарь очень высокой квалификации М.Д. Мартовский, награжденный в 1971 г. орденом Октябрьской революции. Так были созданы стенды для гидрирования металлов, нанесения защитных покрытий на гидриды, исследования взаимодействия с водородом и ряд других. В.В. Хромоножкиным, А.В. Макеевым, Р.М. Юмангуловым была создана аппаратура с остаточным давлением  $10^{-7}$ — $10^{-9}$  мм рт.ст. для определения количества и элементного состава газообразующих примесей во всех типах конструкционных и топливных материалов.



*Сотрудники лаборатории 67 (1976 г.) Стоят слева направо: Е.Б. Бойко, М.Д. Мартовский, В.И. Суков, Р.М. Юмангулов, Е.А. Галкин, В.П. Фролов, Я.Р. Кучеров, Е.В. Борисов, В.И. Наумов, А.В. Макеев, А.В. Черяков, А.Д. Сенчуков, Т.Д. Павлова, Б.В. Ракитин; сидят: В.И. Савин, М.И. Матвеева, В.Я. Маркин, Т.М. Альмов, И.Б. Игнатьева, Р.К. Абдрахманов, Н.Д. Топильский, Г.И. Пенекин, В.Я. Подгорнова, В.А. Терехова, И.П. Федулов, Ю.Г. Мычковский, М.Г. Перемалотов, В.С. Жучихин. На переднем плане, слева нач. лаб. Р.А. Лютиков, рядом прежний нач. лаб. Р.А. Андриевский*

Термодинамические исследования тугоплавких соединений в лаборатории начались когда какие-либо сведения о термодинамических свойствах в области гомогенности монокарбида урана и карбидных урансодержащих твердых растворов для высоких температур в литературе отсутствовали. Были известны лишь основополагающие подходы к оценке термодинамических свойств.

В результате интенсивной исследовательской работы сотрудниками лаборатории под научным руководством Р.А. Андриевского достигнуты следующие наиболее крупные научные и прикладные результаты:

- В.Н. Загрязкиным, И.И. Спиваком, Ю.Ф. Хромовым, В.П. Янчуром, И.С. Алексеевой впервые были изучены диффузионные и термодинамические свойства карбидов и нитридов



циркония, ниобия и урана в широком интервале высоких температур. Логическим завершением работ по самодиффузии явилось развитие феноменологической теории диффузии атомов внедрения в сплавах, выполненное Р.А. Андриевским и К.П. Гуровым;

- Р.А. Лютиковым, В.В. Хромоножкиным, О.Л. Ижвановым, В.А. Митрохиным, Е.А. Галкиным, А.С. Шевченко, В.С. Смирновым развита статистико-термодинамическая теория трехкомпонентных фаз внедрения и исследованы диффузионно-контролируемые процессы в этих объектах (ползучесть, спекание, азотирование, карбидизация и окисление). Эти данные позволили сформулировать конкретные рекомендации по составу, технологии и условиям работы твзлов ЯРД (совместно с Л.Б. Нежевенко, Ю.А. Краснощековым, Ю.Б. Обыденковым, А.С. Маскаевым) и микротвзлов ВТТР (совместно с А.С. Черниковым, Ю.В. Кошелевым);

- В.И. Савиным, В.Я. Маркиным, Н.Д. Топильским, Я.Р. Кучеровым исследованы закономерности электронного строения, физических свойств и радиационной стойкости гидридов переходных металлов;

- Е.Б. Бойко, В.П. Калинин, М.И. Матвеевой, Ю.П. Ходыревым, Ю.Г. Мычковским, А.М. Солодниковым, В.А. Сясиным выявлены закономерности получения крупногабаритных гидридных материалов с повышенной прочностью, термочувствительностью, что позволило наладить производственный выпуск гидридных замедлителей для ряда аппаратов (Топаз-1, Топаз-2 и др.) (совместно с А.Л. Эпштейном и К.Г. Ткачом);

- Г.И. Пепекиным, В.П. Кутеповым, Р.К. Абдрахмановым, Г.М. Ждановой, В.П. Фроловым, Н.П. Поповой исследованы закономерности формирования водородозадерживающих покрытий на гидридных замедлителях, предложены уникальные покрытия с высокой радиационной стойкостью, что позволило реализовать промышленный выпуск замедлителей с покрытиями для ряда аппаратов (совместно с А.Л. Эпштейном, Р.М. Альтовским, В.Т. Справцевым);

- В.Н. Фадеевым построены Р-С-Т диаграммы для систем сплав-водород, охватывающие широкий круг сплавов. Эти исследования позволили позднее выбирать сплавы и условия эксплуатации тепловых насосов, а также дали материал для выбора сплавов-аккумуляторов водорода;

- под руководством ктн Р.А. Лютикова научными сотрудниками Ю.Ф. Хромовым, А.А. Гусевым, А.Д. Сенчуковым, С.А. Жмуровым определены параметры диффузии твердых и газообразных продуктов деления урана в керне и покрытиях микротоплива (МТ) как в лабораторных условиях, так и в реакторных установках. За эти работы Р.А. Лютиков в 1989 г. был награжден орденом «Знак Почета».

Уже в 1966—1967 гг. — Е.Ф. Ходосов, В.Н. Загрязкин, В.В. Хромоножкин, И.И. Сливак защищают первые кандидатские работы. За все время деятельности лаборатории было подготовлено 18 кандидатов наук, трое из которых впоследствии стали докторами наук (Е.Ф. Ходосов, В.Н. Загрязкин, В.И. Савин).

Научные результаты были доложены на 15 конференциях (в том числе на 5 международных). С участием Р.А. Андриевского опубликовано около 100 статей, 3 монографии («Прочность тугоплавких соединений», 1974, Metallurgia — совместно с А.Г. Ланиным и Г.В. Рымашевским; «Фазы внедрения», совместно с Я.С. Уманским, 1977, Наука; «Материаловедение гидридов», 1986, Metallurgia; и один справочник совместно с И.И. Сливаком «Прочность тугоплавких соединений и материалов на их основе», 1988, Metallurgia). На прикладные аспекты было получено более 30 авторских свидетельств (из них 10 внедрено).

«Оглядываясь назад, — говорит Р.А. Андриевский, — вспоминаешь, что сохранять научную направленность работы с годами становилось все труднее, заедала текучка и секретность, привлекала преподавательская работа и в конце 1976 г. я перешел работать профессором на кафедру материалов на основе соединений редких

и рассеянных металлов в Московский институт тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова. С 1990 г. работаю в Черноголовке в Институте проблем химической физики РАН. Все эти годы (прошло 26 лет!) вне ПНИТИ «Луч» связь с лабораторией и вообще с институтом поддерживалась. Но наступили известные иные времена и сейчас лаборатория 67, как и многие другие подразделения, несмотря на героические усилия Р.А. Лютикова и др. сотрудников, практически распалась. Жаль, конечно, но ничего не поделаешь. С одной стороны, «ничто не вечно под луной» и творческим коллективам, как правило, суждено распадаться или во всяком случае развиваться по синусоиде. А с другой стороны, события, которые потрясли нашу страну в целом, не могли не проявиться на судьбе ПНИТИ «Луч». Тем не менее, кажется неоспоримым, что 60-е и 70-е годы были для многих из нас интересными и творчески наполненными».

## КОРРОЗИЯ И СОВМЕСТИМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ С ТВЕРДЫМИ ТЕЛАМИ И ГАЗООБРАЗНЫМИ СРЕДАМИ

Сведения о коррозии и твердофазной совместимости контактирующих пар необходимы для выбора конструкционных и топливных материалов при разработке изделий и твэлов высокотемпературных реакторов. Работы по исследованию коррозии были начаты в составе научно-исследовательского отдела Опытного завода. В пятидесятых годах исследовалась коррозия циркония и его сплавов в пароводяных средах. Исследования

проводились совместно с ВИАМ. Руководителем лаборатории был С.И. Королев — техник по образованию. В результате проведенных работ были выбраны сплавы циркония для оболочек твэл и канальных труб водородных энергетических реакторов, в том числе сплавы с содержанием 1,0 и 2,5 мас % ниобия. Результаты этих исследований использованы при выборе сплавов для твэлов атомного ледокола «Ленин». Начаты исследо-

вания, в небольшом объеме, коррозии бериллия в воде и на воздухе.

В ноябре 1962 г. для руководства лабораторией коррозии и совместимости был приглашен на работу кти Р. М. Альтовский. В это время Институт еще не построив ни одного нового помещения, начал разворачивать исследования, используя площади постепенно закрывавшихся производств Опытного завода. Лаборатория располагалась на втором этаже корпуса I. «Вспоминая начальный период своей работы, — говорит Р.М. Альтовский, — считаю, что большую роль в преобразовании моего, «академического» сознания в научно-производственное сыграли ведущие технологи завода А.Л. Эпштейн, Б.Г. Игнатъев, Я.И. Туренко, Л.А. Ижванов, М.Ф. Попков». С образованием института основными направлениями работы лаборатории стали: разработка методов повышения коррозионной стойкости и совместимости бериллия для высокотемпературных ЯЭУ, исследование совместимости различных урановых соединений с оболочковыми материалами высокотемпературных твэлов, разработка методов удержания водорода в гидриде циркония.

Для решения этих проблем лаборатория пополнилась высококвалифицированными научными сотрудниками, кандидатами наук, работавшими ранее в АН СССР: А.А. Ереминым, А.С. Пановым, Д.С. Горным, ставшими, впоследствии, руководителями других лабораторий Института. В лабораторию пришли способные молодые специалисты. Воспитаны были добросовестные, квалифицированные лаборанты. Многие из них: В.М. Хмелева, Т.М. Столярова,

Н.Н. Ребеченкова, А.П. Гуськина впоследствии стали инженерами. Высоким профессионализмом отличались рабочие, входившие в группу механика, возглавляемую В.Ф. Брославским. Все они внесли полезный вклад в решение научных проблем и технических задач.

Направленная практическая деятельность лаборатории сочеталась с высоким научным уровнем. А.С. Панов, Р.М. Альтовский защитили докторские диссертации. Работая уже в других подразделениях Института защитили докторскую диссертацию воспитанники лаборатории В.С. Еремеев, В.Н. Загряжкин. Научная молодежь защитила более десятка кандидатских диссертаций. Сотрудники лаборатории участвовали в создании более 4-х десятков изобретений.

М.И. Уразбаевым, А.Г. Федотовой, А.В. Илькуном, Е.Г. Шориной, И.М. Ивановой были разработаны химико-термические методы защиты бериллия и внедрены несколько методов защитных покрытий на бериллиевые отражатели высокотемпературных ЯЭУ.

Особое место в работе лаборатории занимали исследования А.А. Еремина, Ю.И. Куделина, В.И. Краюхина по проблеме удержания водорода в гидриде циркония. Эта задача была одним из ключевых звеньев в создании термоэмиссионных преобразователей. К решению этой проблемы министерство привлекло и ряд других предприятий НИИ-9, ФЭИ, ИАЭ и др.

Проблемой стабильности гидридного замедлителя занимался своеобразный штаб в составе А.Л. Эпштейна, Р.М. Альтовского, А.А. Еремина, который организовал и координиро-

вал работу в Институте, контролировал изготовление изделий на опытном заводе, осуществлял взаимодействие с научным руководителем и главным конструктором реактора Топаз-2, представительством заказчика. Следует отметить, что лаборатория и опытный завод работали не только на разработчиков Топаз-2, но и на другую группу предприятий, осуществлявших конкурентную разработку Топаз-1. В последствии произошло слияние этих двух направлений и был создан и запущен на орбиту реактор.

К началу работ по созданию высокотемпературных ЯЭУ литературные данные по скоростям реактивной диффузии элементов в тугоплавких металлах (вольфрам, молибден) и тугоплавких соединениях переходных металлов IV—V групп периодической системы были ограничены и довольно противоречивы. Поэтому уже в 1964 г. под руководством А.С. Панова, научными сотрудниками Б.Н. Бобковым, Б.А. Вандышевым, Е.В. Фивейским, Б.Ф. Ушаковым были организованы исследования совместимости конструкционных материалов ЯЭУ с тугоплавкими соединениями (в основном, топливных композиций на основе карбидов, нитридов, оксидов урана). Установлены зависимости скорости роста образующегося слоя между контактирующими разнородными материалами в зависимости от времени и температуры. Проанализированы наиболее типичные случаи диффузионного взаимодействия в биметаллических системах, а также при окислении, азотировании тугоплавких металлов.

В январе 1976 г. из лаб. 68 группа сотрудников во главе с А.С. Пано-

вым, занимавшаяся вопросами коррозии была преобразована в лабораторию 145. В течение 1980—1985 гг. В.А. Загряжским, С.В. Болотовым, В.П. Иовковым, М.И. Усачевым, Д.Ю. Любимовым, В.П. Максимовым, И.В. Елистратовым под руководством А.С. Панова были выполнены оригинальные работы по термодинамике многокомпонентного топлива, взаимодействию многокомпонентного топлива с оболочками, а также по разработке защитных диффузионных барьеров.

Рассмотрение в системе топливо-оболочка позволило оценить область стабильных составов топливных материалов, а также изменения состава этих материалов во времени. Длительные эксперименты по совместимости топливных материалов ТЭП в течение 1000—10 000 ч. при температуре 2000—2300К подтвердили прогнозируемое поведение систем.

В восьмидесятых годах основной тематикой лаборатории стала разработка защитных покрытий для изделий металлооптики. Были сформированы две группы во главе с А.С. Шевченко (коррозионные испытания и химико-термические методы защиты), А.В. Илькуном (металлопокрытия), А.С. Шевченко, П.М. Кондриковым, О.В. Перетрухиным установлены количественные характеристики коррозионной стойкости металлов и сплавов в хладагентах. Выданы технические рекомендации Ульяновскому заводу, проводившему анодирование бериллия.

После ухода на пенсию в 1990 г. Р.М. Альтовского лабораторию возглавил его ученик М.И. Уразбаев. Конверсия и перестройка вызвали су-

ществленные изменения в организации работ и структуре института. Исследования коррозии и совместимость материалов оказались не востребовавшими. Лаборатория подверглась существенной реорганизации, т.е. по существу была ликвидирована.

Наряду с твердофазным взаимодействием материалов, проблемой, заслуживающей специального рассмотрения, стало взаимодействие тугоплавких материалов с газовыми средами при высоких температурах вплоть до 3300 К. Проблема выбора материалов для ЯРД на основе карбидов переходных металлов (циркония, ниобия и др.) и графита с газовыми средами на основе водорода или азота решалась в основном в отделе 70. В стране такие работы в начале 60-х годов проводились в ВИАМ, ГИПХ, ИВТ, НИИТП, но полученные сведения были весьма ограничены.

Поэтому в институте в 1969—1970 гг., одновременно с материаловедческим отделом в отделе 70 начаты исследования кинетики и механизма взаимодействия монокарбидов переходных металлов IV—V групп периодической системы, монокарбида урана и их твердых растворов с РТ на основе водорода. Сотрудниками лаборатории 71 А.В. Пустогаровым, Ю.В. Красношсковым, Ю.Б. Обыденковым, С.А. Притчиным определялись изменения состава, структуры, физико-механических и теплофизических свойств топливных композиций, а в лаборатории 67 Р.А. Лютиковым, В.А. Митрохиным, А.Д. Сенчуковым — конструкционных материалов в процессе испыта-

ний, моделирующих работу аппарата по температуре, давлению РТ и ресурсу работы.

Теоретические разработки и экспериментальные предреакторные исследования, выполненные в течение 1969—1975 гг. позволили: выбрать оптимальный состав материалов для твэлов и других элементов АЗ; разработать защитные покрытия для твэлов, снижающие до допустимого уровня вынос урана; обосновать возможность работы ЯРД в пределах заданного ресурса ( $10^4$ с) на водороде без углеводородной добавки. Были установлены допустимые уровни окисляющих примесей (кислорода и влаги) в водороде. Определена температура, начиная с которой можно проводить расхлаживание АЗ при стендовых испытаниях ЯРД азотом технической чистоты. Рассчитан возможный унос материалов АЗ и изменение состава деталей и элементов конструкции реакторов при стендовых испытаниях и определены изменения структуры и физико-механические характеристики деталей АЗ. Проведенные исследования позволили ускорить начало стендовых испытаний аппаратов ЯРД, а их успешное проведение подтвердило правильность выводов, сделанных при испытании материалов в модельных условиях.

Дальнейшие работы были направлены на выяснение возможностей использования разработанной конструкции ТВС для нагрева газа в газодинамических установках (ГДУ) высокой мощности. С этой целью, В.Д. Дараганом, В.Ю. Вишневым, А.Д. Сенчуковым и В.С. Гололобовым проведены исследования характера взаимодействия материалов ТВС

с азотом и аммиаком до температур 3000 К. В дальнейшем, эти исследования были продолжены применительно к условиям работы нового поколения реакторных установок, в которых сочетаются режимы работы двигателя и энергетического реактора.

В связи с разработкой институтом твэла с сердечником из микросфер, размещенных в никель-хромовой матрице, для передвижной атомной электростанции (ПАЭС) с диссоциирующим теплоносителем (тетраоксидом азота), начиная с 1966 г. проводились работы по изучению коррозионной стойкости топливных и конструкционных материалов в среде агрессивного теплоносителя. Работа выполнялась научными сотрудниками лаб. 63: Ю.Н. Кузнецовым, В.П. Исаковым, Е.К. Лысенко, А.А. Антоновым, Г.В. Парфеновой под руководством Л.Э. Бертиной.

Проведенные исследования по изменению вязкости разрушения, пористости и электропроводности матричной композиции в процессе коррозионных испытаний дали возможность получить надежные характеристики скорости коррозии и прогнозировать поведение в аварийных ситуациях — разгерметизации ампулы. С другой стороны, результаты испытаний позволили оптимизировать состав матричной композиции (отношение никеля к хрому в матрице, объемное содержание топливных кернов), структуру (размер кернов, плотность матрицы) и технологию производства матричной композиции, обеспечивающие минимальную скорость коррозии. Установленные количественные соотношения между скоростью коррозии и скоростью газового потока,

позволили разработать методику динамических испытаний, защищенную шестью авторскими свидетельствами, которая также внедрена в НИИАР, ИЯЭ АН БССР.

Исследования коррозии конструкционных и делящихся материалов были лишь частью научной деятельности лаб. 63.

«Основная работа химико-технологической лаборатории 63, — говорит ее начальник кхн Л.Э. Бертина, — была связана с очисткой бериллия и циркония, получением сверхчистых редкоземельных элементов. Синтезом тугоплавких соединений урана (фосфидов, сульфидов), разработкой технологии органо-силикатных и эмалевых покрытий, технологии регенерации всех новых соединений урана и отходов их производства и, наконец, с разработкой методов химической ликвидации ядерных космических установок. Практически лаборатория была организована в 1956 г. После «отвоевывания» помещений для размещения лаборатории необходимо было подобрать соответствующие кадры. В основном приглашались выпускники Московского химико-технологического института им. Менделеева и Московского института тонкой химической технологии им. Ломоносова. Я всячески поощряла также повышение образования среднего звена сотрудников. В результате, через несколько лет, в лаборатории насчитывающей 70 человек кроме 3—5 человек остальные имели среднее и высшее образования. Для решения научных задач требовалось наладить сотрудничество с рядом ведущих организаций страны. Удалось осуществить: полезные связи с

ГИРЕДМЕТ, ГЕОХИ АН СССР, Институтом неорганической химии АН СССР, Институтом неорганических материалов, Институтом химической технологии, Институтом ядерной энергии, Институтом ядерной энергии (г. Минск), Радиевым институтом (г. Ленинград) и многими другими». Более подробно о работах проводимых Е.П. Жировым, К.С. Юдиной, Ю.Н. Кузнецовым, Е.К. Лысенко, В.П. Исаковым по переработке топливных материалов и отходов изложено в разделе настоящей книги «Регенерация материалов».

«Лидия Эрнестовна Бертина, руководя лабораторией, — говорит д-р В.П. Исаков, (ставший начальником в 1990 г.), создала в ней обстановку, которая самым благоприятным образом способствовала творческой работе. Мы все пользовались неограниченной свободой, нам постоянно обеспечивалась помощь и консультации в самых разнообразных исследованиях. В лаборатории — работали талантливые специалисты, и первые среди них: Е. П. Жиров, Е.И. Михайличенко, к сожалению умерший в возрасте 39 лет, Н. С. Авраменко. По-



*Лидия Эрнестовна Бертина в кругу соратников: И.И Федика, А.С. Черникова, Г.И. Бабаянца, Ю.Н. Подладчикови (1968 г.)*

зднее в 1965 г. со второй волной начинающих ученых: Е.К. Лысенко, А.М. Непряхиным, Е.А. Паклёнковым, Н.В. Стрелиной поступил в лабораторию и я. Оглядываясь на прожитые годы, я так и не могу решить, что за время работы в Институте принесло мне большее удовлетворение: полученные научные результаты, внедрение новых технологий или «роскошь человеческого общения» (по выражению Сент-Экзюпери). Наверное, максимальное чувство удовольствия достигалось, когда оба процесса: научный поиск и общение с выдающимися учеными — сливались вместе. Плодотворное сотрудничество с такими учеными, как М.В. Якутовичем, Р.А. Андриевским, Л.Э. Бертиной, В.Ф. Ескевичем, А.Л. Эпштейном, В.С. Еремеевым, Э.М. Федоровым, В.В. Хромоножкиным, А.Д. Сенчуковым, В.И. Прасоловым, О.И. Шаниным позволило не только получить серьезные научные результаты, но и более оптимистично смотреть на мир». Успехи лаборатории были бы невозможны без многолетней добросовестной работы инженеров кхн К.С. Юдиной, ктн В.Ф. Леонова, Т.С. Санович, Н.П. Петраковой, И.В. Ескевич, Г.В. Рыльской, З.А. Беркман, М.Б. Владыкиной, Р.Г. Гольцовой и др. Много лет в лаборатории работал изобретатель и умелец слесарь Я.С. Алсараев.

В связи с проблемой ликвидации космических ядерных установок после выработки их ресурса сотрудниками лаб. 63 под руководством А.Л. Эпштейна начались исследования по выявлению кинетических закономерностей реагирования в системе газ — твердое тело и разработки методов

ликвидации ЯЭУ. Предусматривалось два варианта: аэродинамическое разрушение при входе в плотные слои атмосферы либо химическое уничтожение аппаратов.

Основным требованием к аэродинамическому разрушению элементов АЗ было обеспечение диспергирования ядерного топлива и активируемых конструкционных материалов на частицы менее 10 мкм. Условия аэродинамического разрушения ограничены максимальной температурой, развиваемой в зоне торможения, количеством кислорода в верхних слоях атмосферы и временем падения до высоты ~ 10 км, так как горение на более низких высотах приводит к локальному заражению местности.

Для выяснения возможности аэродинамического разрушения твэлов термозмиссионного реактора был проведен термодинамический анализ реакций горения и оценено повышение температуры в зоне горения за счет тепла химических реакций. Были определены температуры воспламенения в потоке воздуха всех разрабатываемых в институте топливных композиций. Эксперименты по диспергированию топлива с анализом фракционного состава продуктов горения выполнены на плазмотронах НИИТП. Они подтвердили результаты лабораторных экспериментов проведенных Р.А. Лютиковым, А.С. Шевченко, Л.Ф. Горячкиной.

Целью проводимых исследований по химическому уничтожению был выбор оптимального режима процесса (температура, концентрация и расход реагентов) и снижение массогабаритных характеристик системы. Существенный вклад в проведение



исследований внес аппаратчик Я.С. Алсараев, изготовив стенд, на котором отрабатывались параметры процессов. Теоретические оценки температурных и концентрационных полей, проведенные ктн Н.С. Авраменко, позволили разработать метод химической ликвидации путем обработки АЗ ТЭП смесью аргона и трифторида хлора. В дальнейшем В.П. Исаковым проведено усовершенствование метода, позволяющего снизить примерно в два раза массогабаритные характеристики системы химической ликвидации.

«Большим разочарованием лично для меня, — говорит В.П. Исаков, — и, наверно, для всех было резкое свертывание научных исследований в лаб. 63, как, впрочем, и во всем Институте, в 90-е годы после прекрасных 70-х и 80-х. Последней научной проблемой, которую лаб. 63 решала в 90-е годы, была разработка плазмо-

химической технологии синтеза полиалюмината натрия с размером частиц менее 0.1 мкм. Для решения этой проблемы коллектив лаборатории не жалел сил. Достаточно сказать, что в декабре 1991 г. мы ни разу не закрыли лабораторию: сутками напролет мы настраивали высокочастотный генератор и все технологические линии, и в результате 31 декабря 1991 г. первая партия порошка была получена. К нашему горькому разочарованию оказалось, что порошок получается дорогим, и в 1994 г. работы по синтезу были прекращены. В настоящее время довольно слабые силы лаб. 63 брошены на решение весьма сложной задачи: получение микротвзлов на основе плутоннивого топлива с дальнейшим компактированием микротвзлов в цилиндрические твэлы. В этой работе использован предыдущий опыт института по получению уран-графитовых твэл ВТГР.

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, КРИТЕРИИ ПРОЧНОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ

Исследования прочности, термопрочности и большого комплекса механических и теплофизических свойств начали проводиться в институте со дня основания в августе 1962 г. в специализированной лаборатории 66 под руководством ктн А.Г. Ланина. Организация такой лаборатории в НИИ НПО была типичной для возникающих новых задач и проблем. Основные задачи лаборатории заключались:

- в снабжении конструкторов — разработчиков изделий не только све-

дениями о теплофизических и механических характеристиках, но и оптимизации, вместе с технологами, свойств путем соответствующего выбора структурного состояния и состава материала и, в конечном итоге, технологических режимов изготовления;

- в обосновании работоспособности материалов и разработке критериев несущей способности изделий при различных видах нагружения, среды и температуры.

Для нормального функционирования лаборатории требовалось ре-

шить почти одновременно три задачи: подобрать научно-инженерные кадры, поскольку ко дню образования лаборатории имелся только ее начальник, разработать новые методы исследования и приобрести необходимые установки и приборы.

«С каким энтузиазмом и радостью, — вспоминает А.Г. Ланин, — шла работа над созданием лаборатории. Первые два года я считал необходимым, как можно полнее, вникнуть в деятельность передовых академических и отраслевых институтов страны: Москвы, Ленинграда и Киева. Понять и осмыслить существо стоящих тогда задач и проблем прочности. Перенять и использовать новые подходы и методы исследования. Особенно полезным оказались тогда контакты с Киевским институтом «Проблем прочности» занимавшимся под руководством профессора Г.С. Писаренко высокотемпературными исследованиями прочности и термопрочности. Созвучными и близкими были принципы кинетики разрушения развиваемые на кафедре прочности МИФИ профессором Я.Б. Фридманом и академиком Н.Н. Давиденковым в Ленинградском политехническом институте. Ну и, конечно, «крестным отцом» и ангелом-хранителем лаборатории постоянно был М.В. Якутович, глубоко понимавший все аспекты прочности и тонко чувствовавший все нюансы разрушения материалов».

К концу 1966 г. научные кадры были в основном подобраны, численность лаборатории достигла запланированной — 65 человек. Организовано 5 научных групп. Группу кратковременной прочности в августе 1963 г. возглавил инженер В.В. Глаголев,

имевший опыт конструкторской работы в машиностроительной фирме. В эту же группу примерно через год был приглашен блестящий экспериментатор, старший инженер М.А. Федотов, благодаря усилиям которого была создана первая высокотемпературная установка и получены первые данные по высокотемпературной прочности карбидов и изделий из них. Годом позже руководителем группы теплофизики стал ктн В.Б. Федоров, а группой структурных и физических методов исследований тугоплавких материалов стал руководить ктн Г.А. Рымашевский. Группу длительной прочности и ползучести в марте 1965 года возглавил ктн — П.В. Зубарев, которая в 1978 году преобразовалась в отдельную лабораторию 134. Руководить группой термопрочности стал в 1966 году, приславший из комбината «МАЯК», опытнейший физик-приборист В.П. Попов. Многие годы службу механика возглавлял А.Я. Волков, начавший свою работу в лаборатории простым электроэррозионистом.

Руководители были подобраны. В начале 70-х годов начали появляться первые диссертации, суммирующие результаты научной деятельности.

После первых трех лет временно-го размещения лаборатории на площадках старой заводской территории лаборатория разместилась в специально спроектированных и построенных помещениях с общей площадью около 1000 м<sup>2</sup> в корпусе 102. В течение последующих лет в МИФИ на кафедре «Конструирование приборов и установок» под руководством проф. Ю.В. Милосердина, проф. В.М. Баранова и доцента А.А. Кульбаха был



Сотрудники лаборатории 66 (сентябрь 1972 г.). Слева направо: 1 ряд: В.В. Давыльченко, И.К. Ульянов, М.А. Федотов, Н.А. Бочков, Г.В. Королев, В.П. Манохин; 2 ряд: М.Л. Таубин, А.Л. Эштимейн, А.Г. Лантин, Б.И. Колесников, Ф.Г. Золин, П.В. Зубарев; 3 ряд: Р. Новосилова, В.В. Туркина, В.В. Соколенков, П.А. Рыжов, А.Г. Шмелев, Л.Н. Деметьев, Г. Михайловский, В.П. Попов; 4 ряд: В.В. Глазлев, А.Я. Волков, В.С. Егоров, В.И. Клязев, А.Л. Мосолов, Э.А. Чельникова, Г.В. Карпов, В.В. Мальцев, В.С. Белов, А.И. Шукалин, И.Н. Малинин; последний ряд: В.В. Куделев, Б. Темницкий, В.Я. Разбитин, В.Н. Турин, В.М. Сокин, В.Т. Соломатов, В.В. Мязков, Н. Орлов, И.И. Деряко, М.Н. Еринов, Е. Коцерыгин, Т.В. Соколова, А.П. Кочевых, Т.В. Егорова, В.Н. Валушкин

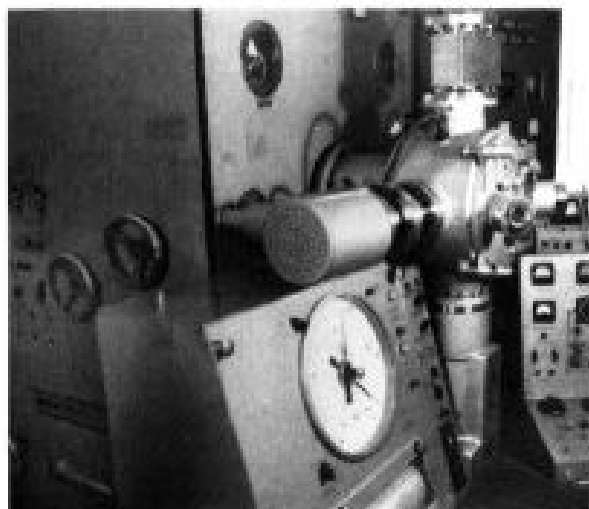
разработан ряд нестандартных установок для исследования макро- и микротвердости, модуля упругости, ползучести, релаксации, прочности при сжатии, кручении, изгибе и растяжении при высоких температурах. Большое количество высокотемпературных установок для испытания на кратковременную, длительную прочность, термопрочность и ползучесть вплоть до 3000 К было создано в НИКИМП (г. Москва). Ряд нестандартных приборов по измерению теплопроводности были разработаны на кафедрах теплофизики ЛИТМО (г. Ленинград) и (МИФИ). Приобре-

тены новейшие рентгеновские дифрактометры типа ДРОН, оптические микроскопы и отечественные электронные микроскопы ЭМ и ЭМ-100. К концу 60-х годов лаборатория 66 (впоследствии с 1978 года — лаб. 131) стала ведущей в отрасли по высокотемпературному материаловедению тугоплавких соединений.

По мере развития в институте новых тематических направлений круг исследуемых материалов непрерывно расширялся и стал охватывать практически все исследуемые в институте материалы: карбиды циркония, ниобия, их твердые растворы с ураном,



*Сотрудники группы длительной прочности и ползучести (сентябрь 1972 г.), образованных в 1978 г. лаб. 134. Слева направо сидят: Б.Темницкий, П.В. Зубарев, Л.Н. Деметьев; стоят: Д.Н. Джасаландинов, А.П. Шипов, А.Г. Шмелев, Н.Н. Малинин, Г. Назаров*



*Электроно-лучевая установка для определения прочности при высоких температурах вплоть до 3000 К*

нитриды, карбиды, карбонитриды, углеграфитовые материалы и композиты, оксиды урана, гидриды циркония, иттрия и титана, тугоплавкие металлы — молибден, вольфрам, монокристаллы молибдена, лейкосапфира, кремния и материалы, входящие в состав твэлов ВТГР и изделий металлооптики.

Информация по модулям упругости, КЛР, теплопроводности, электропроводности, твердости, внутреннему трению карбидов переходных металлов IV и V групп, их твердых растворов с тугоплавкими соединениями урана с учетом стехиометрии, особенностей структуры, диаграмм состояния, электронного строения, уровня примесей, обобщена и табулирована в работах М.Л. Таубина, В.И. Князева, И.А. Олейникова и докторской диссертации ктн Г.А. Рымашевского. Измерение всех перечисленных свойств проводилось на образцах идентичных по составу и технологии изготовления изделий в

большинстве случаев в широком температурном интервале от 300 до 2500 К.

Теплофизические свойства композитов на основе чередующихся слоев карбидов с графитом так называемой «слоенки» определена в работах руководителя группы теплофизики Л.А. Королева. Цикл работ по исследованию теплофизических свойств топливных и конструкционных материалов на основе графита, диоксида урана, карбида кремния начиная с 1974 г. применительно к разработкам твэлов ВТГР проведен С.И. Можериним, А.Л. Ткачевым.

Значительную часть в исследованиях Института представляют работы, выполненные М.А. Федотовым, А.Б. Емельяновым, а позднее В.Н. Турчиным и О.Н. Ериным под руководством А.Г. Ланина и направленные на установление закономерностей прочности, термопрочности и особенностей разрушения малопластичных материалов на основе фаз внедрения оксидов и графитов. Знание закономерностей изменения прочности и термопрочности керамических материалов при различных условиях нагружения явилось необходимой основой для разработки керамических изделий и оценки их несущей способности в эксплуатационных условиях. Существенное влияние примесей в карбидах на прочность и разрушение карбидных материалов обнаружено в процессе исследований, проведенных С.В. Леоновым.

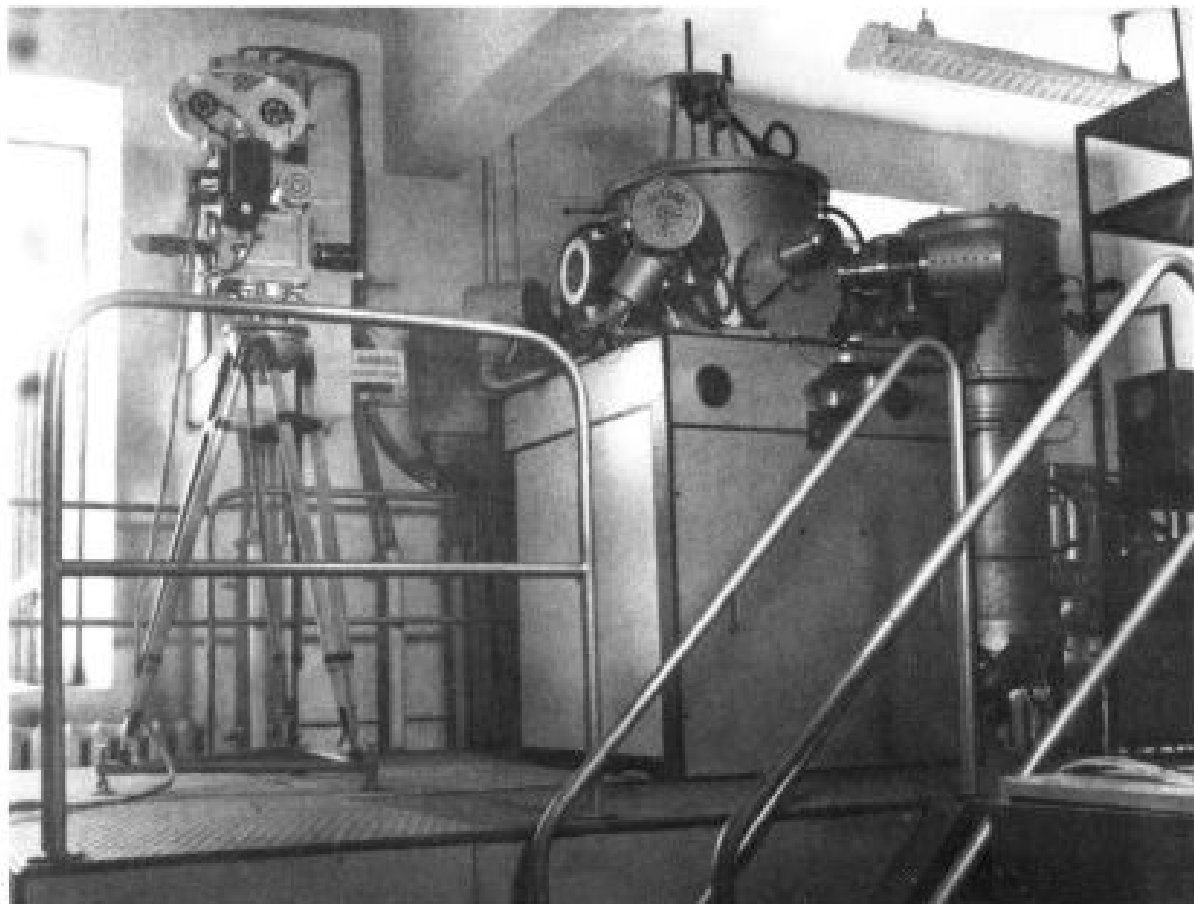
В работах П.В. Зубарева и его учеников Л.Н. Деменьтьева, А.Г. Шмелева и Д.Н. Джаландинова впервые у нас в стране были установлены закономерности высокотемпературной ползучести и длительной прочности

в зависимости от величины зерна, пористости, стехиометрии, конструктивных карбидов до 3000 К, урановых соединений до 2100 К и гидридов циркония и иттрия до 800—1100 К. Установленные закономерности изменения скорости ползучести и длительной прочности в различных температурно-силовых диапазонах позволили оценить эксплуатационную надежность изделий из этих материалов в предлагаемых условиях работы.

Стремление руководителей лаборатории найти технологические процессы снижающие опасность структурных дефектов и способные повы-

сить прочность и термopочность материалов стало определяющим после накопления знаний и понимания природы тугоплавких соединений.

В работах А.Б. Емельянова, В.Н. Турчина, С.А. Притчина и Д.Ю. Ковалева показана возможность повышения прочности керамических материалов в 2—3 раза путем программированной термо-механической обработки. Существенное повышение прочности карбидных и оксидных материалов оказалось возможным путем залечивания дефектов при высокотемпературных отжигах.



*Установка с четырьмя электродными пушками для определения термopочности при различных скоростях нагрева до высоких температур вплоть до 3000 К*

Разработанные И.И. Дерявко рентгеновские методы определения остаточных макро- и микронапряжений в поликристаллах и монокристаллах карбидов и оксидов позволили совместно с С.А. Притчиным установить оптимальные режимы закалки и существенно повысить их прочность и термopочность.

В работах В.А. Соколова, В.В. Глаголева установлены границы применимости статистических теорий для оценок прочности хрупких материалов. Разработаны и внедрены экспрессные методы и установки для контроля, прочности выпускаемой продукции и отбраковки дефектных изделий — карбидных твэлов, фиксаторов, гермовводов, пористых карбидных гильз, обойм. Найдены оптимальные отбраковочные уровни нагрузок на изделия.

Использование керамических материалов особенно в безоболочковых твэл и ТВС ЯРД, работающих при высоких температурах в неоднородных температурных полях, вызвало настоятельную необходимость определения термopочности и характера разрушения. В работах В.В. Борунова, В.С. Егорова, А.Г. Ланина, В.П. Попова, Н.А. Бочкова на основе методов механики разрушения и термоупругости, предложены приемы расчета несущей способности тел с трещинами при силовых и термических нагружениях и обосновано применение нового критерия термopочности, позволяющего оценивать характер разрушения и уровень предельных тепловых нагрузок. В работах В.П. Манюхина, В.В. Мелькина, В.П. Попова, С.А. Притчина, Е.В. Марчева сформулированы основные требова-

ния к испытаниям тугоплавких соединений, на основе которых разработаны методы, а также индукционные, электронно-лучевые, плазменные и лазерные установки для исследования термopочности при различных температурах.

В работах И.М. Заливина исследованы закономерности изменения термopочности и прочности, однофазных и гетерофазных композиций на основе гидридов циркония, иттрия и титана. Обнаружен и исследован эффект «памяти формы». Работами В.М. Манюхина и В.П. Попова обоснована термическая прочность гидридных изделий — перфорированных дисков при однократных и циклических воздействиях применительно к эксплуатационным условиям работы аппаратов ТЭП. Изучена повреждаемость гидридных материалов под влиянием температурных и концентрационных напряжений. Применительно к хрупким материалам, к которым относятся гидриды, были установлены закономерности разрушения для тел простой формы. Даны рекомендации по выбору критериев работоспособности (ограничения по напряжениям) изделий. Были разработаны оригинальные методы расчета напряжений многосвязных тел. Получены значения допустимых напряжений в блоках замедлителя, которые затем были экспериментально подтверждены.

В связи с возникновением направления по разработке металлооптических зеркал с 1976 г. развернуты работы по микропластичности и лучевой повреждаемости ряда материалов на основе меди, молибдена, вольфрама, бериллия, инвара, карбида кремния. В работах В.М. Костина, В.П. Попова,

В.В. Степанова и В.Н. Федоровой были установлены уровни удельных лучевых нагрузок, вызывающих необратимые деформационные изменения поверхности зеркал при однократных и циклических нагружениях в зависимости от структурного состояния материала. Проведено ранжирование материалов и даны рекомендации по их использованию в зеркалах при различных режимах работы лазера.

Сведения о физико-механических свойствах многих тугоплавких соединений и их композиций (некоторые из них в виде изделий получены впервые) в значительной мере раскрыли возможности этих материалов, что повлияло как на определение условий их эксплуатации, так и на оценку их перспективности. В совокупности все эти результаты исследований за многие годы позволили построить научную систему знаний о природе тугоплавких соединений, механизмах деформирования и разрушения, особенностях их поведения в конструкционных изделиях при варьировании эксплуатационных условий.

В стенах лаборатории со дня ее образования до начала перестройки был воспитан отряд ученых материаловедов — подготовлено 3 доктора и 20 кандидатов наук. Стали инженерами целая плеяда лаборантов лаборатории, среди них: М.В. Шахурин, В.И. Аксимов, А.П. Шипов, Н.Ф. Прокофьева, Е.С. Колесников, Е.Ю. Кочерыгин, Ю.И. Крылов, Е.А. Лаврентьев, Е.А. Семенов, С.М. Самсоненко, М.Н. Свирин, С.В. Данилов. Повысили свою квалификацию и стали опытнейшими лаборантами В.В. Турчина, Т.В. Егорова, Г.Н. Топильская, Т.А. Косикова, В.Т. Соломасов, В.И. Мартыненко, А.А. Плетенков, Е.А. Ершов. Многие сотрудники стремясь расширить сферу своей деятельности возглавили научные и производственные подразделения института. Практически лаборатория 131 стала кузницей научных кадров для института. С началом перестройки потребность в научных знаниях стала угасать и в 1993 г. лаборатория прекратила свое существование.

## ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Химико-аналитическая лаборатория является первой и старейшей лабораторией предприятия. Ее организация относится к 1946 г. в составе Опытного завода и ко времени создания Института она представляла собой хорошо оснащенный, организованный коллектив с достаточно широкими возможностями. С 1948 по 1967 гг. начальником лаборатории был опытный и широко эрудирован-

ный специалист в области аналитической химии В.Ф. Ескевич. После его ухода на пенсию лабораторию возглавляли вхн В.Г. Косых с 1967 по 1978 гг. и с 1983 по 1998 гг.; с 1978 по 1983 гг. — А.Г. Прохоров, и с 1998 г. по настоящее время — Е.Т. Куликов.

В аналитической химии не обойтись без хороших аккуратных рук, которыми чаще обладают женщины. Поэтому в первые годы существова-



ния Института коллектив лаборатории был в основном женским — количество мужчин не превышало 20—25%. Однако в дальнейшем в лаборатории шире развивались инструментальные методы анализа, в коллектив приходили специалисты с физическим образованием, и доля мужчин постепенно выросла до 45%. В составе лаборатории в разные годы руководили группами: химического анализа (А.А. Аракелян, М.П. Майборода, Ф.Ф. Комаренко), физико-химического анализа (Г.А. Тараторин), эмиссионно-спектрального и атомно-абсорбционного анализа (Т.В. Рудакова, Л.С. Леонова, А.Г. Прохоров), рентгеноспектрального анализа и порометрии (И.Ф. Штауберг, Е.Т. Куликов), радиометрии и нейтронно-активационного анализа (И.С. Полякова, В.Т. Чернявский), газового анализа (А.М. Вассерман, Л.И. Михайличенко, А.М. Непряхин), масс-спектрометрии (Ю.П. Ефремов).

Лаборатория выполняла контроль элементного состава материалов по всем технологическим, материаловедческим разработкам и выпуску изделий в Институте. Для обеспечения требуемого научно-технического уровня работ лаборатория постоянно сотрудничала со специалистами других институтов — ГЕОХИ им. Вернадского АН СССР, ВНИИНМ им. Бочвара, СНИИП, ГИРЕДМЕТ, ВНИИХТ, МИФИ. В работе использовались как стандартизированные и известные из литературы методики, так и новые, разработанные в лаборатории методики анализа создаваемых в Институте материалов. Некоторые из

разработанных методик нашли применение на смежных предприятиях отрасли и в других организациях.

К ним относятся:

- определение содержания углерода в металлическом бериллии с чувствительностью 0,01% (1976 г., Ф.Ф. Комаренко);
- определение содержания газообразующих примесей (кислород, углерод, водород) в тугоплавких металлах, сплавах и соединениях газохроматографическим методом и разработка аппаратуры (60-е годы, Л.И. Михайличенко);
- определение водорода в гидридах (60-70-е годы, Г.А. Тараторин, Г.А. Кутырева);
- определение стехиометрии двуокиси урана полярографическим методом (Г.А. Тараторин, Н.П. Догадина);
- электролитическое разложение шаровых твэлов в условиях горячей камеры с целью выделения отдельных микротвэлов для послереакторных исследований (Б.П. Колесников).

Сотрудники лаборатории активно внедряли эти и другие разработки в заинтересованных организациях. Только на установку для определения газообразующих примесей в Институт поступило более ста заказов, и бригады сотрудников лаборатории во главе сначала с Л.И. Михайличенко, а затем — с А.М. Непряхиным много ездили по стране, внедряя установку и методику измерений.

В 60—70-х годах лаборатория активно оснащалась новым оборудованием. Некоторые аналитические приборы, которые поступали в лабораторию, разрабатывались по заказам Института и существовали в единич-

ных экземплярах в стране. Это рентгеновский спектрометр РС-5700 разработки ВНИИАЧермет (г. Москва), комплекс для нейтронно-активационного анализа «Геракл» разработки СНИИП (г. Москва), искровой масс-спектрограф «Агава-2П» разработки ФТИ (г. Сухуми). Специалисты лаборатории тесно сотрудничали с разработчиками, а группа нейтронно-активационного анализа почти в полном составе в течение нескольких лет работала в Москве в СНИИП и других организациях, где были условия для размещения нейтронного генератора. В это время шло строительство нового корпуса, где было предусмотрено подвальное помещение для наших «Гераклов» с нейтронным генератором. Запомнилось, как весь мужской состав лаборатории в течение нескольких суток без перерыва занимался заливкой двери — массивной стальной коробки — раскаленной чугуной дробью с парафином для того, чтобы обеспечить надежную защиту персонала от нейтронных потоков. Зато потом нейтронно-активационный анализ материалов проводился уже на территории института, в новых по-современному оборудованных помещениях.

В 80-е годы совместно с НИИАР разработана, изготовлена и успешно испытана в работе установка неразрушающего контроля содержания водорода нейтронным методом в блоках замедлителя сложной формы из гидрида циркония.

В конце 70-х-80-е годы лаборатория много и плодотворно работала над разработкой методик и созданием установок контроля материалов и изделий по направлению ВТГР. Что

только не было сделано! Это и методика пробоотбора (М.П. Волкова), без которого невозможен правильный анализ микрооплива. Это и различные методики анализа — от определения элементного состава отдельных микротвэлов массой всего около 3 мг (Ф.Ф. Комаренко, В.А.Климов) до определения неравномерности распределения урана в топливном сердечнике шарового твэла (В.И. Исаенко) и электролитического разложения шаровых твэлов (Б.П. Колесников). Если анализ отдельных микротвэлов — задача для Левши, подковавшего блоху, то контроль неравномерности по урану сердечников, имеющих отличающуюся от сферической форму, сопоставим с методами томографических исследований человека. В лаборатории была не только разработана методика и установка контроля неравномерности, но и осуществлялся 100%-ный контроль всех выпускаемых на предприятии шаровых твэлов. В работах по направлению ВТГР использовались все имеющиеся в арсенале лаборатории аналитические методы, и практически весь инженерный, а частично и лаборантский состав внес свой творческий вклад в разработку и реализацию соответствующих методик.

Перестройка и конверсия изменили сложившуюся систему организации работ и повлияли на место химико-аналитической службы в общей структуре института. Труднее стало закупать новое оборудование. Из приобретений, которыми можно гордиться, следует отметить только то, что в 1997 г. лаборатория получила новейший высокопроизводительный



*Сотрудники лаборатории 64 (1979 г.). Слева направо: 1-й ряд (сидят): Г.Н. Бондаренко, Л.А. Филаткина, И.И. Алексеева, Г.А. Кутырева, Р.И. Косырева, И.С. Полякова, А.С. Струбалина; 2-й ряд: В.Г. Коссых, А.А. Аракелти, В.И. Исаенко, В.А. Тютиков, А.М. Непряхин, Т.А. Вишишкова, С.К. Малев, А.М. Черпуный, Н.В. Грошикова, Г.В. Воробьева, Р.Б. Иоффе; 3-й ряд: Е.Т. Куликов, Ф.Ф. Комаренко, В.Т. Чернявский, С.М. Зенкин, С.А. Пискунов, А.Н. Королев, Е.М. Лизунов, Г.В. Романов, Г.В. Красиков, М.П. Волкова, А.Г. Прохоров*

прибор для масс-спектрометрического определения изотопного состава урана с высокой чувствительностью и точностью. Численный состав лаборатории сократился к началу XXI века с 60—70 до 16—18 человек, и задачи лаборатории в настоящее время ограничиваются в основном анализом оксидов урана, тугоплавких металлов и их сплавов, бериллия с использованием химических, эмиссионно-спектральных и масс-спектрометрических методов.

За годы существования Института в лаборатории работали, наверное,

более 200 человек. Кто-то задержался всего на год-два, кто-то проработал 15—20 лет, а кто-то — и более 30 лет, начав свою трудовую деятельность на предприятии, когда еще не было института. Но без труда всех не было бы сегодняшнего коллектива, который называется аналитической лабораторией и ведет свою историю с 1946 года. Здесь невозможно назвать поименно всех сотрудников, работавших в лаборатории в разные годы, но многие из них, работавшие в 70-х годах, показаны на фотографии.

## РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Работы по испытанию материалов и изделий в реакторах начаты в 1963 г., когда был создан отдел 70 (нач. отдела ктн Д.К. Ширяев).

В задачи отдела входило:

- проведение комплексных испытаний изделий с целью выбора оптимальных конструктивных и технологических вариантов изготовления твэлов;
- изучение теплообмена и гидродинамики как отдельных элементов, так и сборок твэлов;
- разработка экспериментальных петлевых устройств, стендов, приборов и методов контроля;
- изучение физики процессов радиационных повреждений, исследование изменения свойств облучаемых материалов, разработка ускоренных методов реакторных испытаний и моделирование радиационных повреждений.

Последняя задача относится собственно к радиационному материаловедению и отражается в данном разделе, а все описания реакторных испытаний изделий приводятся в других частях книги посвященных ЯРД, ТЭП, ВТГР.

Радиационно-материаловедческие исследования с 1973 г. стали продолжаться во вновь организованном отделе 120 (нач. дтн Р.А. Андриевский), в который из отдела Д.К. Ширяева была передана лаб. 72 (нач. лаб. ктн К.П. Власов). В 1977 г. после ухода Р.А. Андриевского из института, лаб. К.П. Власова была переведена в отдел прочности и переименована в лаб. 135. С тех пор работы по радиационному материаловедению стали,

главным образом, проводиться в этой лаборатории.

В связи с отсутствием собственной реакторной базы радиационные исследования проводились на реакторах Объединенной Экспедиции (ОЭ), ИЯФ УзССР, Свердловского филиала НИКИЭТ, МИФИ, НИИАР, ИАЭ и других реакторных базах по отдельным договорам или планам совместных работ.

Опытные образцы для реакторных испытаний изготавливались технологическими подразделениями института — отд. 20, 60, 140, 150, 160, а проходили аттестацию и предреакторные испытания в лабораториях отделов 60, 70, 90, 130. Необходимые экспериментальные устройства (петлевые каналы, ампулы и др.) разрабатывались конструкторскими подразделениями (лаб. 75, нач. лаб., ктн В.Я. Якубов) изготавливались в цехе 4 опытного завода и в технологической лаб. 74 (нач. лаб. А.М. Захаров, 1964—1971 гг., затем И.М. Семенов 1971—1984 гг.).

Для координации радиационно-материаловедческих работ, обсуждения комплексных программ и результатов исследований в институте с 1978 г. создан Совет по реакторным испытаниям во главе с первым зам. директора И.И. Федиком.

Радиационным испытаниям подвергались все топливные и конструкционные материалы, как созданные в Институте, так и известные материалы, но облучаемые в специальных условиях. Особенности радиационных исследований применительно к мате-

риалам высокотемпературных ЯЭУ определяются:

- одновременным воздействием на материалы многих факторов (радиация, термические и механические нагрузки, коррозионно-эрозионное действие агрессивных теплоносителей и пр.);

- высоким уровнем температур облучения от 1000 до 3100 К, высокой интенсивностью потока нейтронов (до  $10^{15}$ - $10^{16}$  см<sup>-2</sup>), большими выгораниями урана (~ 5—10% т.а);

- отсутствием каких-либо предварительных сведений о радиационном поведении вновь созданных материалов.

Все эти обстоятельства потребовали разработки и внедрения комплексной системы реакторных испытаний, включающей создание петлевых устройств, методологии предпетлевых, петлевых и послереакторных исследований, стендовых систем и аппаратуры.

В радиационных исследованиях использовались два принципиально различных метода испытаний: в первом, исследования свойств материала проводились после облучения, а во втором свойства определялись непосредственно в процессе облучения.

Облучения материалов для послереакторных исследований осуществлялись в простейших ампульных устройствах. В них могли варьироваться интегральный поток нейтронов или выгорание урана, среда и температура облучения. После облучения определялись изменения основных физико-механических, теплофизических и других свойств, а также формоизменение образца материала. Полученные данные позволяли сделать предварительный отбор материалов, выявить опасность радиационной

повреждаемости. Начатые в 1971 г., по инициативе дтн Р.А. Андриевского, исследования В.И. Савина, Р.М. Сорокина, В.Я. Маркина электрофизических характеристик и периода решетки облученных материалов, установили повышенную радиационную повреждаемость фаз внедрения по сравнению с металлами и сталями, что обусловлено наличием в решетке высокоподвижного элемента внедрения.

Исследования кинетики формоизменения образцов, ползучести и выхода газообразных продуктов деления (ГПД) топливных материалов в процессе облучения и варьировании температур, энерговыделения проводилось в более сложных внутриреакторных устройствах.

Самыми значительными по объему радиационные исследования были связаны, в первую очередь, с конструкционными карбидными и топливными материалами на основе твердых растворов карбидов урана, циркония, ниобия для ТВС ЯРД. Эти исследования проводились под руководством дтн К.П. Власова. Главными исполнителями этого направления были: руководитель группы — ктн И.И. Мозуль, ктн А.С. Попов, руководитель группы, ведущий инженер В.Т. Ильин, а также сотрудники ОЭ инженеры В.И. Тарасов, А.С. Шевченко, В.Н. Грознов, В.Л. Иванов.

Были получены первые сведения о радиационной стойкости (целостности, распухании и прочности) топливных карбидных материалов. Установлено, что при относительно низких температурах облучения 1000—1300 К и небольших дозах облучения прочность и термopочность топливных

карбидов способна увеличиваться. При повышенных выгораниях и температурах  $T \geq 2000$  К образцы топливных материалов распухают. Эти сведения, позволили определить допустимые режимы эксплуатации твэлов ЯРД.

Исследования конструкционных карбидов и карбидографитов, проведенные ктн Б.Ф. Ушаковым, (1976—1986 гг.), показали, в основном, удовлетворительную радиационную стойкость применительно к условиям работы ЯРД.

С 1969 г. были начаты работы по изучению влияния облучения на материалы ЭГК ТЭП, в том числе на материалы сердечника. На реакторе ИВВ-2М проведены исследования диоксида урана, карбонитрида, карбида и нитрида урана до выгораний урана ~ 0,15% т.а. Для ускорения реакторной отработки перспективных топлив был разработан метод форсированных по темпу выгорания испытаний, что позволило в течение 1 года облучения на исследовательском реакторе набирать выгорание 0,5—0,6% т.а., соответствующее 20000 ч. ресурса установки. Полученные результаты позволили рекомендовать для возможного применения модификацию диоксида урана с переконденсированной радиально-ориентированной структурой свободное распухание которого в 2—4 раза меньше, чем у используемого плотного мелкозернистого диоксида урана. Эти работы проводились нач. группы В.С. Гутником, ст. инженером В.И. Короткевичем.

В это же время были начаты работы по исследованию влияния

облучения быстрыми нейтронами на радиационную повреждаемость и изменение механических свойств высокотемпературных конструкционных материалов, используемых в ЭГК: монокристаллических молибдена и вольфрама и их упрочненных сплавов. Главным исполнителем этих работ был ктн Б.А. Оплеснин. Исследования проводились в широком диапазоне температур (от 420 до 2000 К) до интегрального потока быстрых нейтронов  $10^{21}$  н/см<sup>2</sup>. Выявлена существенная деградация механических свойств при температурах  $\leq 1300$  К, в то же время облучение при более высоких температурах не приводило к изменению механических свойств и нарушению монокристалльности материалов.

Радиационные ресурсные испытания модельных твэлов ТЭП в течение 5—6 тысяч часов не выявили заметного ускорения химического взаимодействия диоксидного топлива с материалами оболочек твэлов и показали недостаточную совместимость карбидного топлива с вольфрамом.

Сведения о выходе газообразных продуктов деления (ГПД) из различных топливных материалов является важной характеристикой определяющей работоспособность твэл. Были разработаны методы определения выхода ГПД при температурах 600—2800 К. Исследованиями рук. группы С.Г. Корнеева, инженера В.И. Ржавцева, сис А.И. Дерюгина, мис Ю.А. Волкова, рук. группы, ктн Ю.С. Золотухи, на реакторе ИВВ-2М получены данные о кинетике выхода ГПД для композиционных материалов с микротопливными (МТ) частицами для шаровых твэлов высоко-

температурных газоохлаждаемых реакторов ВТГР. Испытания МТ с многослойными покрытиями россыпью и в составе шаровых твэлов на реакторах НИИАР и МИФИ силами сотрудников лаб. 67 (нач. лаб. ктн Р.А. Лютиков, мнс А.А. Гусев) позволили выбрать оптимальные варианты конструкции МТ и технологии его изготовления, что привело, в конечном счете, к минимизации выхода ГПД.

Результаты позволили предложить модель для оценки возможного выхода ГПД в зависимости от конструкции МТ, температуры и флюенса нейтронов.

Исследование выхода ГПД из матричных композиций  $UO_2(Ni + Cr)$  материала сердечника твэла аппаратов ПАМИР и БРИГ позволили определить величину компенсационного объема оболочкового твэла и выбрать оптимальный, с точки зрения радиационной стойкости, состав материала сердечника.

Радиационные испытания гидридов циркония и иттрия в СФНИКИЭТ начаты в 1970 г. мнс В.И. Савиным, ст. инженером В.С. Справцевом. Изучалось влияние облучения на распухание, удельное электросопротивление, микротвердость, рентгеновские и микроструктурные характеристики

гидридов различного состава по водороду и легирующим добавкам. Кроме этого, проводились исследования различного типа водородозадерживающих покрытий. В середине 80-х годов созданы экспериментальные устройства фиксирующие изменения свойств материалов непосредственно в процессе облучения. Показано, что при температурах облучения 370—420 К определяющий вклад в радиационную повреждаемость гидроида вносит водородная подрешетка, а при температурах облучения 770—923 К изменения свойств гидроида в преобладающей степени связано с образованием дефектов в металлической подрешетке. На наблюдаемое изменение водородопроницаемости покрытий, сформированных на поверхности гидроида, влияет как распухание основы, приводящее к нарушению сплошности покрытия, так и накопление радиационных дефектов в самом покрытии, которые создают дополнительные пути миграции водорода. Наиболее существенный вклад в эти изменения, по-видимому, вносят нарушения сплошности покрытий.

Данные радиационных исследований были положены в основу выбора материалов разрабатываемых изделий и, в ряде случаев, обоснования их работоспособности.

# ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

## ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

На научно-техническом совете ПНИТИ под председательством И.Г. Гвердцители 4 февраля 1972 г. по инициативе заместителя директора по научной работе И.И. Федика и начальника отд. 30 Ю.Н. Подладчикова обсужден вопрос об организации информационно-вычислительного центра Института.

С целью улучшения использования современной вычислительной техники в научно-исследовательской и организационной деятельности принято решение создать в Институте в соответствии с утвержденной структурой информационно-вычислительный центр (ИВЦ) на правах научно-исследовательского отдела. В соответствии с этим решением приказом директора от 27 марта 1972 г. был образован отдел 80. В состав отдела вошла лаборатория вычислительной техники 81 (ранее лаб. 36 отдела 30) и вновь созданная лаб. 82 на базе сектора лаб. 31 с привлечением сотрудников лаб. 36, занимавшихся задачами АСУ и планированием экспериментов. Начальником отдела 80 и лаб. 82 назначен ктн В.Н. Михайлов, а начальником лаб. 81 И.Н. Урбанович. Отделу 80 был подчинен также отдел научной организации труда во главе с ктн В.К. Мальцевым.

Главные задачи, поставленные перед отделом при его организации, заключались в разработке:

- автоматизированной системы управления предприятием (АСУП);
- автоматизированной системы математической обработки и оптимального планирования экспериментов;
- численных методов расчета температурных полей и термонапряжений в сложных телах;
- автоматизированной системы проектирования изделий;
- системы оценок научно-производственной деятельности научных подразделений.

К моменту образования отдела 80 в Институте работали две вычислительные машины: М-20 и М-222. «ЭВМ М-20, выпускаемая Казанским заводом математических машин, — вспоминает ис Г.М. Кухаренко, — по своим параметрам в то время была, пожалуй, лучшей из выпускаемых в стране ЭВМ и, что немаловажно, достаточно надежной. Не случайно она приобреталась предприятиями «оборонки» и нашей отрасли. Внешне она производила внушительное впечатление габаритами своих стоек и устройств. Достаточно сказать, что электронные схемы ее содержали несколько тысяч электронных ламп, не считая множества других радиодеталей. Выпускалась она в единичных экземплярах, порядка 12—15 в год, а предприятий, желавших приобрести ее, было в несколько раз больше.



Тем не менее, благодаря энергии нач. отдела 30 дтн М.А. Ханина и авторитету М.В. Якутовича, такая возможность была предоставлена ПНИТИ после заказа машины уже на следующий 1963 г.

Ситуация осложнялась тем, что по правилам ввода в эксплуатацию основных фондов на монтаж и пуско-наладочные работы давалось не больше полугода с момента получения ЭВМ с заводских стендов, а помещение под размещение ЭВМ в Подольске (пристройка к корпусу 103) существовало только в проектных чертежах. Был найден вариант размещения машины на территории Института двигателей (НПО «Красная Звезда») в Текстильщиках, причем хозяева территории обеспечивали электроэнергией, теплом, охраной, а техническая поддержка оставалась за нами. Полезное машинное время делилось между предприятиями поровну. В мае 1963 г. прошла заводская приемка ЭВМ, и машина благополучно отправилась в Текстильщики».

В 1967 г. М-20 была демонтирована, перевезена и установлена на новой площадке в корп. 103/1. На машине М-20 не было еще алфавитно-цифрового печатающего устройства и всю информацию, необходимую для пользователей, приходилось выводить на печать в зашифрованном цифровом виде. К концу 1972 г. М-20 была демонтирована ввиду физического износа. Тем не менее за время работы М-20 было получено около 17 тыс. часов полезного машинного времени, что позволило разрешить целый ряд сложных и важных научных и тех-

нических задач в Институте. Выросли кадры по техническому обслуживанию и эксплуатации ЭВМ. От сторонних организаций получено 221 тыс. рублей, что составило около 70% стоимости самой ЭВМ М-20. В 1971 г. была освоена ЭВМ второго поколения — ЭВМ М-222 с большой по тем временам оперативной памятью и развитой операционной системой. Монтаж, наладка и ввод в эксплуатацию были выполнены сотрудниками лаборатории Д.В. Архипенковым, В.С. Артемовым, И.А. Жвибулем, И.Н. Урбановичем без привлечения сторонних организаций. Полезная выдача машинного времени на М-222 достигала 22 ч. в сутки и более. В конце 1973 г. для разработки АСУ была приобретена ЭВМ МИНСК-32. В первой очереди АСУ предприятия (1973—1976 гг.) были разработаны комплексы задач по подсистемам: планирование НИР и ОКР, управление кадрами, управление финансово-бухгалтерской деятельностью, управление материально-техническим снабжением.

Сетевое планирование внедрялось с большим трудом, так как затрагивало интересы и требовало участия всех руководителей подразделений и большого числа научных работников, которые в большинстве своем психологически не были подготовлены к этой работе. Поэтому к моменту сдачи первой очереди АСУ (1976 г.) сетевое планирование велось по отдельным темам. Но с 1977 г. вся научно-исследовательская и опытно-конструкторская тематика планируется только с помощью сетевых графиков. В этом большую роль сыграла группа лаб. 82 по

эксплуатации задач подсистемы сетевого планирования во главе с Т.П. Шемелиной.

Подсистема управления кадрами разрабатывалась на ЭВМ М-222. Математическое обеспечение было основано на нескольких стандартных программах, а реализованы они были программистом высокой квалификации О.Г. Лебедевой. Система была достаточно гибкой и позволяла отвечать на многочисленные запросы, которые составлялись в виде таблиц и чисел на перфокартах.

Подсистема управления материально-техническим снабжением создавалась на базе вычислительной машины МИНСК-32. Впервые для программирования применялся алгоритмический язык КОБОЛ. Для функционирования этой подсистемы необходим классификатор материалов. Такого справочника в то время не было, и это сдерживало автоматизацию учета материалов на большинстве предприятий. В разработке института было принято принципиально новое решение — автоматическое создание классификатора в процессе внедрения подсистемы. Как показала последующая практика, это предложение себя оправдало. При разработке подсистемы возникли большие трудности с программированием. Специалисты, занимавшиеся этой работой, не обладали необходимой квалификацией и опытом работы. Но тем не менее к концу 1975 г. математическое обеспечение, в основном, было создано, но настоящее внедрение задач началось уже в 1980 г.

Вторая очередь АСУ предприятием разрабатывалась с 1976 г.

по 1979 г. В эти годы главное внимание было уделено внедрению задач АСУ в повседневную деятельность Института. Сетевое планирование стало единственной формой планирования всей научно-исследовательской деятельности подразделений. Учет материалов внедрен на всех складах предприятия и включал автоматизированную обработку приходных ордеров, требований, накладных. На заводе сетевые графики стали использоваться для технической подготовки производства. Всего во второй очереди сдавалось в эксплуатацию 6 функциональных подсистем и 4 системы целевого назначения в составе 57 задач. Основным разработчиком второй очереди АСУ являлась лаб. 82, которую с 1977 г. возглавил Г.М. Кухаренко.

В 1977 г. введена в промышленную эксплуатацию автоматизированная система контроля исполнения документов на ЭВМ МИНСК-32.

В середине 70-х годов в стране начал осуществляться переход на вычислительную технику третьего поколения ЕС ЭВМ. Первой машиной, внедренной на предприятии из этой серии, была ЭВМ ЕС-1022. Для ее установки были выделены помещения на первом этаже корп. 103. Проект реконструкции разработали сотрудники отдела 16, но все принципиальные решения по размещению оборудования, его привязке осуществлялись лаб. 81.

В 1978 г. ЭВМ ЕС-1022 введена в строй; в этом участвовали специалисты центр ЭВМ комплекса, которые с этого времени постоянно будут заниматься и эксплуатацией ЭВМ. Новая ЭВМ первый год рабо-

тала очень ненадежно, постепенно выяснялись и устранялись «слабые места». Долгое время не удавалось заставить «работать» вторую половину оперативной памяти. Устройство имело заводской дефект, который смогли ликвидировать только представители завода-изготовителя. Но постепенно дело наладилось, и на ЕС-1022 стали успешно обрабатывать информацию АСУ и решать актуальные научно-исследовательские задачи. Набирались опыта инженеры-электронщики, они научились отыскивать и устранять самые сложные неисправности. Единственная женщина среди инженеров-электронщиков Л.И. Быканова взяла под свою опеку сверхтонкое устройство оперативной памяти и научилась в кратчайшие сроки находить и устранять возникавшие неисправности. На ЕС-1022 в подсистеме финансово-бухгалтерской деятельности внедрен учет основных фондов завода, а также кассовых операций.

Опыт реконструкции помещений, установки и эксплуатации ЕС-1022 послужил основой для ввода в эксплуатацию в институте более мощной вычислительной машины ЕС-1060. Ее планировалось установить взамен М-222 и МИНСК-32. Однако высвобождавшихся помещений было недостаточно для размещения ЕС-1060 и поэтому пришлось делать пристройку к корп. 103/2. Проект реконструкции был разработан специализированным проектным предприятием. В этом проекте было принято предложение И.Н. Урбановича о замене холодильной установки несколькими кондиционерами, выпускаемыми промышленностью, что

значительно уменьшило необходимые для размещения оборудования площади помещений. Большую организационную работу по связи с проектантами, согласованию проектных решений с обслуживающими службами института провел главный инженер отдела В.С. Артемьев.

В феврале 1982 г. начали демонтаж машин ЭВМ-222 и МИНСК-32, в III квартале этого же года приступили к реконструкции помещения. Для помощи строителями была сформирована строительная бригада из электромехаников и инженеров, которая выполняла практически все строительные работы, не требовавшие специальной профессиональной подготовки.

К середине 1983 г. строительство было закончено и основная часть помещений была подготовлена к приему оборудования. В конце III квартала из Минска на трейлерах привезли все устройства вычислительной машины ЕС-1060. В комплект входила оперативная память объемом 8 Мбайт, 8 болгарских дисководов по 200 Мбайт каждый, 2 АЦПУ, 8 накопителей на МЛ, 8 дисплеев и т.д. Для того, чтобы «выбить» у завода такой расширенный комплект, директор Института выпросил у первого заместителя Министра специализированный автомобиль с подъемником и передал его изготовителям ЭВМ.

К концу 1983 г. монтаж ЭВМ и вспомогательного оборудования закончили и с начала 1984 г. специалисты центр ЭВМкомплекса вместе с инженерами лаборатории приступили к наладке вычислительной машины. Работа продвигалась с боль-

шим трудом, многие устройства сразу же нуждались в ремонте. Особенно трудно давалась наладка болгарских накопителей на магнитных дисках. Эти устройства оказались очень капризными и ненадежными у всех пользователей. К моменту сдачи ЭВМ в эксплуатацию были налажены только два дисководы. ЭВМ ЕС-1060 была принята комиссией в эксплуатацию в конце II квартала 1984 г., но еще многие месяцы работа машины была неустойчивой и требовала к себе постоянного внимания инженеров. Вычислительные системы стали уже настолько сложными, что инженеры должны были специализироваться по отдельным устройствам.

Эксплуатацией и внедрением вычислительной техники в институте занимались в лаб. 81 специалисты высокой квалификации: инженеры-электронщики Д.В. Архипенков, И.А. Жвибуль, В.К. Шемелин, В.В. Акимов, операторы ЭВМ, среди них: В.А. Кирилова, Г.А. Варламова, Л.Н. Григорьева, Т.В. Соседова, Т.М. Широкова, операторы подготовки данных на машинных носителях: Е.Н. Бондаренко, Н.Е. Курасова, Э.К. Иванова, Н.В. Мухортова. Операторы подготовки данных работали в две смены. Машины работали круглосуточно с остановкой только на праздничные дни. Операторам подготовки данных приходилось работать в конце и начале месяца в субботние дни или в вечерние смены, так как на это время приходится огромный объем входной информации для задач АСУ. Общая мощность универсальных ЭВМ типа ЕС в Институте к 1984 г.

составила 1,3 миллиона операций в секунду. Если сравнить этот показатель с параметрами современного персонального компьютера, способного разместиться на письменном столе исследователя, то он перекрывает суммарную мощность установленных тогда ЭВМ.

С 1980 г. начался новый этап в разработке АСУ предприятия — перевод на новую техническую базу: ЕС ЭВМ. Вычислительные машины ЕС программно несовместимы с машинами второго поколения (М-222, МИНСК-32), поэтому необходимо было переделать все программное обеспечение задач АСУ. Одновременно с этим имело смысл учесть при разработке АСУ на базе ЕС ЭВМ последние достижения в этой области. Были вновь разработаны комплексы задач по учету и расчету зарплаты на основе единой системы управления базами данных «ИНЕС» пакет прикладных программ СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ.

На базе ЕС ЭВМ было разработано также несколько целевых систем:

- автоматизированная система обработки данных санитарно-гигиенического и дозиметрического контроля;
- автоматизированная система учета средств измерений;
- оценка деятельности предприятия;
- автоматизированная информационно-справочная система по созданию объектов новой техники.

С 1980 г. ПНИТИ приказом по отрасли назначен головным в группе предприятий по разработке типового АСУ НИИ (проект НЕПТУН). Разработки отдела 80 внедрены на



*10-летний юбилей 80 отдела (1982 г.). Слева направо: 1-й ряд — А.В. Окнина, Т.П. Шемелина, А.Г. Полякова, Н.В. Колесникова, Л.И. Демина, Н.М. Зубова; 2-й ряд — В.Н. Михайлов, Г.М. Кухаренко, Ю.П. Лаврентьев, И.С. Попов, В.С. Артемов*

многих предприятиях. Особенно популярны комплексы задач расчета зарплат АСКИД.

В разработке и внедрении АСУ НИИ на базе ЕС ЭВМ основными исполнителями являлись: Г.М. Кухаренко, Ю.П. Лаврентьев, О.И. Леонова, Н.М. Зубова, А.А. Еремин, С.И. Морякова, Л.Г. Кромова и др.

Первая очередь типовой АСУ НИИ (проект Нептун) на базовом предприятии ПНИТИ была принята в промышленную эксплуатацию государственной комиссией в октябре 1984 г.

С момента образования отдела в нем велись математические исследования прикладных задач, возникавших при проектировании, разработке и экспериментальных исследова-

ниях новых установок и технологий. Эти работы велись сначала сотрудниками лаб. 82, а с 1983 г. во вновь образованной лаб. 85 под руководством ктн В.Н. Михайлова. Был создан пакет прикладных программ ИНТЕГУР, который позволял проводить расчеты стационарных и нестационарных полей в составных телах, со сложными границами с учетом тепловыделения при произвольных граничных условиях. Эти исследования были проведены впервые в Советском Союзе. В 1982 г. на эту тему В.Н. Михайловым защищена докторская диссертация. Основные результаты исследований были изложены в 1985 г. в монографии И.И. Федика, В.С. Колесова, В.Н. Михайлова «Температурные

поля и термонапряжения в ядерных энергетических установках».

Вместе с В.Н. Михайловым в этом направлении работали: А.С. Бобрик, Ю.Н. Аккуратов, программисты Н.В. Урбанович, О.Г. Лебедев, Т.А. Галкина, В.И. Жучков.

Работы по обработке и оптимальному планированию экспериментов велись Д.М. Ляховым с сотрудниками. В 1972 г. он пришел в институт молодым специалистом и быстро вырос до руководителя группы. Им получены новые результаты в теории построения несмещенных планов, разработан универсальный алгоритм построения линейных регрессионных аппроксимаций для некорректных задач, изящно решена задача оптимального расположения приводов в активной металлооптике. Под его руководством разработан пакет прикладных программ АСОП (автоматизированная система обработки и планирования эксперимента), имевший большую популярность среди специалистов большинства подразделений института. В разработке этого пакета участвовали: С.М. Жалилова, В.Ф. Киселев, И.В. Владимировна.

В 1977 г. в составе отдела 80 организована лаборатория 83 технико-экономических исследований под руководством А.А. Еремина. Сотрудниками Л.А. Козловой, Г.С. Кузьминой, А.Ю. Неверовой, М.Т. Исмихановым проводились технико-экономические обоснования по разрабатываемым институтом изделиям установок ЯЭУ, матричным элементам, различным изделиям металлооптики, с определением экономического эффекта.

В исследованиях применен современный экономический метод функционально-стоимостного и факторного анализа, позволяющий выявить зависимость экономических показателей от технических, конструктивных и технологических параметров изделий. Анализ выявленной структуры себестоимости изделий позволил наметить пути дальнейшего их удешевления и повышения экономической эффективности от их использования.

В 1974 г., созданная в 1968 г. группа НОТ, подчиненная непосредственно главному инженеру Института, была передана в отдел 80 и преобразована в лаб. 84 под руководством В.К. Мальцева. Задачи лаборатории заключались в исследованиях условий труда и эффективности деятельности подразделений Института. «К сожалению, — вспоминает проф. А.Г. Ланин, — несмотря на активно проводимые отделом различные мероприятия: анкетные опросы, разработку оргдокументов, как например, «Внедрение карт организации рабочих мест», «Обучение в школах передовых методов», реальные условия труда и результативность деятельности лабораторий в условиях действующего в стране социалистического хозяйства практически не изменялись». В феврале 1992 г. отдел 80 был расформирован, в 1994 г. лаб. 82 исключена из структуры института, а лаб. 85 в июне 1995 г. была упразднена. Лаб. 83 и 84 после их объединения в 1987 г. были расформированы в апреле 1994 г.

Переход на работу с персональными компьютерами начался в ин-

ституте в основном после 1994 г. «Появление на предприятии первых персональных компьютеров, — вспоминает А.С. Жарков, — началось в 1981 и тесно связано с лаб. 132. В середине 1981 г., каким-то образом, в Троицком филиале ИАЭ появилась партия суперновых тогда персоналок — ИВ РС с процессором 20286. И часть этих машин передали на наше предприятие (не продали, а передали во временное пользование). У истоков этой операции стояла «могучая» тройка: Е.Л. Муравин (лаб. 132), Л.А. Осипенко (лаб. 31) и А. Зайцев (отдел 90). И первые машины были распределены между этими подразделениями на зависть остальным. На первом этапе в Троицке устроили курсы начального обучения. Многого казалось новым. Это и новая для нас операционная система, и возможность посмотреть изображения на 16-цветном экране с разрешением 360×480 точек и многое другое. И, конечно, первые игрушки и еще принтер. На курсах мы осваивали языки программирования — все тот же Фортран и Бейсик, учились писать и отлаживать программы. И, наконец, зимой технику при-

везли в Институт. Целых два грузовика — более двух десятков персоналок. Не прошло и месяца персоналки уже на рабочих местах. Нельзя сказать, что это сильно изменило стиль работы, в основном они использовались как очень интеллектуальные печатные машинки.

Для организации работ в Институте была проложена первая сеть. Собственно это была еще не сеть в современном ее понимании — персоналки становились удаленными терминалами. Но на этой основе можно было создать модель, сформировать задание, отправить на счет и, самое главное, получить и проанализировать результаты расчета. А пакет был исключительно мощный. Он позволял решать задачи статистики, динамики, пластичности, ползучести и многое другое. Было разработано много достаточно сложных и мощных программ, особенно в отделе 30. В рамках освоения программы была решена задача сложного анализа напряженного состояния изолятора (фарфоровой чушки с металлическим стержнем и бетонным заполнителем) на линиях электропередачи и результаты ее решения использованы потребителем».

## УЧЕНЫЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ИНСТИТУТА

В середине 60-х годов, когда Институт получил новый импульс в своем развитии, директор института М.В. Якутович чутко уловил необходимость воспроизводства и увеличения численности научных кадров высшей квалификации. Нужны были титулованные сотрудники не только со стороны, хотя для них, разу-

меется, двери не закрывались, но главный упор следовало сделать на собственных воспитанников. Этот отряд научных работников имеет ряд неоценимых достоинств: они растут и совершенствуются на родной для них почве, многое им уже знакомо и не требует приспособления к новому месту и характеру много-

отраслевого организма, ибо любая научная организация отличается от других своими повадками и дышит своим воздухом.

Именно поэтому среди прочих в число первых неотложных задач директор поставил организацию в НИИТВЭЛ Ученого совета по рассмотрению научно-производственных вопросов и приему к защите диссертаций. Этим преследовалась двойная цель: в период научного ускорения собственные кадры становились решающей силой; второй же замысел, весьма существенный, но очевидный далеко не всем, состоял в учете того фактора, что собственный Ученый совет помогал бы институту из ведомого перейти в разряд ведущих, что, конечно же, нужно было доказать делом.

Ученый совет для приема к защите диссертаций чаще создавался там, где уже действовала собственная аспирантура, а ее в институте не было. Однако, несмотря на это, М.В. Якутовичу удалось преодолеть трудности, авторитету видного ученого и обаятельной личности поверили. Сначала он привил свою уверенность собственному ведомству — Министерству среднего машиностроения — и, приобретя в его лице влиятельного единомышленника, заставил другое министерство поверить в Институт.

В результате предпринятых шагов, 23 марта 1965 г. в Подольском Институте приказом Министра высшего и среднего специального образования СССР В.П. Елютина создается Ученый совет с правом приема к защите закрытых диссертаций на соискание ученой степени

кандидата наук по следующим направлениям:

1. Физико-математические науки по специальности 01.04.07 — Физика твердого тела;

2. Технические науки по специальностям:

05.16.01 — Металловедение и термическая обработка металлов;

05.16.03 — Металлургия цветных, благородных и редких металлов;

05.16.06 — Порошковая металлургия и композиционные материалы;

05.16.07 — Металлургия металлов высокой частоты и прецизионных сплавов.

Так было положено начало новой научно-кадровой политики. Взятый сам по себе, в отрыве от дальнейшего развития института, факт учреждения Ученого совета не объяснил бы главного, а между тем он стал реальным знаком того, что на первые роли выходила наука как гарантия перспектив и полезности Института.

На первых порах в связи с отсутствием докторских диссертационных работ собственных сотрудников, вновь образованному Совету предоставили право приема к защите только кандидатских диссертаций. Возглавил Совет директор института доктор физико-математических наук, профессор М.В. Якутович. По его предложению в состав Ученого совета вошли именитые представители других организаций, крупные специалисты в соответствующих направлениях атомной науки и техники: д.тн, член-корр. АН СССР Р.С. Амбарцумян (заместитель директора по научной работе ВИАМ); д.тн, профессор А.И. Евстю-



хин (заведующий кафедрой МИФИ); дтн, член-корр. АН СССР профессор А.С. Займовский (заместитель директора по научной работе ВНИИНМ); дтн В.А. Малых (заместитель директора ФЭИ); дтн, профессор Д.М. Скоров (заведующий кафедрой МИФИ). Эти ученые являлись признанными специалистами, обладали большим опытом работы и могли оказать Институту помощь не только советами, но и обсуждением научных методик, планов работ и их реализации.

В состав Совета вошли и кандидаты наук, работавшие в то время в институте: Р.А. Андриевский, Б.Г. Игнатъев, Л.А. Ижванов, А.А. Киселев, В.Ф. Функе, Д.К. Ширяев. Ученым секретарем Совета был назначен ктн П.А. Гудович, проработавший в этой должности 23 года (до 1988 г.). Кроме ученых, по существовавшему тогда положению, в состав Совета вошел секретарь парторганизации института С.М. Морковин, которого в октябре 1966 г. сменил А.М. Казаков.

Первое заседание Ученого совета состоялось через полтора месяца после его образования — 7 мая 1965 г. сотрудник Института Л.Б. Неженко успешно защитил кандидатскую диссертацию. Вторым был Л.М. Герт (22.10.65), третьим — Б.А. Оплеснин. Так начал свою работу Ученый совет подольского Научно-исследовательского института тепловыделяющих элементов. В последующие годы интенсивность работы Совета возросла, и по количеству прошедших через него диссертаций по проблемам атомной науки и техники он вышел в этой области зна-

ний на одно из первых мест в стране. Так в период с 1965 по 2001 гг. в Совете защищено 46 докторских и более 230 кандидатских диссертаций. Из этого числа более 50 ученых Сухуми, Тбилиси, Ташкента, Троицка, Львова, Киева, Москвы, Ленинграда, Свердловска и других городов защитили свои диссертации в Подольске. Такова впечатляющая география научных связей и интересов Института. Кстати сказать, Высшая аттестационная комиссия (ВАК) утвердила все без исключения диссертации, что свидетельствует как о высоком уровне представленных трудов, так и об ответственном подходе к ним при рассмотрении и принятии решения в Совете, за 37 лет работы он не имел ни одного замечания со стороны ВАК.

Вновь возвращаясь к хронологии работы Совета, следует вспомнить, что уже в 1966 г. в Институте открылась аспирантура. Открытие ее зафиксировало тот очевидный факт, что молодые и наиболее деятельные сотрудники включили в личные планы свой дальнейший научный рост, и серьезное воздействие на такой поворот мыслей оказал именно Ученый совет. Кроме того, с его образованием появилась возможность обращаться в ВАК СССР с ходатайствами о присуждении сотрудникам института ученых званий «профессора» и «старшего научного сотрудника». В эти годы Совет института собирался часто. На одних его заседаниях проходили защиты диссертаций, на других — обсуждались научные и технические вопросы деятельности предприятия, рассматривались представления в ВАК ходатайств о

присуждении ученых званий, а также принимались решения об избрании и переизбрании сотрудников на научные должности в различных подразделениях института.

Первыми к присвоению звания старшего научного сотрудника в 1965 г. были представлены: Б.Г. Игнатьев, Л.А. Ижванов, В.Ф. Функе, в 1967 г. к ним присоединилось еще 9 человек (А.А. Бабад-Захряпин, А.Г. Ланин, Р.М. Альтовский и др.), а в 1970 г. к званию профессора Ученый совет представил Р.А. Андриевского и И.Г. Гвердцители. Позднее дипломы профессора получили И.И. Федик, А.С. Панов, А.В. Пустогаров, А.Г. Ланин, Г.А. Рымашевский, Л.Б. Нежевенко и др.

В 1970 г. Институт возглавил новый директор, им стал доктор физико-математических наук, член-корр. АН Груз. ССР И.Г. Гвердцители. Ученый совет пополнился новыми членами, в его состав вошли доктора наук Р.Я. Кучеров, А.А. Бабад-Захряпин, Ю.И. Данилов, В.Н. Быков, а также кандидаты наук И.И. Федик и Д.Д. Соколов. В связи с тем, что к этому моменту в Институте работало уже достаточное количество собственных докторов, статус Ученого совета повысился — ему предоставили право приема к защите докторских диссертаций. В соответствии с правилами ВАК, председателем Совета стал И.Г. Гвердцители, который руководил им до 1978 г. К этому году



*Сотрудники Института — члены Ученого совета (1996 г.).  
Слева направо: профессора Ю.В. Николаев, А.С. Панов, И.И. Федик, В.С. Колесов,  
А.Г. Ланин, Р.Я. Кучеров, Л.Н. Пермяков, А.В. Пустогаров,  
ученый секретарь совета ктн И.В. Колупаев*



*Профессор, заслуженный деятель науки России А.Г. Лавин (слева) и ктн, ученый секретарь института И.В. Колубаев в музее института рассматривают Международный почетный диплом, присвоенный Институту за плодотворную научную деятельность по разработке тугоплавких материалов*

Ученый совет Подольского научно-исследовательского и технологического института (ПНИТИ — так к тому времени стал именоваться НИИТВЭЛ) занял достойное место в ряду Советов, принимающих к защите диссертации по проблемам атомной науки и техники. В 1978 г. место И.Г. Гвардители в секции ВАК при Минатоме занял И.И. Федик, а в 1998 г. он стал ее председателем. Защищаться в Подольске — означало выдержать строгий нелюбезный контроль специалистов высокого класса, которые исповедуют один принцип: «Платон мне друг, а истина дороже».

С 1978 г. Совет возглавил доктор технических наук И.И. Федик. В его

состав дополнительно вошли доктора наук В.Я. Бородачев (НИИТП), Я.Д. Пахомов (ВНИИНМ), А.Г. Лавин, Л.Б. Нежевенко и Г.А. Рымашевский (трое последних — ПНИТИ).

Завершая обзор персонального состава Ученого совета ПНИТИ с момента образования и до настоящего времени, к уже упомянутым его членам следует добавить других специалистов, работавших в Совете в разные годы. Вот их имена: академики РАН В.И. Субботин, Н.Н. Пономарев-Степной, А.С. Коротеев, доктора наук Б.А. Калинин, П.П. Олейников, В.И. Савин, В.Ф. Гордеев, И.С. Головнин, В.Н. Михайлов, Е.К. Дьяков, В.П. Зубарев, С.В. Алек-

сеев, Н.М. Власов, Е.Е. Жаботинский, В.Н. Загрязкин, В.С. Колесов, Ю.И. Лихачев, А.С. Панов, Л.Н. Пермяков, В.П. Сметанников, О.И. Шанин.

Начиная с 1970 г., в соответствии с утвержденным тогда «Положением о защите диссертаций», Ученый совет занимается только диссертационными делами, все другие вопросы, в том числе и рассмотрение ходатайств в ВАК о присвоении ученых званий перешли в ведение Научно-технического совета (НТС) института. В этом разграничении была своя логика, ибо при обсуждении сугубо внутринститутских вопросов присутствие специалистов из других организаций не всегда обязательно. В последнее время ученое звание старшего научного сотрудника по данной специальности присваивал непосредственно НТС, а ныне ВАК РФ ввел ученое звание «доцент по специальности». Всего в Институте ученое звание получили более 160 человек.

Что же касается аспирантуры, то прием в нее осуществляется по тем же специальностям, по которым проходят защиты диссертаций в Ученом совете. Аспирантура является прекрасной школой подготовки молодых ученых. При ней в 1970 г. учредили отдел соискателей, в который адресовались специалисты со стажем, уже подготовившие диссертационные работы. Первыми аспирантами стали В.П. Исаков, Ю.А. Краснощек, Ю.Б. Обыденков, В.С. Егоров. Среди первых соискателей были А.А. Абрамов, И.А. Каретников, И.В. Пшеничный, В.С. Колесов, В.С. Никульшин и др.

Одним из составных элементов подготовки и аттестации научных

кадров является сдача кандидатских экзаменов. Этот участок работы был также возложен на аспирантуру, и проблему разрешили с максимальным удобством для аспирантов и соискателей. Кандидатские экзамены по специальностям принимались комиссиями, утвержденными приказом по Институту. Экзамены по философии соискатели сдавали в МИФИ. Там же проходила и подготовка аспирантов по этому курсу. Иностранный язык изучался у нас в Институте, где эту проблему возложили на сотрудников группы переводчиков. Подготовка велась по английскому и немецкому языкам. Здесь же специальная комиссия принимала экзамены.

Многие профессора и доктора наук активно работали с аспирантами и соискателями. Так член-корреспондент Российской академии наук И.И. Федик, доктора наук Р.А. Андриевский, А.В. Пустогаров, А.Г. Ланин подготовили около 20 кандидатов наук каждый; доктор наук Ю.Н. Подладчиков — 15, а профессора Ю.В. Николаев, Р.Я. Кучеров, А.А. Бабад-Захряпин и В.С. Колесов — по 10 кандидатов наук.

Ведение дел по аспирантуре вначале поручили старшему инженеру по подготовке кадров А.А. Сенаторову, затем эту работу последовательно вели К.П. Курелюк и В.П. Ярмола, в настоящее время ее продолжает инженер В.Ф. Гранова.

К 2002 г. заочную аспирантуру окончило более 150 аспирантов, а количество соискателей превысило цифру 380. Те же сотрудники, чья научная специализация не соответствовала институтской аспиранту-

ре, обучались в других институтах, где они впоследствии и защищали диссертации. Таким образом, аспирантура стала важным фактором в создании высокого научного потенциала Института. Она позволила организовать подготовку специалистов высшей квалификации по различным научным направлениям. В настоящее время деятельность аспирантуры осуществляется на основе специальных лицензий, выдаваемых Министерством образования РФ и курируется Департаментом по социальной и кадровой политике Минатома России.

В конце этого краткого обзора деятельности Ученого совета следует еще раз подчеркнуть, что главной идеологической основой его работы было воспитание и умножение собственных кадров ученых, составивших добротный научный фундамент института. Ныне НИИ НПО «Луч» возглавляет список подольских научно-исследовательских и конструкторских организаций, как по количественному составу сотрудников высшей квалификации, так и по спектру решаемых ими задач.

Время подтвердило правоту М.В. Якутовича, решительно развернувшего институт в сторону науки. Последователи Михаила Васильевича, Иракий Григорьевич Гвердцители и нынешний председатель Ученого совета Иван Иванович Федик, шли по тому же пути, а если и корректировали его, то только в сторону динамичности и разнообразия.

Научно-технический совет (НТС) института был образован 14.11.1973 г. До этого, как указывалось выше, его

заменял Ученый совет. По основным направлениям деятельности Института были организованы секции НТС. Секция НТС № 1 (председатель И.И. Федик) включала подразделения, занимающиеся аппаратом ИВГ-1. Секция НТС № 2 (председатель И.Г. Гвердцители) рассматривала вопросы ЯЭУ «Енисей». Секция НТС № 3 (председатель А.С. Черников) включала подразделения занимающиеся исследованиями материалов и разработкой технологии. Секция НТС № 4 (председатель А.П. Ивлев) была учреждена в Объединенной экспедиции (г. Семипалатинск-21). Секция НТС № 5 (председатель О.П. Руссков) объединяла подразделения, связанные с инженерными службами.

Основой для деятельности НТС института и его секций является «Положение о НТС института». Первые НТС работали в соответствии с «Типовым положением» (1972 г.), разработанным Научно-техническим управлением Министерства.

В состав НТС входили руководители основных отделов института, ведущие научные сотрудники института, доктора наук, представители Опытного завода и Объединенной экспедиции. Первоначально состав НТС института утверждался руководством главка Министерства. Потом было разрешено утверждать его состав директорам предприятий.

НТС Института вырабатывал научно-техническую политику в решении основных задач по НИР, ОКР; оценивал эффективность деятельности Института, рассматривал результаты работы подразделений и



*Президиум секции НТС (1972 г.) перед вручением почетных грамот победителям институтского конкурса научно-исследовательских работ.*

*Слева направо: А.С. Черников, И.Г. Гвердцители, Н.И. Полторацкий, Г.И. Бабаянц*

Института в целом; избирал на вакантные должности научных сотрудников, ходатайствовал о присвоении Госпремий, медалей, премий РАН и других научных и технических обществ.

При каждом отделении, филиале или дочернем предприятии организованы секции НТС рассматривающие вопросы научно-технической и производственной деятельности этих подразделений. Существуют НТС

также в отделах и лабораториях коллегиально обсуждающие основные задачи.

Решения НТС носят рекомендательный характер, но по ряду вопросов являются окончательными. В целом НТС всех уровней проделали большую работу, так как благодаря им после критики и анализа всей научно-технической и социальной деятельности вводилось в жизнь много полезных предложений.

## **СЛУЖБА ГЛАВНОГО ИНЖЕНЕРА**

Образование Научно-исследовательского института тепловыделяющих элементов в 1960 г. диктовало необходимость создания службы Главного инженера, которая занималась бы проектированием, разработкой оборудования, решала бы возникающие ин-

женерные проблемы. Ее возглавил Я.Н. Туренко, работавший ранее начальником цеха по получению солей бериллия и затем заместителем начальника и технологом цеха по порошковой металлургии бериллия. Служба состояла из отдела главного энер-

гетика — начальник М.Ф. Попков и отдела главного механика — начальник В.А. Рябов. С 1966 по 1970 гг. службу возглавлял Н.Н. Владимирский, перешедший из ФЭИ, затем А.М. Захаров, работавший ранее начальником лабораторий. В период по 1971 г. в службу вошли отделы: конструкторский, 80, 90, техники безопасности, стандартизации, технической документации.

В 1974 г. службу возглавил О.П. Руссков, до этого возглавлявший ОЭ. Он уделял большое внимание укреплению материальной базы Института, внедрению новой техники и вопросам техники безопасности, обновлению и расширению экспериментальной базы Института, разработке и внедрению автоматизированной системы научных исследований и технологических процессов. Был создан технический отдел (ТО), которым руководил С.И. Зарубин.

В 1986 г. главным инженером института был назначен В.П. Денискин, уже прошедший в Институте путь от молодого специалиста до нач. отдела 90, а затем директора ОЭ. В связи с возросшим объемом и сложностью задач, поставленных перед институтом, ТО преобразуется в производственно-технический отдел (ПТО) и его начальником назначается Н.Г. Косолапов.

ПТО выполнял и координировал работы по заявкам и финансированию заказов подразделений на материалы, оборудование, приборы, средства вычислительной техники, размещения заказов на изготовление нестандартного оборудования в цехах существовавшего тогда в составе Института Опытного завода и на сторонних предприятиях.

В период с 1986 по 1993 гг. было приобретено и разработано большое количество измерительной, испытательной, вычислительной, исследовательской техники. Обновлен механический парк Института, созданы ряд новых участков в Институте, в том числе: участки механической обработки лейкосапфира, получения карбида кремния, участок вибронспытаний, плазменной резки. Созданы уникальные стенды изготовления, контроля и испытания изделий металлооптики, в том числе была оборудована специальная передвижная лаборатория для обеспечения возможности испытания созданных изделий металлооптики на полигонах. Кроме всего перечисленного приходилось заниматься еще и техническим содержанием принадлежавших институту детских садов и яслей. С началом периода «перестройки» институту спускались плановые задания по оказанию услуг и выпуску товаров народного потребления, которые приходилось планировать, выполнять и отчитываться. В дальнейшем созданные наработки составили основу конверсионных планов.

Выход Опытного завода из состава Института, объединение лабораторий и отделов Института в отделения с большей самостоятельностью поставили задачу создания новой структуры — энерго-механического отдела (ЭМО) со своим Главным энергетиком и его службой. В период структурных изменений ПТО значительно сократился, в частности, стал выполнять только общие для Института функции: содержание инфраструктуры, рекламы, рационального разделения площадей.

С образованием в 1992 г. отделения «Техно-Луч», директором которого был назначен главный инженер института В.П. Денискин, в отделение вошли все структурные подразделения службы главного инженера института.

Сосредоточение в одном отделении подразделений, выполнявших централизованные функции по отношению к другим подразделениям института, постепенно стало причиной напряженности в их взаимодействии с другими пятью отделениями НПО «Луч». Сложной оказалась на практике и схема финансирования этих подразделений: их затраты, бюджетные по своей природе (т.е. относящиеся к централизованным накладным расходам) должны были восполняться через договора одного отделения с пятью другими отделениями, что составляло «головную боль» для всех бухгалтерий института. Так в 1993 г. вызрела задача воссоздания централизованной службы главного инженера института. В 1993 г. В.П. Денискин становится заместителем директора по научной работе — директором отделения «Техно-Луч». Главным инженером централизованной службы назначается ктн В.Н. Стецюк, работавший до этого в течение пяти лет начальником отдела экономических исследований и планирования. Уже спустя пару месяцев В.Н. Стецюк приглашает к себе в заместители В.Е. Эрста.

За период с 1994 г. при непосредственном участии службы главного инженера (СГИ) и самого главного инженера: проведено оформление и согласование с Госсанэпиднадзором санитарно-защитной зоны предпри-

ятия; внедрена система компьютерного проектирования, учета распределения энергоресурсов. Компьютеризирована, в основном, оперативная деятельность всех подразделений СГИ. Ужесточен контроль за безопасностью действующего оборудования. Взята под контроль института АТС и создан участок связи и пожарной сигнализации. Воссоздана передвижная экологическая лаборатория на базе автомобиля УАЗ. Впервые получена государственная лицензия на проектно-конструкторские работы Института. Создан новый выставочный зал в корпусе 101; построен в два этапа первый ангар на новой площадке, в котором разместилась отраслевая проблемная лаборатория.

Более детально деятельность СГИ раскрывается при рассмотрении работ входящих в него подразделений:

- технико-энергетического отдела (ТЭО);
- отдела охраны труда и техники безопасности;
- лаборатории 109 — экологической и радиационной безопасности;
- отдела 112 — ядерной безопасности;
- научно-исследовательского и конструкторского отдела стандартизации (отдел 108);
- копировально-множительного отдела 107;
- проектно-конструкторского отдела;
- отдела главного метролога.

Образованный в результате объединения ПТО и ЭМО в 1994 г. отдел ТЭО (начальник А.Н. Чуханов), решает задачи бесперебойного снабжения Института всеми видами



энергии. Отдел обеспечивает безаварийную эксплуатацию всего энергооборудования и коммуникаций Института. Ему вменяется в обязанность разработка мероприятий по снижению расходов всех видов энергоносителей, внедрение новой энергосберегающей техники, организация рациональной эксплуатации рабочих площадей, организация планово-предупредительного ремонта корпусов, координация внедрения научно-технических достижений и новой техники в институте, организация рекламы продукции Института. С 1998 г. в отдел входит участок

связи и пожарной сигнализации — начальник Ю.А. Янушевский.

За время работы отдела удалось наладить учет и контроль использования энергоресурсов в институте. Накоплен опыт заключения договоров на энергоснабжение со сторонними энергоснабжающими организациями, что позволило институту выбраться из огромных долгов за потребленные энергоресурсы.

Вопросы охраны труда и техники безопасности (ОТиТБ) решались с момента организации предприятия в 1946 г., хотя официально отдел ОТиТБ создан в 1957 г. и обязанности началь-



*Сотрудники службы главного инженера (2003 г.).  
Слева направо: 1-й ряд — А.М. Казаков, П.П. Олейников, В.Н. Стецюк,  
В.Е. Эрнст, В.Н. Хромыхин; 2-й ряд — А.А. Зявгина, Ю.В. Солнцева,  
З.Ф. Закашанская, Е.А. Пакленков; 3-й ряд — Е.В. Болотина, В.А. Цестков,  
А.Н. Чуханов, В.М. Антощенко, А.М. Савельев, Ю.А. Янушевский, В.А. Шемченко,  
В.С. Деметьева, Н.Т. Сычев, Н.Т. Лазункин*

ника были возложены на Г.И. Судакова. Отдел располагался в старом деревянном здании (на этом месте построен корпус 16/1). До 1960 г. все вопросы, связанные с профилактикой производственного травматизма, ядерной и радиационной безопасности, а также контролем за соблюдением законодательства по охране труда, решались Г.И. Судаковым и инженерами производственного отдела Г.В. Смирновой и В.Н. Щеголовым.

С 1960 г. в связи с образованием института начался количественный рост отдела с закреплением узкой специализации за работниками отдела: А.И. Серяков — ядерная безопасность, Г.Н. Дьяков — радиационная безопасность, Н.Д. Лыткина — отбор проб и химико-технологическое обеспечение анализов, Г.И. Судаков, Г.В. Смирнова (а затем, с 1965 г., инженер А.П. Павлычев) отвечали за общепромышленную технику безопасности, А.М. Грачева бессменно руководила работой кабинета по охране труда и собирала библиотеку нормативной литературы по вопросам безопасности производства. В 1968—1978 г. после ухода на пенсию Г.И. Судакова отдел возглавил П.П. Гуськин.

С 1978 по 1987 гг. отделом руководил М.М. Новиков, а его заместителем была Г.В. Смирнова. Приняты новые сотрудники: Е.Г. Либица, З.Н. Заславская, Л.Л. Кузьмич, Е.И. Петрова, С.В. Шадский.

В последующие периоды отделом руководили: Е.А. Пакленков (1987—1994 гг.), А.М. Шкабров (1994—1997 гг.), Г.А. Бударев (с 1997г. — по настоящее время).

В связи с ростом числа задач, решаемых предприятием, отдел охраны труда был в 1975 г. реорганизован с выделением самостоятельных научно-исследовательских лабораторий 109 и 112.

Лаборатория 109 под руководством ктн Н.В. Боголапова, затем В.А. Ордынцева, с 1995 г. В.А. Цветкова обеспечивала оперативный и плановый контроль радиационной обстановки. Занималась охраной окружающей среды, разработкой новых методов контроля, обеспечивая поиск и отработку безопасных радиационных и химических параметров проведения технологических процессов. При проведении исследований лаборатория осуществляла взаимодействие с ведущими институтами министерства — Курчатовским научным центром, институтом биофизики, институтом неорганических материалов, ФЭИ (Обнинск), другими институтами.

С 1994 г. произошло резкое сокращение состава лаборатории: полностью ликвидирована группа, которая обеспечивала охрану окружающей среды (группа Рогачева В.Е.), ликвидирована группа, которая занималась специальными исследованиями по очистке сточных вод. Резко сократилось приборное и материальное (химреактивами) обеспечение лаборатории, хотя количество обязательных параметров контроля осталось прежним. Работа лаборатории усложнилась из-за постоянного изменения структуры института и отторжением инфраструктуры в связи с приватизацией Опытного завода, за которым числилась вся инфраструктура ПНИТИ.

Вместе с тем, в конце 90-х годов резко возросли нормативные требования к обеспечению безопасности проведения работ со стороны Госатомнадзора, экологические требования со стороны Госсанэпиднадзора, министерства природных ресурсов, усилился контроль со стороны надзорных организаций (экологическая прокуратура, Госатомнадзор, санэпидстанция). В таких сложных условиях в настоящее время лаборатория 109 обеспечивает производственную деятельность Института.

Лаборатория 112 под руководством кти Н.Т. Лазуткина, затем Н.Т. Сычёва, обеспечивает ядерную безопасность, создает и поддерживает условия работы, направленные на предотвращение возникновения самоподдерживающейся цепной реакции деления ядер и ограничение ее последствий в подразделениях института.

На отдел ОТиТБ возложены задачи контроля за обеспечением трудового законодательства по охране труда и общепромышленной технике безопасности, координации работ всех служб и подразделений по безопасности труда.

Производственный травматизм в институте неуклонно снижался в течение всех лет работы. В последние годы, с уменьшением числа сотрудников, травмы стали очень редким явлением и связаны они, как правило, с неосторожностью пострадавших. Но от первых десятилетий работы институту досталось тяжелое наследство — большое количество профбольных. Основные диагнозы — бериллиоз и хронические токсикохимические бронхиты, вследствие работ с вредными химическими ве-

ществами. До 1958 г. не существовало надежных средств защиты органов дыхания от воздействия пыли и аэрозолей бериллия, да и о его токсичности в те времена знали мало. До 1992 г. советское государство только доплачивало профбольным небольшие суммы, если установление профзаболевания приводило к потере заработка, поэтому число профбольных было не очень значительно. Только с введением в 1992 г. правил по возмещению ущерба, причиненного профотравлением или профзаболеванием, количество профбольных возросло в Институте в несколько раз. Почти подавляющее число бывших сотрудников технологических лабораторий (сейчас это лаборатории отделений «Технология», ВТК, «Исток», не говоря уже о сотрудниках цехов), те, кто еще был жив к середине 90-х годов, получили статус профбольных.

С 2000 г. все расчеты с профбольными принял Фонд социального страхования и выплаты ущерба ведутся из страховых взносов предприятий, да и число сотрудников, которым устанавливается профзаболевание, уменьшилось — это, в основном, люди работавшие на предприятии по тридцать и более лет. Основной задачей отдела ОТиТБ в настоящее время является проведение аттестации рабочих мест по условиям труда, что должно привести к выявлению и сокращению рабочих мест с вредными условиями труда. Это позволит не только улучшить состояние безопасности труда, но и приведет к сокращению выплат страховых взносов в Фонд социального страхования и возможность направить

эти средства на нужды охраны труда. В связи с тяжелым финансовым состоянием Института численность сотрудников отдела ОТ и ТБ сократилась, а объем труда на трех работающих инженеров вследствие непрекращающейся реорганизации подразделений Института, не уменьшается, а усложняется.

Начало планомерному становлению работ в области стандартизации на предприятии было положено приказом директора в 1971 г., когда из состава отдела 16 была выделена группа сотрудников с ее оформлением в самостоятельное подразделение под руководством В.М. Савостьянова, преобразованно затем в 1977 г. в научно-исследовательский отдел стандартизации (НИОС), начальником которого был назначен А.М. Казаков, работающий в этой должности по настоящее время. Среди первых сотрудников отдела были, плодотворно проявившие себя в последующие годы, Н.О. Боброва, Т.А. Веселова, Г.В. Гуреева, И.И. Леляков, Г.В. Меньшикова, А.Н. Радченко, Н.В. Глебова и др. За период 1971—1977 гг. отделом было положено начало формированию фонда нормативно-технических документов, осуществлено внедрение в институте системы государственных стандартов ЕСКД, разработано 9 стандартов предприятия.

Основными направлениями деятельности НИОС (с 1995 г. НИКОС) с момента его образования являются:

- нормативное обеспечение документацией (включая разработку стандартов предприятия) процессов НИОКР и изготовления безопасной продукции;

- нормоконтроль конструкторской и технологической документации;

- ведение централизованной системы классификации обозначений разрабатываемых подразделениями изделий и технологических процессов;

- учет, централизованное хранение подлинников нормативной и технической документации, выпускаемой подразделениями, а также государственных, отраслевых и международных стандартов.

В течение 1977—1980 гг. НИОС, обеспечил разработку и внедрение в Институте комплексной системы управления качеством разработок, исследований и продукции (КСУКРИП), которая была зарегистрирована Госстандартом СССР. Институт стал одним из первых в структуре Министерства, официально внедрившим у себя систему качества. С 1981 г. НИОС стал базовым отделом в области стандартизации и качества для БСН Объединенной Экспедиции (начальник БСН Т.П. Щербатюк).

Среди неординарных работ, выполненных НИОС (НИКОС) в последующие периоды деятельности и повысивших имидж института, следует отметить:

- организацию разработки трех отраслевых стандартов, внедренных затем более, чем на 50 предприятиях Министерства;

- разработку и внедрение в Институте и на Опытном заводе в 1985 г., отмеченного бронзовой медалью ВДНХ СССР (А.М. Казаков), комплекса ограничительных стандартов, упорядочивших применение сортамента, марок, номенклатуры и типоразмеров материалов, инструмента, крепежных деталей и резьб;

- участие в разработке отраслевой Программы работ по нормативному обеспечению создания средств микроэлектроники, вычислительной техники и автоматизации (СМЭ ВТА) на 1991—1995 гг. и на период до 2000 г.;

- участие в разработке в 2001 г. Программы обеспечения качества по топливу проекта ГТ МГР, приобретшего статус международного проекта.

Серьезные изменения в структуре института, принятие законов Российской Федерации «О стандартизации», «Об использовании атомной энергии», гармонизация государственных стандартов с международными, в начале 90-х годов поставили перед НИОС задачу создания новой модели системы качества, ориентированной на требования международных стандартов ИСО серии 9000 и документов Госатомнадзора Российской Федерации. Эта задача была выполнена в 2000 г., вопреки понесенным отделом в ходе так называемой «перестройки» потерям (численность отдела сократилась с 18 до 3 человек). Новая модель системы качества базируется на 195 основных нормативных документах международных организаций, государственных, отраслевых и федеральных надзорных органов, 36 стандартах предприятия.

За период своей деятельности НИОС (НИКОС) с участием подразделений разработал свыше 180 нормативных документов общеприкладного применения и в настоящее время располагает фондами нормативных документов (около 8000 наименований действующих норматив-

ных документов), технической и проектной документации (около 257000 инвентарных номеров подлинников документов).

Успешная деятельность отдела стала возможной благодаря инициативному подходу к выполняемой работе длительно работавших в различные годы в НИОС сотрудников И.А. Агарковой, Н.В. Гуляевой, Л.И. Дунинной, Л.Т. Лысенко, Я.П. Серяковой, И.С. Стениной, Т.М. Столяровой, А.Г. Федотовой, О.И. Хлопотовой, В.М. Ярославцева и продолжающих работу сегодня А.М. Казакова, А.А. Звягиной, Т.В. Филимоновой, И.К. Элкениной.

В соответствии с утвержденной структурой института и требованиями Единой системы конструкторской документации в сентябре 1971 г. был издан приказ о создании Отдела технической документации (ОТД) под руководством З.Ф. Закашанской. Штатное расписание 1971 г. определило численность отдела в 40 человек. Отдел состоял из 2 участков: участка копировально-множительных работ и участка технической документации. Первыми сотрудниками участка технической документации были высококвалифицированные специалисты пришедшие из конструкторского отдела 16: Л.И. Кондрашова, Г.Н. Белова, Е.С. Кузнецова.

Основные задачи отдела заключались в своевременной организации размножения, оформления, хранения и учета технической документации; выполнения копировально-множительных работ по выпуску информационной, технической, организационно-распорядительной документации, бланочной продукции, выполнения



*Сотрудники отдела НИКОС (1996 г.).*

*Слева направо: Т.В. Фислимонова, Н.В. Глебова, А.А. Зюгина, А.М. Казаков*

переплетно-брошюровочных работ. Выпуск копировально-множительной продукции в 1973 г. составил 2 млн. 600 тыс. листов (А4). Имеющееся оборудование не удовлетворяло возросшие потребности в копировальных и печатных работах. В последующие годы были приобретены вторая печатная машина «Ромайор-313», электрографическая машина «ЭР-620К», машина высокой печати «ПТ-4». Организованы участки высокой печати и наборный, что позволило резко улучшить качество отдельных документов, улучшить оформление переплета. Осуществлен переезд типографии без потерь оборудования из корпуса 104 в корпус 16/2.

Выпуск копировально-множительной продукции за 1984 г. составил 3 млн 200 тыс. листов. В 1995 г. в условиях общего уменьшения объе-

мов работ и финансовых трудностей техническая документация была передана в отдел 108 (НИКОС), а ОТД преобразован в копировально-множительный отдел (КМО).

Образованию проектно-конструкторского отдела 16 в Институте предшествовала длительная (с 1946 г.) и плодотворная работа на Опытном заводе. Отдел обеспечивал проектирование нестандартного технологического оборудования для всех цехов Опытного завода, а также выполнял работы по проектированию отдельных участков. Отдел внес существенный вклад в развитие впервые созданных в стране опытных производств тория, титана и циркония. Для организации и развития отдела много сделали первый начальник отдела 16 Е.Л. Хмелевский; начальник научно-исследовательского



*Сотрудники участка технической документации (1989 г.)*



*Сотрудники участка копировально-множительных работ (1992 г.)*

отдела А.Л. Эпштейн; главный инженер завода Б.Г. Игнатъев.

На счету конструкторского отдела Опытного завода такие уникальные разработки как комплекс оборудования для производства титана, включающий криптольную электропечь для хлорирования лопарита, мощностью 300 квт. с рабочим пространством диаметром 1 м. Эта разработка послужила основой для создания Подольского химико-металлургического завода.

Стилем работы отдела было участие ведущих конструкторов в изготовлении и испытаниях проектированного оборудования. Так как оборудование изготовлялось на Опытном заводе, время от начала проектирования до начала эксплуатации обычно составляло несколько месяцев.

В 1960 г. отдел уже имел в составе 96 сотрудников и выполнял широкий круг конструкторских и проектных работ, обеспечивающих создание нестандартного оборудования для создаваемых цехов.

Были организованы группы: первая электротермическая — руководитель и исполняющий обязанности зам. начальника отдела В.С. Макеев, вторая электротермическая — руководитель Д.И. Поляков, группа проектирования гидрометаллургического оборудования — руководитель В.И. Галкин и группа по проектированию механического оборудования — руководитель В.А. Чухин.

В связи с организацией Института отдел 16 был подчинен Главному инженеру Я.Н. Туренко, внесшему большой вклад в организацию проектных работ и изготовление оборудо-

вания. Он курировал все конструкторские и проектные работы и осуществлял связь с заводами изготовителями, ведь шло оснащение новых лабораторий и переоснащение цехов. Все это позволило Институту в короткий срок развернуть работы по новой тематике.

Отделом были разработаны для направления ЯРД конструкции установок карбидизации, измельчения, приготовления шихты, формования изделий, их спекания и уплотнения. Были сконструированы высокотемпературные горизонтальные электропечи до 3000 К (СКГ-1; 3) и вертикальная электропечь до 2500 К (ВПС-6); печи карбидных покрытий ПКП-1; 3; 6; установки для отжига стержней.

Создана серия установок для высокотемпературного (1600–3000 К) горячего прессования с усилием прессования до 200 тонн и рабочим пространством от 70 × 150 мм до 900 × 1800 мм (ГПВ-1-10). Эти установки, созданные ведущими конструкторами: Д.И. Поляковым, В.С. Макеевым, А.Н. Пилюгиным и Н.Г. Коньковой, позволили получать изделия из карбидов тугоплавких металлов различной конфигурации, размеров и технических характеристик. Подобные установки, в которых растягивающие усилия воспринимаются водоохлаждаемым корпусом печи, созданы впервые и имеют мировую новизну.

Совместно с механическим заводом (г. Нарва) было сконструировано и изготовлено более 100 единиц камерного оборудования для лабораторий Ю.Л. Кудрявцева, Н.И. Полторацкого, Л.Б. Нежевенко и цеха Д.С. Львовского.





*Ветераны отдела (1967 г.).*

*Слева направо: 1-й ряд — копировщица Т.Н. Чистова, инженер А.И. Никитин, руководитель группы В.А. Чухин;*

*2-й ряд — Е.С. Кузнецова, зам. нач. отдела В.С. Максимов, руководитель группы В.И. Галкин, руководитель группы Д.И. Поликов*

Все это позволило в короткие сроки изготовить необходимое оборудование для отработки технологии получения твэлов, их исследования в лабораториях и цехах.

Были созданы установки для проведения испытаний твэлов — электродуговая установка ЭДУ-1; несколько высокочастотных установок (ВЧУ) для испытаний твэлов на термпрочность; газовый стенд и жидкометаллический стенд.

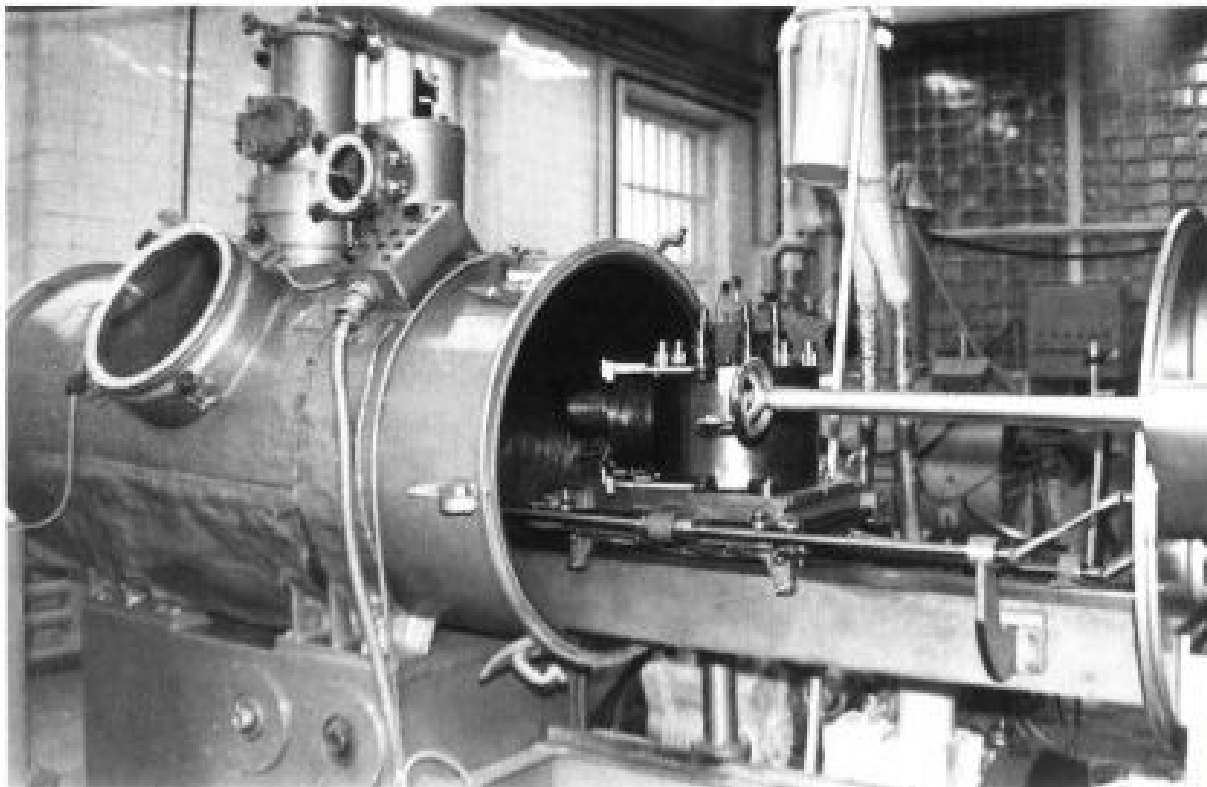
Одновременно отдел осуществлял работы по разработке технологий изготовления изделий для цехов

опытного производства (группа В.А.Чухина).

В 1965 г. отдел возглавил Л.Н. Семеновичев, который уделил большое внимание реорганизации отдела и выполнению всех требований, введенной в Союзе системы ЕСКД для конструкторской и проектной документации. В отделе были созданы новые группы: электротехническая, технологическая, стендовая, проектная, укрытий, электронно-лучевых установок. Образовано бюро нормализации и стандартизации (БНС), технической документации, копиро-



*Общая фотография всех сотрудников проектно-конструкторского отдела 16 (1962 г.)*



*Установка для нанесения покрытий плазменным напылением*

вания. Это позволило специализированно вести работу по новым направлениям. С 1990 г. отделом руководит В.Н. Хромыев.

По термоэмиссионной тематике были спроектированы плазменные установки нанесения керамических покрытий (УПН-1; 2; 5); установка газостатического горячего прессования (УГП); установки получения трубчатых изделий из вольфрама, стенд для испытаний изделий на термовибропрочность; установка для диффузионной сварки, стенд для проведения петлевых испытаний, канал РО-4 для проведения реакторных испытаний, жидкометаллический стенд ЖМС-7Э, а также оборудование для проведения испытаний в городах Ташкенте и

Свердловске. Была подготовлена документация для создания участков групповых, зонных и канальных испытаний. Созданы проекты газостата для прессования длинномерных изделий; спроектированы установка фосфидирования.

Для осуществления работ по созданию твэлов высоко-температурного газового реактора (ВТГР) отделом были сконструированы: установки для получения кернов микротвэлов из шликера и для золь — гельпроцесса; установки для отмывки микросфер и их разделения по плотности; классификатор микросфер; вибрационный сепаратор микросфер; вакуумная высокотемпературная электропечь (2500 К) непрерывного действия для спекания

микросфер; электропечь для нанесения покрытий, установка спекания шаров под давлением, электропечь для непрерывной термообработки шаров.

По теме БИГР были сконструированы пресс-формы для прессования крупногабаритных колец и электропечь для их термообработки. Сконструированы вибрационные электролитические установки для никелирования и хромирования микросфер; установки термовакуумных испытаний и контроля изделий.

В связи с организацией работ по изготовлению изделий из карбида кремния отдел принимал участие в создании установок карбидизации и силицирования.

По теме металлооптики были разработаны: установка для диффузионной сварки и пайки плоских крупногабаритных изделий; установка нанесения отражающих покрытий, передвижная станция для контроля зеркал, лазерный стенд 2Т (совместно с отделом 190), регенеративный нагреватель газа для газодинамического лазера (ГДЛ).

Для улучшения условий труда и охраны окружающей среды была сконструирована серия защитных укрытий на металлообрабатывающие станки и прессового оборудования. Для цеха 1 по переработке отходов были спроектированы несколько линий технологического оборудования и электропечь для сжигания твердых отходов.

Отдел все годы успешно выполнял задания предприятия по конструированию и проектированию оборудования, и в настоящее время мно-



*Установки горячего прессования (ГПВ-4) с усилием прессования до 200 тонн и рабочим пространством — 900 × 1800 мм*

гие конструкторские разработки используются в подразделениях. Оригинальность и новизна разработок подтверждена авторскими свидетельствами на изобретения (более 100), полученными сотрудниками отдела. Ряд статей опубликовано в открытой печати, в журналах: «Электротермия», «Порошковая металлургия».

Технологический потенциал, накопленный отделом за все эти годы, несмотря на резкое сокращение численности работающих, позволяет в настоящее время успешно удовлетворять потребности института в проектно-конструкторских работах.

## КАПИТАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Отдел капитального строительства (ОКС) начал свою деятельность с момента образования в 1946 г. «Опытной установки ГИРЕДМЕТа», на базе которой вырос опытный завод (ОЗ), а затем НПО «Луч». Выделенная территория, менее трех гектаров, не имела никакого ограждения, была неблагоустроена и по своей захламленности напоминала свалку строительного мусора и металлолома.

В 50-е годы строительство идет очень интенсивно. Заканчивается реконструкция корпусов 1, 2, 3, 5, 6, заводоуправления, гаража, подземного склада ЛВЖ.

После организации Института в 1962 г. выделяется новый земельный участок (около 7,5 га) и начинается проектирование зданий и сооружений на новой площадке, располагавшейся на месте Тишинского рынка, на углу улиц Железнодорожной и Рошинской.

ОКС планирует и обеспечивает финансирование как промышленного, так и гражданского строительства, выдавая все необходимые исходные данные для разработки проектно-сметной документации, осуществляет контроль за выполнением строительно-монтажных работ. Обеспечивает подрядные и субподрядные организации всей необходимой проектно-сметной документацией и оборудованием на текущее и перспективное строительство. Контролирует качество строительно-монтажных работ и принимает меры по вводу в эксплуатацию

строющихся объектов в установленные сроки.

В ходе строительства отдел оперативно решал вопросы согласования, изменения как в проектах, так и непосредственно на строящихся объектах, готовил всю необходимую документацию для Государственной комиссии.

В общем, на долю ОКСа за эти годы выпал напряженный труд обеспечения всеми материалами, необходимыми для успешного строительства зданий и сооружений института. Главным организатором работ с 1948 по 1983 гг. был руководитель ОКСа, и одновременно зам. директора Н.В. Усанов. Затем с 1983 г. отделом стал руководить Ю.А. Хижняков.

Существенный вклад в создание материальной базы института внесли главные инженеры проекта, из которых первым был Д.С. Бершадский, а затем К.П. Унтилов, С.Т. Помольский, А.А. Павлычев, И.О. Спивак, руководители строительно-монтажных работ, а также начальники строительных управлений, производивших работы. Руководство и координацию совместных работ всех начальников СМУ в течение продолжительного времени умело и энергично осуществлял начальник первого строительно-монтажного треста М.И. Журавлев, принимавший активное участие в строительстве Института и вложивший в его создание много сил, знаний и энергии.

Значительный вклад в строительство зданий и сооружений института внесли работавшие в ОКСе

сотрудники: главный инженер В.П. Иванов, а затем В.Ф. Мурындин, инженеры В.П. Князев, А.Н. Богданов, С.А. Втулов, П.Г. Домарев, В.А. Корбут, А.М. Аксенова, Н.И. Казбанов.

Освоение новой строительной площадки института началось в 1963 г. со сноса нескольких домов и магазина Оловопродснаба, после чего были начаты работы по сооружению корпуса 102 и подготовительные работы на площадке корпуса 104.

В 1964 г. было развернуто строительство корпуса 104, продолжалась реконструкция корпусов на старой площадке, начато строительство новой столовой, приступили к строительству подземного резервуара для воды, к строительству градирни, компрессорной и коммуникационных сетей.

В 1965 г. строительство, в основном, перешло на новую площадку, закончилось строительство корпуса 102, продолжалось строительство корпуса 104 и развернулись работы по сооружению корпусов 101 и 103. В этом же году была введена в эксплуатацию новая столовая, продолжалась реконструкция котельной, устраивалось ограждение новой территории, были начаты работы по строительству центрального водозаборного узла, городского водопровода. К 1980 г. строительство производственных корпусов в основном было закончено.

Первая жилищная «ласточка» появилась в 1949 г. когда был введен в строй 40-квартирный жилой дом по улице Вокзальная; затем были выстроены дома в поселках Кутузово и Шепчинки. Конечно, сегодня эти двух-



*Административный корпус 101*



*Один из производственных корпусов 16/2*

этажные дома по улице Дубинина и Циолковского кажутся нам невзрачными домишками по сравнению с девяти- и пятнадцатипятиэтажными красавцами, но получить тогда отдельную квартиру или даже комнату в коммуналке считалось счастьем на всю оставшуюся жизнь, тем более, что многие подольчане ютились в бараках и ветхих частных домах.

В 60-е годы началась интенсивная застройка нормальными благоустроенными пяти- и девятиэтажными жилыми домами центральной части города — улица Рабочая, Советская, Февральская, Ревпроспект, Комсомольская, Большая Зеленовская. За 1960 — 1970-е годы было построено и введено в эксплуата-

цию приблизительно 36 тыс. кв. м жилой площади. Все жилищное строительство и объекты соцкультбыта проектировал Подольский филиал института Мосгражданпроект (ныне Подольскгражданпроект).

С 1970 г. наше предприятие начинает застраивать не только улицы города, а целые жилые кварталы — микрорайоны. Вполне современно выглядит сегодня первый микрорайон (Фетищево). Введен в эксплуатацию самый большой девятиэтажный жилой дом института в 1-ом микрорайоне Фетищево на 176 квартир с магазином. В Парковом микрорайоне на берегу реки Пахры поднялись ввысь четыре пятнадцатипятиэтажных дома, которые хорошо видны из многих точек города. Последний построенный нами в Подольске был дом № 62/2 по улице Б. Зеленовской. Строительство его пришлось на новые времена и длилось много лет. Всего было построено свыше 120000 м<sup>2</sup> жилой площади.

Выполнен большой объем строительно-монтажных работ по социальным и техническим объектам города. Были построены детские дошкольные учреждения на 1000 мест, две общеобразовательные школы — № 18 на 964 места и № 26 — на 1800 мест с бассейном, музыкальная школа, стадион «Труд», Дом культуры им. К. Маркса, 11 различных по назначению магазинов, парикмахерские, КБО, ателье, переговорный пункт и др. Заасфальтированы десятки километров дорог в городе, проложены километры различных теплосетей и сделано многое другое для нужд и нормального развития города.



*Два жилых дома на Комсомольской улице и дом на Парковой улице*



*Комплекс домов в районе Фетищево*



## СЛУЖБЫ УПРАВЛЕНИЯ

Управленческие службы: плановый отдел, отдел труда и заработной платы (ОТиЗ), бухгалтерия, материально-технический отдел, юридическая служба, общий отдел и секретариат входили в компетенцию заместителя директора по общим вопросам.

Первым из заместителей директора института по общим вопросам был Антон Петрович Мышко, правая рука директора М.В. Якутовича. А.П. Мышко находился на этой должности более 10 лет. В середине 70-х годов непродолжительное время эту должность занимали И.А. Ершов и Г.М. Гавырин. С 1979 г. по настоящее время на этой должности находится Л.Д. Червяков. С середины 1996 г. эта должность стала называться — заместитель директора по экономике, финансам и социальным вопросам, а с 2002 г. — заместитель Генерального директора института.

Первым начальником планового отдела была Е.В. Пономарева. Важность и срочность плановых заданий, освоение и выпуск новой продукции, не имеющей аналогов в стране, отсутствие отработанного экономического механизма требовали от плановиков инициативы и полной самоотдачи. С 1953 г. обязанности начальника отдела были возложены на А.А. Васильеву, а в 1956 г. был подписан приказ о назначении ее начальником планово-экономического отдела (ПЭО).

После образования в 1960 г. НИИ ТВЭЛ в отделе была образована группа, планирующая научную деятельность института.

В 1963 г. ПЭО из технического отдела была переведена И.В. Пшеничная, бывший технолог цеха, грамотный инженер, необыкновенно трудолюбивый и скромный человек. Богатый опыт, необыкновенная трудоспособность, сознание важности выполняемой работы, требовательность к себе и другим, честнейшее отношение к делу — такой была И.В. Пшеничная. Одновременно в эту же группу после окончания института пришла работать Н.В. Федотычева.

И.В. Пшеничной впервые в нашем институте внедрено календарное планирование каждого подразделения, каждой темы. К началу 70-х годов в связи с увеличением объема договорных работ была создана договорная группа. На эту работу была приглашена из цеха 8 технолог З.Г. Домникова.

В конце 60-х, начале 70-х годов в ПЭО работали В.В. Мартынова, Т.А. Новикова, Л.Н. Барулина, Р.Н. Шпитонкова, В.С. Барнинова, В.Н. Глодева, В.А. Фадеева, В.Н. Чельшева.

В 1968 г. начальником ПЭО был назначен О.П. Образцов, который руководил отделом до 1976 г. С 1977 г. ПЭО возглавил Г.Т. Магамедов (в последующие годы — В.Н. Стешук, А.С. Рубцов, О.В. Гребенщикова). В 1979 г. ПЭО был приказом директора преобразован в планово-производственный отдел (ППО), в котором были образованы 4 группы: тематическая, договорная, объемно-календарного планирования и технико-экономических расчетов.

Среди работников ОТиЗ весомый вклад в работу внесли Н.И. Кашеев, В.П. Алимов, В.А. Уткина, Л.В. Жигарева, Ю.А. Шкаброва и др.

С началом организации института одной из основных проблем была кадровая, которая заключалась в укомплектовании института высококвалифицированными научными кадрами, руководителями, специалистами и рабочими. С 1962 по 1992 гг. кадровые службы последовательно возглавляли В.Г. Ковалев, И.А. Ершов, В.С. Шкутов, Г.М. Гавырин, а с 1992 г. по настоящее время П.П. Мизин. Руководителями отде-

ла кадров становились С.П. Ефремов, В.Е. Черногоров, а с 1975 г. А.П. Жаринов.

Подбор молодых специалистов проводился в ВУЗах, техникумах и ПТУ. На рабочие специальности и последующее обучение в институте принимались ученики средних школ. Инженерные специалисты как правило отбирались в ВУЗах Москвы, Ленинграда, Тулы, Воронежа, Пензы, Владимира, Калининна, Новосибирска, Томска; техники — в Москве, Подольске, Электростали, Сатки, Каменск-Уральске, Артемовске. Специалистов с высшим образова-



*Сотрудники планового отдела, 80-е годы.  
Слева направо: 1-й ряд — В.Н. Гладева, В.Г. Пименова, Н.В. Федотычева,  
Г.Л. Алексеева; 2-й ряд — Т.В. Копоненко, Т.Е. Морозова, Р.П. Белова,  
Т.А. Новикова, В.С. Барникова, Л.Н. Баруздина*



*Сотрудники отдела кадров (1977 г.).  
Слева направо: 1-й ряд — Т.П. Новикова, Е.Е. Мариеня;  
2-й ряд — В.В. Корнилова, О.А. Перцева, Е.А. Шумова, Е.Ф. Сидорова*

нием ежегодно принималось 30—45 человек, техников — 15—20 и рабочих из ПТУ — 8—12 человек.

Институт, имея преимущественное право на предварительный отбор специалистов, а также преимущества перед другими предприятиями по заработной плате, обеспечению жильем, путевками в санатории и дома отдыха, местами в детских учреждениях, отдельным медицинским обслуживанием, хорошим общежитием и т.д., отбирал лучших специалистов. После перестройки кадровый состав института значительно поредел, так как многие специалисты вынуждены были уволиться из института в поисках более приемлемой заработной платы. Относительно низкая заработная плата и отсут-

ствие общежития лишили Институт в настоящее время возможностей пополнять кадры молодыми специалистами.

В 1978 г. из состава отдела кадров решением министерства было выделено самостоятельное структурное подразделение — отдел производственно-экономического обучения (ОПЭО), с возложением на него функций выявления и пропаганды передового опыта в подготовке и повышении квалификации кадров на предприятиях 16-го Главного управления. Начальником ОПЭО был назначен В.А. Руденко, работающий в этой должности по настоящее время. Отдел подготовил до начала перестройки 70 новых рабочих и способствовал повышению квалифика-

ции 1100 рабочим и 500 специалистам и руководителям. Организовал преддипломную практику, дипломное проектирование и защиту 20 студентам. По результатам работы отдел был награжден Почетной грамотой Совета министров и ВЦСПС, а начальник отдела — бронзовой медалью ВДНХ.

Юридическая служба необходимая структурная единица в институте. На нее возлагается контроль за законностью приказов и других документов, издаваемых администрацией; участие в составлении договоров и соглашений, заключаемых другими организациями, контроль их юридической обоснованности. Ведение в судах общей юрисдикции и арбитражных судах дел, по которым организация выступает в качестве истца или ответчика; участие в разработке Устава института и положений о структурных подразделениях института; подготовка документов для регистрации изменений в учредительных документах института и для регистрации объектов недвижимости; взаимодействие с налоговыми, таможенными органами, с прокуратурой, органами внутренних дел, со службами судебных приставов по юридическим вопросам.

За годы становления и развития Института выявилась одна интересная особенность: люди, задававшие тон в юридической службе, работали в этой службе по многу лет.

Это: Е.И. Спиридонова (1950—1963 г.), М.В. Зажигина (1963—1981 г.) Н.В. Толока (1980—2002 г.), Е.А. Лехтблау, поступивший на работу в институт в 1961 г. в качестве инженера-технолога, а в начале 90-х годов

получивший диплом юриста-цивилиста и ставший помощником по правовым вопросам заместителя генерального директора.

Развитие научной и производственной деятельности института сопровождалось возрастающей ролью бухгалтерского учета. Бухгалтерия была общей для опытного завода и института и возглавлялась одним главным бухгалтером: П.В. Щекин, 1948—1964 гг.; И.И. Семиш, 1964—1965 гг.; И.Я. Сухов, 1965—1970 гг.; В.П. Кулагин, 1970—1981 гг.; З.С. Барянцева, с 1982 г. — по настоящее время.

В 60-х годах приняты были на работу З.С. Барянцева, Н.В. Михалина, Л.А. Аношина, А.Т. Ветрова, Р.Ф. Гнутова, В.Н. Тирякова, Н.Д. Баранова.

Поначалу бухгалтерский учет велся по материально-ордерной форме счетоводства, затем была внедрена журнально-ордерная форма счетоводства, а позднее учет по участкам проводился автоматизированно, с использованием ЭВМ. В 70-е годы в бухгалтерии начали работать Н.А. Малешина, Т.А. Товпеко, М.Ф. Киба, Н.Е. Тархова, В.С. Мигалина, В.М. Воинова, Н.П. Гнучих. Когда любишь свою профессию, то и долго ей служишь. Более 40 лет проработали на предприятии З.С. Ларкина, М.З. Ручкина, Н.А. Хромова, М.А. Старостина, Д.Л. Карпеченко, В.С. Карпова.

Отдел материально-технического снабжения рос и расширялся совместно с институтом. Наибольшего развития в своей деятельности отдел достиг к середине 70-х годов, и работал как единый механизм вплоть до начала 90-х годов, когда произошло разделение института и



*Сотрудники бухгалтерии, 80-е годы. Слева направо: 1-й ряд — Э.С. Барятцева, А.Н. Прохотова, В.П. Кулагин, Н.С. Тархова, М.З. Ручкина; 2-й ряд — А.А. Логшинова, Г.А. Сурова, З.Л. Семенова, Г.Ф. Артюхова, Л.Е. Куликова, Э.С. Попова, Л.А. Аношина, В.С. Мигалина, А.С. Амплеева, Н.В. Михалина; 3-й ряд — М.Н. Кибя, Ю.А. Афонина, Г.С. Тарсукова, А.Г. Есипова, Д.Л. Кармиченко, Л.Н. Бочкова*

Опытного завода на два юридических лица. В эти годы структура отдела выглядела следующим образом: начальник отдела, два его заместителя — по материалам и оборудованию, производственные группы и складское хозяйство.

В разное время начальниками отдела были Г.Н. Калагин, В.И. Слепов, А.В. Птицын, В.Н. Дворянов, А.Р. Борчуков, который до этого длительное время работал заместителем начальника отдела. Особо следует отметить В.Н. Дворянова, кадрового снабженца, профессионала, с любовью относящегося к порученному делу. Заместителями начальника отдела были Н.Д. Суханов, А.С. Гуськин.

Отдел обеспечивал снабжение института приборами, электрооборудованием, металлами, инструментами, химическими продуктами, спецодеждой, стройматериалами и горюче-смазочными материалами. Важной структурной составляющей отдела являлось складское хозяйство. В середине 70-х годов было построено современное складское здание. Общая численность отдела в эти годы составляла около 50 человек.

Период 1989—1991 гг. оказался самым непростым в истории отдела. Создание товарно-сырьевых бирж (ТСБ) с одной стороны, и работа в рамках планового распределения ресур-

сов — с другой стороны, заставляло работников снабжения искать нетрадиционные методы снабжения. Заключались договора с ТСБ и непосредственно с заводами-поставщиками. Неизменной оставалась основная задача отдела — своевременное обеспечение научно-производственной деятельности Института и Опытного завода с минимальными затратами.

За весь период работы многие вопросы, которые возникали перед институтом, приходилось так или иначе решать и отделу снабжения. Среди таких вопросов было создание установки «Енисей», где в конструкции установки применялись нетрадиционные материалы. В течение нескольких месяцев решался вопрос приобретения сильфонов из нержавеющей стали, которые никогда прежде в СССР не делались. Отдел принимал активное участие в материально-техническом обеспечении работ по ЯРД, ЯЭУ Топаз-2, металлооптике, по другим направлениям деятельности института. Слаженность и оперативность работы ОМТС обеспечили мастера своего дела В.Н. Дворянов, Н.Д. Суханов, Т.Г. Черемисина, А.В. Драндин, Н.И. Казбанов, Л.П. Помещикова, Н.Н. Монсеев и Л.Л. Лаврова.

Методическое руководство работой с документами, а также ведение текущего делопроизводства являлись важными участками работы инсти-

тута. Вначале эти вопросы решались в рамках АХО (административно-хозяйственный отдел). Длительное время заведующей делопроизводством АХО была Н.И. Якубовская. В 1975 г. на предприятии была организована канцелярия обслуживающая научные и производственные подразделения, заведующей которой стала Р.И. Кузнецова. В канцелярии работали специалисты и служащие входящего и исходящего участков, машбюро и секретари дирекции.

В машбюро осуществлялись все виды машинописных работ всего предприятия. Длительное время машбюро заведовала З.М. Салахова.

Документационное и организационное обеспечение деятельности директора и его заместителей осуществляли инспектора секретариата: А.Я. Хватова, М.Л. Орешина, М.В. Сурганова, В.К. Токарева, М.И. Афлесева, Н.А. Шебалина, Л.А. Бардина.

В связи с образованием НПО «Луч», увеличением объемов документооборота и делопроизводства, объемов контроля исполнения документов, на базе канцелярии в 1990 г. был создан общий отдел, начальником которого была назначена Р.И. Кузнецова. С 1991 г. и по настоящее время на этой должности работает Л.А. Попова.

В связи с переходом подразделений на пользование ПЭВМ, машбюро в 1994 г. было выведено из структуры общего отдела.

## ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ В ЖИЗНИ ИНСТИТУТА

---

Становление института проходило в период, когда в стране в условиях господствующей однопартийной системы реализовывался незыблемый тезис о неуклонном повышении руководящей роли КПСС во всех без исключения сферах и областях деятельности общества. Абсолютизированное воздействие партийного влияния сверху донизу оказывалось и на кадровую политику, и на осуществление административной, научно-технической, производственной, хозяйственной, социальной, образовательной и др. видов деятельности, охватывая даже такие ячейки общества, какими является семья.

Проводниками идеологии КПСС выступали партийные и советские органы, а в организациях, учреждениях, на предприятиях — администрация, партийные и иные общественные организации. Повсеместно, на всех уровнях управления любая предстоящая или выполняемая работа рассматривалась и анализировалась через призму принимаемых ЦК КПСС, правительством, местными органами власти многочисленных постановлений, сложившаяся практика невыполнения которых не добавляла энтузиазма в трудовых коллективах и не всегда способствовала принятию на местах действенных решений.

Но пока люди еще не ощущали признаков приближающегося в стране жесточайшего и необратимого кризиса, наше общество еще жило

идеалами светлого будущего, приход которого был даже запланирован и провозглашен высшим руководством КПСС.

Партийная организация института была на хорошем счету в городе. Ее численность уже в середине 70-х годов превышала 900 человек, причем, примерно, третья часть из них были приняты в ряды КПСС из среды молодежи, пришедшей в Институт. Членом КПСС являлся почти каждый пятый сотрудник Института. Следует отметить, что большинству пополнивших ряды партии в период 60—70-х годов научных, инженерно-технических работников и рабочих, живших интересами нашего института, были присущи компетентность и профессионализм, позволившие им в последующем стать уважаемыми руководителями и ведущими специалистами подразделений и института в целом.

Структура партийной организации института, возглавляемой партийным комитетом, имеющим в своем составе освобожденного секретаря парткома, соответствовала административно-производственной структуре института. Освобожденные секретари парткомов предприятий и организаций Министерства среднего машиностроения, расположенных в Московской области, являлись номенклатурой оборонного отдела Московского обкома КПСС и после избрания проходили процедуру утверждения на бюро обкома.



*В первые семинара партийно-комсомольского актива  
на базе Олимпийского центра подготовки спортсменов в Курляндии.  
Середина 60-х годов*



Секретарь парткома, наряду с директором, отвечал за работу предприятия. Он автоматически становился членом научно-технического и Ученого совета института. Секретарями парткома в разное время с 1962 по 1991 гг. избирались опытный партийный работник С.М. Морковин, представители научно-технической интеллигенции ведущие специалисты института А.М. Казаков, А.С. Черников, Г.М. Гавырин, А.Б. Емельянов, В.Г. Коссых, А.А. Уманский, В.И. Столяров и В.А. Сальников. Многие из них были отмечены правительственными наградами за вклад в становление и развитие института.



*На майской демонстрации 1975 г.  
Слева направо: М.В. Якутович,  
В.С. Шкутов, Р.С. Пивоваров,  
Н.В. Усанов, И.И. Федюк, Г.М. Гавырин*

Главным в работе парткома и первичных партийных организаций, если быть кратким, была нацеленность на анализ и принятие решений, для обеспечения эффективного выполнения тематических планов НИОКР; на подготовку и расстановку кадров; на приобщение сотрудников института к изучению теории партийного строительства, идеологии партии, на осуществление партийного влияния на профсоюзный комитет и комитет комсомола института.

Конечно, на всей работе парторганизации лежал отпечаток идеологии своего периода времени, иначе и быть не могло. Не обошлось подчас и без формализма в организации и проведении различного рода мероприятий, в принимаемых решениях и их исполнении. Далекое не все решения выполнялись, хотя они и дублировались. Тематика проводимых политзанятий практически не привязывалась к конкретным примерам из жизни коллективов, зачастую не вызвала интереса к предлагаемой для обсуждения проблеме, желания разобраться в ней, и не оседала в головах слушателей.

В заслугу партийному комитету института нужно поставить настойчивость, проявляемую перед ГК КПСС при формировании состава партийной организации института, наиболее подходящего для решения стоящих перед институтом задач. Чтобы это оценить, достаточно напомнить, что существовала негласная установка преимущественного приема в кандидаты КПСС рабочих и ограничение приема инженерных технических работников.

Между парторганизацией и администрацией существовала общность взглядов по реализации целей института. Нельзя припомнить случаев каких-либо преследований за несовпадение точек зрения (в том числе и в области идеологии) или за критику.

Однако наступило время, когда высшее руководство КПСС окончательно потеряло способность управлять партией и страной, а проводимая им политика лишилась поддержки народа. Рухнула годами создаваемая и лелеемая система. Прекратили существование СССР, КПСС, самораспустилась партийная организация института. Бывшие коммунисты продолжали трудиться на своих местах. Многие из них, несмотря на пережитые перипетии, нашли в себе силы остаться патриотами института.

Комсомол, являвшийся верным помощником партии, активно проводил в жизнь партийную идеологию. Организующим центром в институте был комитет комсомола, основной задачей которого была политико-воспитательная работа, патриотическое, нравственное, культурное воспитание молодых. Комсомольцы были обязаны заниматься в системе партийного просвещения или в комсомольских политкружках. Комсомольская организация института была в числе самых крупных в Подольске, численность ее доходила до 1000 и более человек. Руководители — секретари комитета комсомола Г.И. Бабаянц, А.П. Белоусенко, А.С. Черников, В.А. Шмаков, А.А. Тютиков, Э.А. Некрасов, О.Д. Чепель, Л.С. Косачев и многие другие славились активной работой, зани-

мая из года в год первые места в соревнованиях комсомольских организаций города и области. Большое значение для творческого роста молодых имели регулярно проходившие в институте научно-технические конференции (первая прошла в 1966 г. и затем — ежегодно). В институте это было событием. Слушать докладчиков приходили не только их сверстники, но и многие старшие товарищи — их наставники и руководители. Вдохновителем и организатором этих конференций был начальник отдела кти Р.А. Андриевский, учениками которого называют себя многие, теперь уже убеленные сединами, сотрудники института.

Следует отметить полезное участие комсомольцев в таких общественных делах как воскресники, работа по благоустройству. В годы широкого строительства на территории института первичные комсомольские организации поочередно проводили воскресники по уборке новой площадки института, прилегающих к корпусам участков. Много внимания уделял комитет комсомола спорту, художественной самодетельности. Вместе с ДК им. К. Маркса организовывались вечера, концерты, устные журналы, встречи с интересными людьми, что с благодарностью вспоминается сотрудниками института. Как видим, в работе комсомольской организации многое достойно и хорошей памяти.

В 1982 г. в институте был образован Совет ветеранов войны. Его председателем стал С. П. Кузьмин. Активная роль в организации и работе Совета принадлежала М.А. Синицыну. К 1982 г. в институте вмес-

те с входившим в него заводом было около 340 ветеранов войны.

Одной из главных в работе Совета была забота о предоставлении в институте установленных для ветеранов войны льгот — преимущественно в предоставлении квартир, путевок в санатории, материальной помощи. Во всем этом Совет принимал деятельное участие.

В 1987 г. по инициативе Совета, поддержанной общественностью института, его функции расширились — он стал именоваться Советом ветеранов войны и труда. Председателем нового Совета избрали только что ушедшую на пенсию Э. М. Чижову, бывшего начальника отдела 170, заместителями — Л. А. Изванова и С. П. Кузьмина. Совет имел своих представителей во всех научных и административных структурах института. Именно через них он разыскал и поставил на учет более 1200 пенсионеров — бывших сотрудников института, доводил до сведения работающих о своих планах и проводимых мероприятиях. На счету Совета ветеранов немало полезных дел: предоставление права для пенсионеров лечиться в обслуживающей сотрудников поликлинике института, находящейся на закрытой территории, и, соответственно, пользоваться стационарным лечением в специализированных клиниках (1988 г.). Организация группы помощи на дому одиноким больным и престарелым пенсионерам института (1990 г.), материальная помощь нуждающимся и образование с этой целью фонда «Милосердие» (1990 г.), первым председателем правления которого стала Л. Э. Бертина. Фонд пополнял-

ся за счет взносов института и завода, взносов сторонних организаций (в т.ч. кооперативов и АО, в которых работали бывшие сотрудники института), а также средствами от благотворительных аукционов, лотерей, вечеров. Объем работы с ветеранами возрос, и в 1991 г. в составе АХО института появилась группа социальной помощи. Первым руководителем группы стала Л. И. Фомина, позднее в ней стала работать Г. П. Будкина и по совместительству сотрудницы института, оказывающие помощь на дому. В разное время этим занимались Л. И. Березина, Л. В. Бурмистрова, Р. Н. Любельская. В 1992 г. после образования НПО и разделения института и Опытного завода поделили и ветеранов. Были выбраны Советы ветеранов в институте и на заводе. Из фонда «Милосердие» выделился заводской фонд «Родник». Председателем Правления фонда «Милосердие» с 1992 по 2002 гг. была Э. М. Чижова, руководившая одновременно и группой социальной помощи. В 2002 г. председателем Совета ветеранов института избран В. П. Ермаченко, его заместителем Ю. Б. Обыденков. Председателем Правления фонда «Милосердие-Луч» избрана В. Г. Пименова. Фонд «Милосердие-Луч» регулярно пополняется за счет взносов отделений института и обеспечивает проведение мер по оказанию моральной и материальной помощи ветеранам института. Это и ежеквартальное пособие и разовая материальная помощь нуждающимся в лечении, приобретении лекарств. Это и проведение вечеров (обязательно — Новогоднего,



*Группа ветеранов войны, 2000 г.*

9 Мая, Дня пожилого человека), экскурсий, встреч по интересам, выставок художественного творчества, поздравления всех пенсионеров с праздниками, с днем рождения, торжественным поздравлением юбиляров с подарком и угощением, посещение больных и престарелых и многое другое. Все эти мероприятия Совет ветеранов, Пенсионный Совет (профсоюзная организация пенсионеров под председательством Т.С. Яковлева), группа Социальной помощи организуют с большой выдумкой, разнообразно, с привлечением широкого актива. Ветераны охотно участвуют в них. На вечерах зрительный зал ДК им. К. Маркса, как правило, полон. Очень приятно ветеранам, что на торжествах по случаю Нового года, 9 Мая их поздравляет Генеральный директор И.И. Федик, его заместители Л.Д. Червяков, В.И. Денискин, Ю.В. Николаев, председатель профкома С.П. Плотников. Помощь и внимание руководства института, профсоюзного комитета, закрепленные статьей коллективного договора «Материальная помощь и организация досуга ветеранам войны и труда» (с 1989 г.), гарантируют и впредь поддержку ветеранам института, отдавшим свои знания, опыт и труд становлению и развитию НИИ НПО «Луч».

Членство сотрудников института в профсоюзной организации до так называемой перестройки практически всегда было стопроцентным. И сегодня не являются членами профсоюза лишь отдельные сотрудники, как правило, вновь поступившие в институт.

В свое время, в условиях строгой секретности предприятий Министер-

ства среднего машиностроения, профсоюзной организации института был присвоен номер 27, который сохранился и в настоящее время. Роль профсоюза на предприятиях Министерства среднего машиностроения всегда была важна и значительна. Это подтверждается и тем, что во главе отраслевого профсоюза в течение почти 30 лет был Герой Социалистического труда, в свое время возглавлявший ряд предприятий отрасли, А.Н. Каллистов. На предприятиях профсоюзные организации проводили большую работу не только по решению социальных проблем, но и участвуя в управлении предприятием.

Одной из важнейших задач профсоюза на нашем предприятии была организация социалистического соревнования. Охват всех сотрудников индивидуальным и коллективным соревнованием позволял сконцентрировать усилия на решении наиболее важных научно-производственных задач. В соответствии с условиями соревнования выявлялись лучшие специалисты по профессиям, лучшие подразделения, с соответствующим моральным и материальным вознаграждением. Ежегодно в институте по условиям социалистического соревнования определялись лучшие специалисты года: лучший техник, лучший инженер, лучший конструктор, лучший мастер, лучший научный сотрудник, лучший сотрудник управления, отличник качества. Разумеется, установленная иерархия выглядела достаточно условной, однако она понималась всеми и воспринималась дружески и тепло.

Среди сотрудников института рабочих специальностей проводились конкурсы мастерства, по итогам которых определялись лучшие по профессиям. (Последние конкурсы мастерства прошли в 2002 г.). Наиболее квалифицированным рабочим, владеющим несколькими профессиями, присваивалось звание «Мастер — Золотые руки». Их имена отмечены в разделе книги «Кто есть Кто». Ежегодно рабочие и специалисты, внесшие наибольший вклад в успешную работу института, заносятся на Доску Почета, а некоторые представляются на звание лучшего по министерству. Неоднократно по министерству отмечались фрезеровщик В.Н. Бобриков, аппаратчик В.Д. Нишпал, слесарь В.П. Гогошилин, шлифовщик А.И. Дорохин и другие.

Доля производственных достижений в соревновании была очень весомой, но учитывалась и общественная работа. Благодаря этому удавалось на общественных началах решать вопросы организации шефской помощи в детских дошкольных учреждениях, по месту жительства, в пионерском лагере «Зеленый городок» и других объектах соцкультбыта. При подведении итогов социалистического соревнования учитывались также состояние охраны труда и техники безопасности в подразделениях, состояние трудовой дисциплины, культура производства и другие показатели, связанные как с научно-производственной деятельностью, так и с поведением сотрудников в быту и общественных местах. Однако в оценке двух последних



*Члены профкома и профсоюзного актива, 1996 г.*



Туристическая поездка сотрудников в г. Минск

«показателей» случались и перегибы, ибо поведение в быту субстанция весьма деликатная и, кроме того, довольно отдаленно связана с результатами труда; поведение же в общественных местах регулируется не парткомом и профкомом, а правоохранительными органами. Хотя подготовка и подведение итогов занимали в подразделениях много времени, социалистическое соревнование в определенной мере сыграло положительную роль в развитии института.

Учитывая тематическую специфику работы института, большое внимание уделялось организации санаторно-курортного лечения и отдыха сотрудников и членов их семей. До 1991 г. ежегодно каждый 3-й сотрудник мог получить путевку в санаторий, дом отдыха или на турпоездку. Несмотря на резкое сокращение средств социального страхования на эти цели с привлечением средств института, было приобретено в 2001 г. 120 путевок в санатории, 99 путевок в пансионаты и дома отдыха, 54 семьи отдохнули на базе отдыха «Протва», 36 детей были направлены в оздоровительные лагеря, в т.ч. 19 на Черноморское побережье.

Периодически устраивались туристические поездки в Прибалтику, Минск, Приокский заповедник. В первую очередь санаторные путевки выделяются тем, кому это необходимо по рекомендации врача и по представлению членов комиссий социального страхования из подразделений. В разное время эту работу в профсоюзной организации вели В.Н. Киселев, Л.Э. Бертина, В.И. Малышева. С 1989 г. Т.П. Ше-

мелина. В комиссии работают также Т.С. Дьяконова, Г.Н. Топильская, М.В. Бесперстых.

Высокий интеллектуальный уровень сотрудников института определил интерес их к искусству и творчеству талантливых композиторов, поэтов, актеров, драматургов. Дом культуры им. Карла Маркса, особенно в 70-е и 80-е годы, когда телевидение только завоевывало свои позиции, был местом творческих встреч с хирургом Демиховым, художником Ильей Глазуновым и такими звездами как Владимир Высоцкий, Людмила Зыкина, Иосиф Кобзон, Михаил Жванецкий и др. Здесь часто можно было увидеть новые фильмы, еще не вышедшие на экран. Многочисленные детские кружки и студии привлекали к себе сотни детей. Небольшой зал Дома культуры не мог вместить желающих, когда с отчетными концертами выступали наши инструментальный ансамбль «Мелодия» под управлением, ставшего заслуженным деятелем культуры России, Константина Моисеева или танцевальный ансамбль «Фантазия», художественный руководитель Ольга Касаткина. Большой вклад в становление и развитие работы Дома культуры внесли его первый директор Е. А. Шадская, а позднее заместитель директора М.С. Фомичёва и художественный руководитель В. С. Федина.

Вечера отдыха, смотры художественной самодеятельности, конкурсы поэтов и фотографов, посещение театров, музеев, исторических мест в различных городах страны — все это результат работы профсоюзной организации.





*Наш любимый клуб им. Карла Маркса в котором мы встречались с известными деятелями искусств, проводили интересные вечера отдыха*



*Большой любовью пользовался в городе ансамбль «Фантазия» воспитанный в клубе Ольгой Касаткиной — в дальнем ряду, в центре, с букетом цветов*

Пик культурно-массовых мероприятий пришелся на 70—80-е годы. Смотры-конкурсы художественной самодеятельности проходили при переполненных залах Дома культуры. Наиболее часто призовые места завоевывали коллективы отдела 140 (затем 20—140), отдела 17, выступления которых, по существу, были настоящими спектаклями. Например, отдел 17 подготовил выступление по сказке Л. Филатова «Про Федота-стрельца», отдел 140 подготовил «Семейный альбом».

Проводились одно-двухдневные праздники «Русская зима» и «Русская березка», в каждом из которых участвовало до 600 сотрудников института и членов их семей.

В самом институте и Доме культуры проводились лекции по истории музыки, истории живописи, истории кино сотрудниками музея им. Бахрушина, музея им. Пушкина, Третьяковской галереи и института кинематографии. Организовывались встречи с актерами столичных театров Сатиры, театра на Таганке, Ленкома, театра Оперетты и др., а также с известными киноактерами. На первоапрельских вечерах юмора выступали сотрудники «Литературной газеты» и «Московского комсомольца» и др. В городском Выставочном зале устраивались музыкальные вечера (ансамбль «Мадригал», молодые исполнители классической музыки и вокалисты). На праздничные вечера, проводимые в Доме культуры, у входа всегда спрашивали лишние билеты.

Подлинные таланты обнаруживались при проведении конкурсов «Мое хобби», которые несколько раз

проводили в актовом зале института. Все эти мероприятия объединяли сотрудников института, позволяли разнообразить свой досуг, углубить знания и повысить интерес к творчеству.

А.Ф. Безинская, Е.М. Ракитская, Р.Н. Семин, Г.А. Янчур, А.А. Звягина, Н.А. Липатова (Момонт) и многие другие занимались в разное время в профсоюзной организации этой работой.

«В здоровом теле — здоровый дух!». Этот девиз нашел свое воплощение в конкретных делах на предприятии. Несмотря на то, что институт не имел своих спортивных сооружений, к занятиям физкультурой и спортом привлечено большинство сотрудников. Отсутствие спортивных сооружений компенсировалось развитием видов спорта не требующих их. Это в первую очередь лыжи и легкая атлетика. Большую роль в популярности этих видов сыграли энтузиасты: Л. Ижванов, Ю. Худов, А. Кондрашов, А. Балакин, С. Шадский, Е. Николаева, В. Латынов.

В отдельном маленьком зале Доме культуры обосновались борцы и в приспособленном подвале — штангисты, под руководством нашего известного тренера М.Л. Аптекаря. Привлечение детей позволило открыть по этим видам спорта детскую юношескую спортивную школу «Геркулес». Здесь были воспитаны кандидаты и мастера спорта СССР, а также разрядники, которые успешно выступали на чемпионатах Центрального Совета физкультуры и спорта, первенствах Московской области и г. Подольска. Чемпионы



*Регулярно в течение многих лет, вплоть до 1992 г., организовывались массовые соревнования сотрудников института по бегу и, особенно, лыжному кроссу*

Центрального Совета физкультуры и спорта:

штанга: Н. Башмаков (1963—1964 гг.), Л. Чухров (1965 г.), Н. Суворов (1967 г.), М. Суворов (1968, 1971 гг.), Ю. Моисеев (1976 г.);

борьба: Д. Артюхов (1962 г.), Т. Алымов (1963 г.), В. Сучков (1964 г.), Ю. Чибриков (1965 г.), Ю. Кузнецов (1969—1970 гг.), Н. Наумкин (1965, 1968 гг.), В. Воронцов (1969 г.), А. Комаров (1971 г.).

С большим удовольствием в институте всегда играли в футбол, волейбол, настольный теннис, шахматы. Культивировались также и такие виды спорта как подводное плавание, пулевая стрельба, горные лыжи.

Чемпионами города Подольска становились в разное время сборные команды института по футболу, волейболу, штанге, борьбе, шахматам, туризму, спортивному ориентированию, легкой атлетике, настольному теннису, многоборью ГТО. Были успехи на республиканском и всесоюзном уровне. Чемпионами и призерами первенств РСФСР и СССР становились: С. Горская — пулевая стрельба (1961—1963 гг.), Б. Чертов — подводное плавание (1968 г.), Ю. Цыганков — пулевая стрельба (1961—1965 гг.), А. Буланов — стрельба (1974 г.), А. Леонов — штанга (1976 г.)

Особо следует отметить спортивные результаты мастера спорта СССР Н.П. Суворова, который стал победителем и рекордсменом чемпионатов Российской Федерации, Европы и мира среди ветеранов. Н.П. Суворов в течение многих лет и по настоящее время работает тренером по тяжелой атлетике в спор-

тивной секции профсоюзной организации института, он воспитал много разрядников, которые успешно выступают на первенстве г. Подольска и Московской области.

Настойчивость и изобретательность проявил Совет ДСО при проведении массовых стартов по сдаче норм ГТО, проведении дней здоровья и спартакиад. Был сооружен лыжный стадион в лесном массиве в районе деревни Фетищево, где расчищались трассы и прокладывались лыжни. Для занятия лыжами в вечернее время была сооружена освещенная лыжная трасса. Организацией спортивно-оздоровительной работы в профсоюзной организации занимается Совет ДСО. Наибольший личный вклад в эту работу внесли председатели ДСО Л.А. Ижванов, В.Е. Черногоров, С.В. Шадский.

Следует сказать еще об одном направлении деятельности профсоюзной организации, роль которого возросла в современных условиях. Это подготовка и заключение коллективного договора, а также контроль за его выполнением. В процессе подготовки коллективного договора согласовываются схемы должностных окладов, система оплаты труда, определяются формы и порядок предоставления льгот и компенсаций сотрудникам и пенсионерам, бывшим сотрудникам института, из средств предприятия. Например: Коллективным договором на 2001—2002 гг. предусматривались единовременное пособие при рождении ребенка в размере 10 минимальных окладов, принятых на предприятии, единовременное пособие при увольнении с предприятия пенсионе-



*Участники сеанса одновременной игры с гроссмейстером Сало Флором (1963 г.).  
Слева направо: сидят — В.А. Конотов, М.Д. Мартовский, С.Б. Костагаров;  
стоят — П.П. Гуськин, В.И. Столяров*

ров в размере не менее 400 рублей за каждый отработанный год и доплата к пенсиям неработающим пенсионерам. Осуществляется постоянный контроль за соблюдением трудового законодательства. Ежегодно проводятся конференции трудового коллектива, на которых с отчетом о выполнении коллективного договора выступают директор института и председатель профкома, принимаются решения о выполнении статей договора, его изменении и дополнении.

Работа профсоюзной организации по решению социальных вопросов никогда не сводилась только к контрольным и распределительным функциям. Совместно с администрацией готовятся и принимаются конкретные решения. Например, в доперестроечный период, когда выделялись централизованные средства на капитальное строительство, которые не осваивались строителями из-за нехватки специалистов, из числа нуждающихся в улучшении жилищных условий был сформирован ре-

монтажно-строительный отряд. С его непосредственным участием построено общежитие семейного типа для молодых специалистов, школа № 26 в Парковом микрорайоне, жилой дом по улице Большая Зеленевская. Для строительства жилья привлекались те очередники, кому предполагалось выделить жилье, гарантируя при этом право выбора квартир. По предложению профсоюзного комитета разработана схема перевода освобождающегося жилья при заселении новостроек в хозяйственное ведение института, что позволило улучшить жилищные условия другим сотрудникам.

Еще в 90-е годы остро стояла проблема садовых участков. В резуль-

тате выполнения программы, включающей договорные отношения с совхозом Кленово-Чегодаево и администрацией Подольского района. Эта проблема была решена и в 1996 г. все желающие сотрудники были обеспечены садовыми участками на площадях совхоза.

Кроме того, в полномочия профсоюзной организации в соответствии с законодательством входило много жизненно важных функций, в т.ч. принятие совместных решений с администрацией по выделению жилья, управление социальным страхованием, организация жилищных, садовых и гаражных кооперативов и многое другое. Поэтому к выборам в профсоюзный комитет всегда в



*Каждый год, вплоть до 1994 г., сотрудники института прерывали свою работу и направлялись на работы по уборке урожая*

коллективе относились серьезно, а быть избранным в профком было почетно и ответственно.

Председателями профсоюзного комитета избирались: 1962 — А.В. Смирнов, 1963—1965 — А.П. Карпов, 1965—1967 — П.П. Янчур, 1967—1971 — Ю.В. Чукаев, 1971—1974 — А.В. Смирнов, 1974—1979 — С.С. Галаев, 1979—1981 — В.М. Монаенков, 1981—1988 — А.А. Уманский, 1988—1989 — Ю.И. Медведский, 1989 — по настоящее время С.П. Плотников.

Как правило, при выборах профсоюзного актива происходило его обновление на 20—25%, но соблюдался принцип преемственности. Иногда в профсоюзный актив избирались вновь через несколько лет, и есть примеры «долгожителей» в профсоюзном комитете. В.Н. Хромылев поступил на наше предприятие в 1963 г. в качестве инженера, в 1974 г. был избран в профком, членом которого он избирается постоянно до сих пор. Сегодня В.Н. Хромылев начальник конструкторского отдела, в профсоюзной организации заместитель председателя профсоюзного комитета и возглавляет оргмассовую комиссию. Работает в профкоме с 1977 г., кадровый сотрудник предприятия А.И. Козлов. Учитывая богатый жизненный и производственный опыт, знание обстановки и проблем непосредственно на рабочих местах, а также личные качества, А.И. Козлову доверены полномочия технического инспектора труда Российского Профсоюза работников атомной энергетики и промышленности.

В профсоюзной организации состоят на учете и неработающие пенсионеры — бывшие сотрудники предприятия.

Сегодня в структуре первичной профсоюзной организации института 34 профсоюзных организации отделов, цехов и лабораторий, которые объединены в свою очередь по направлениям деятельности отделений. Возрождена профсоюзная организация в Протвинском филиале.

За активную работу в профсоюзе большая группа сотрудников института награждена нагрудными знаками, Почетными грамотами и ценными подарками Российского Профсоюза работников атомной энергетики и промышленности.

В рамках социального партнерства между администрацией института и профсоюзным комитетом сложились хорошие деловые отношения. Представители профсоюзного актива включаются в состав комиссий, деятельность которых касается интересов трудового коллектива (льготная комиссия, по приемке оборудования и участков в эксплуатацию и др.). Председатель профкома введен в состав постоянно действующего совещания руководства, что позволяет профсоюзной организации быть в курсе принимаемых решений. Высшие руководители института часто уделяли личное внимание и оказывали поддержку деятельности профсоюзного комитета, как представителя интересов коллектива, уважительно относились к принимаемым комитетом решениям. Созданию обстановки взаимопонимания обеих сторон способствовало и ставшее впоследствии традицией избрание в состав комитета представителя руководства института в лице заместителя директора Л.Д. Червякова, курирующего социальные вопросы.

Заканчивая этот краткий исторический обзор или воспоминания о том,



*Посещение пионерского лагеря «Зеленый городок» и ознакомление с его готовностью к открытию оздоровительного сезона 1967 г. Слева направо: секретарь парткома А.М. Казаков, начальник пионерского лагеря Н.С. Белявская, председатель завкома П.П. Янчур, директор института М.В. Якутович, (на втором плане д-р М.А. Хаши), заместитель директора по общим вопросам А.П. Мышко*

как деловито, не давая себе передышки, шла своей дорогой общественная жизнь нашего института, уместно сказать несколько заключающих слов.

Одному — великодушному читателю-романтику — покажется, что все, как здесь представлено, все так оно и было; другой отметит кое-какие погрешности против истины и посетует на то, что ладью этой самой общественной жизни слишком часто бросало то на правый, то на левый берег, вдобавок и черпаки иногда (довольно часто) не справлялись с течью; наконец, третий съезвит — а, вообще, тем ли курсом вели нас наши рулевые?

И каждый будет отчасти прав.

Наука живет для самой науки: как бы ее не называли, — прикладной ли,

фундаментальной или просто любопытством за казенный счет, — она живет вдохновением, наитием, а иной раз сослепу спотыкается о золотые самородки на поле чудес и случая. Люди, которые пришли служить ей, живут затем, чтобы просто жить. Наши же общественные отношения есть всего лишь отражение нас самих в зеркале той жизни, какую мы сами себе и выбрали. А на зеркало не обижаются, с ним не спорят, да и пенять ему бессмысленно.

Зеркала не врут. Каждым днем, равно как и на каждом повороте истории, они молча взывают к нам: взгляните в свое лицо, не отрекайтесь от себя и постарайтесь сделать-ся благообразнее и мудрее.



## ХРОНОЛОГИЯ ЖИЗНИ НПО «ЛУЧ» (1960—2003 гг.)

(на фоне событий в мире, стране и министерстве)

---

Этот раздел построен по принципу освещения в каждом году наиболее важных событий в НПО «Луч», за период с 1960 по 2003 гг. Не все возможно охватить, тем не менее, на основании архивных документов и воспоминаний сотрудников, редакция пыталась восстановить хронологию.

### 1960 г.

- |                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Мир</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Разрыв Китая с Москвой. Компартия Китая официально отвергла тезис Н.С. Хрущева о мирном сосуществовании с капитализмом и призвала к борьбе с позиции силы.</li></ul>  |
| <b>Страна</b>       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 9 февраля — принято решение об увековечивании памяти И.В. Курчатова. Его имя было присвоено Институту атомной энергии и Белоярской АЭС, с установкой мемориальных бюстов в Институте и на БАЭС, а также мемориальных досок на здании Ленинградского физико-технического института.</li></ul>  |
| <b>Министерство</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Издан Приказ Министра среднего машиностроения о создании НИИТВЭЛ с Опытным заводом в г. Подольске на территории Опытного завода. Определены основные задачи нового НИИ. Обязанности директора НИИ возложены на директора Опытного завода А.Ф. Петрова. Открытое наименование новой организации осталось такое же как у Опытного завода — п/я 12.</li><li>• 18 мая 1960 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР Главное управление по использованию атомной энергии переименовано в Государственный комитет Совета Министров СССР по использованию атомной энергии (ГКАЭ). 25 августа в ведение ГКАЭ было переведено 14 предприятий, в том числе: СФТИ, НИКИЭТ, ФЭИ, НИИАР, НИИ ТВЭЛ с Опытным заводом (НПО «Луч»), НИИП и др.</li></ul> |
| <b>Институт</b>     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Образована служба главного инженера, под руководством Я.Н. Туренко.</li><li>• Награждены серебряной медалью ВДНХ Л.А. Ижванов и Н.П. Вершинин.</li></ul>  |

**1961 г.**

- Мир** • Д. Кеннеди избран президентом США.
- Страна** • 12.04.61 г. Первый полет человека в космос. Советский космонавт Ю.А. Гагарин на корабле «Восток» сделал один виток вокруг Земли.
- Проведена денежная реформа из расчета 1 новый рубль за 10 старых.
- XXII съезд КПСС принял решение о выносе тела И.В. Сталина из Мавзолея.
- Министерство** • 26 января 1961 г. — в составе НТС ГКАЭ образованы секции: в том числе секция № 6 — материаловедение, физика твердого тела и тепловыделяющие элементы под председательством М.В. Якутовича.
- 13 июня 1961 г. — подписан приказ по ГКАЭ о сооружении энергетической установки «Ромашка».
- Институт** • Изготовлены изделия из тантала.
- Изготавливаются отражатели из бериллия и твэлы из карбида урана для реактора «Ромашка».
- Начаты исследования по гидриду иттрия.

**1962 г.**

- Мир** • Карибский кризис — угроза большой войны в результате конфликта США и СССР из-за ракетных баз СССР на Кубе.
- Первый американец Дж. Гленн в космосе.
- Страна** • 02.06.62 г. Новочеркасское восстание и расстрел рабочей демонстрации против повышения цен на продукты.
- Министерство** • 14 февраля Председателем Государственного комитета Совета Министров СССР по использованию атомной энергии назначен А.М. Петросьянц.
- 23 марта Правительство СССР приняло решение о сооружении реактора на быстрых нейтронах БН-250 с размещением его в районе полуострова Мангышлак и с вводом в действие в 1966 г.
- Институт** • Приказом по Госкомитету № 052 от 06.03.62 г. с 22 марта 1962 г. директором НИИ ТВЭЛ с Опытным заводом назначен дфмн, профессор, лауреат Ленинской и Государственных премий М.В. Якутович, заместителем по науке кти А.А. Киселев, заместителем по производству — директор Опытного завода — А.Ф. Петров, заместителем директора по общим вопросам — А.П. Мышко.

- Начало формирования института. Организованы отделы: 40 — Технологический (нач. отд. ктн. Б.Г. Игнатъев), 60 — Материаловедческий (нач. отд. ктн А.Л. Эпштейн), 30 — Расчетно-теоретический (нач. отд. дтн М.А. Ханин), 70 — Испытательский (нач. отд. ктн Д.К. Ширяев).
- Организован отдел информации под руководством А.Д. Гагарина.
- Выделяется новый земельный участок (около 7,5 га) для строительства новых промышленных зданий и сооружений института.
- Начато проектирование и строительство лабораторных корпусов, административного здания, интенсивное строительство жилья, детских учреждений.

**1963 г.**

- Мир**
- 13 августа — возведена Берлинская стена.
  - 22 ноября — убит президент Д. Кеннеди.
- Страна**
- Первая женщина В. Терешкова в космосе на корабле «Восток-6».
  - СССР, США и Великобритания в Москве подписали договор о запрещении испытаний ядерного оружия (05.08.63 г.).
- Министерство**
- 13 марта Министерство среднего машиностроения СССР переименовано в Государственный производственный комитет по среднему машиностроению СССР, а Государственный комитет Совета Министров СССР по использованию атомной энергии — в Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР.
  - В НИИАР сдана в эксплуатацию опытная энергоустановка «Арбус» для исследования работы атомных электростанций малой мощности в отдаленных районах.
  - 27 февраля 1963 г. — ЦК КПСС и Совет Министров СССР в целях обеспечения работ по созданию бортовой установки ТЭУ-5 приняли решение о строительстве стендового корпуса в ФЭИ и завершении строительства НИИТВЭЛ.
- Институт**
- Разработана технология изготовления сердечников из монокарбида урана для реактора на быстрых нейтронах БН-5.
  - Разработка технологии бериллия для бортовых станций и гироскопических приборов.
  - Начало разработки конструктивных вариантов и технологии изготовления твэл ЯРД.

- Разработка технологии приготовления сердечников из дикарбида урана, изоляционных материалов и узлов коммутации для аппаратов «Ромашка» и «Бук».
- Начало работ по термоэмиссионным преобразователям энергии и замедлителям из гидридов циркония и иттрия.
- Завершение разработки и технологии получения редкоземельных металлов иттрия и скандия и их рафинирования вакуумной дистилляцией.
- В ОКБ «Красная Звезда» совместно с ИАЭ для обеспечения спутника связи «Молния» создана термоэлектрическая энергоустановка ТЭС-5 мощностью 5 кВт и ресурсом работы 6 месяцев.
- Разработка технологии приготовления вольфрамовых и молибденовых труб.
- Установлена Первая ЭВМ М-20.

#### 1964 г.

- |                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Мир</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Китай произвел первый экспериментальный атомный взрыв.</li><li>• Умер индийский премьер Джавахарлал Неру.</li><li>• 4 августа — начало американской интервенции во Вьетнаме.</li></ul>  |
| <b>Страна</b>       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Снят с высших партийных и государственных постов Н.С. Хрущев (14.10.64 г.). На его место избран генсек Л.И. Брежнев, Председателем Правительства стал А.Н. Косыгин.</li></ul>   |
| <b>Министерство</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 14 августа 1964 г. в ИАЭ им. Курчатова введена в строй первая в мире экспериментальная энергетическая установка «Ромашка» с прямым преобразованием ядерной энергии, сердечники, теплоизоляционные и коммутационные узлы для которой изготовлялись на НИИТВЭЛ.</li><li>• 26 апреля дала промышленный ток первая очередь Белоярской АЭС.</li><li>• 30 сентября пущен первый блок Нововоронежской АЭС.</li></ul>           |
| <b>Институт</b>     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Начало работы по созданию термоэмиссионной ядерной энергетической установки космического назначения с проектной мощностью 5—10 кВт и ресурсом работы 3 года.</li><li>• Разработка технологии изготовления твэл ЯРД с сердечниками из уранографита с карбидными покрытиями.</li><li>• К НИИТВЭЛ присоединена экспедиция 10 Минсредмаша, названная условно «отдел 80 НИИТВЭЛ». Директор экспедиции Кадыров А.А.</li></ul> |

- Разработана технология получения изотропных труб из молибдена и вольфрама.
- В цехе 8 организовано отделение по регенерации урана из брака и отходов.
- Начата разработка технологии высокочистых электроизоляционных материалов из оксидов алюминия для МКУ.
- Разработана технология совмещаемых узлов коммутации и электроизоляции для аппаратов БЭС-5 и «Орион».
- Разработка технологии твэл дисперсионного типа на основе диоксида урана и оксида бериллия для реактора МАК-М.

1965 г.

**Мир**

- 24.01.65 г. умер премьер-министр Англии У. Черчилль.
- Многие коммунистические партии Европы и Африки присоединяются к китайскому лагерю.

**Страна**

- Советский космонавт А. Леонов впервые вышел из космического корабля в открытый космос.
- Институт автоматики Министерства химической промышленности, под руководством директора А.Д. Конопатова, возглавил направление по атомным двигателям для космоса.

**Министерство**

- 2 марта 1965 г. — Министерству среднего машиностроения СССР возвращено его прежнее наименование, которое оно носило 20 лет.

**Институт**

- Решение о создании в институте технической базы по изготовлению экспериментальных электрогенерирующих каналов (ЭГК).
- Совершенствование технологии изготовления вакуумноплотных узлов для установки «Топаз-2».
- Идут активные поиски технологий изготовления высокотемпературных твэл ЯРД.
- Начало работ по получению и исследованию монокристаллов молибдена и вольфрама.
- Приказом Министра высшего и среднего образования СССР В.П. Елютина 26.03.65 г. в институте создан Ученый совет. Разрешено принимать к защите закрытые кандидатские диссертации.

### 1966 г.

- Мир**
- Начало «Пролетарской культурной революции» в Китае.
  - Индира Ганди стала премьер-министром Индии.
- Страна**
- Суд над писателями А. Синявским и Ю. Даниэлем.
- Министерство**
- 24 декабря в НИИАР пущен исследовательский реактор «МИР» мощностью 100 МВт.
- Институт**
- П/я 12 переименован в Подольский научно-исследовательский технологический институт (ПНИТИ). Параллельный номер предприятия — п/я А-1857.
  - Приказом министра на ПНИТИ возложены функции конструктора-технолога ТВС для реактора ИВГ-1.
  - Начало строительства комплекса «Байкал-1» на Семипалатинском полигоне.
  - Введены первые здания на новой площадке — корпуса 103, 102.
  - Разработана технология изготовления конструктивных элементов для установки БЭС-5.

### 1967 г.

- Мир**
- Началась Арабо-израильская война, известная как шестидневная.
  - Умер К. Аденауэр — бывший канцлер ФРГ.
  - Умер Р. Оппенгеймер — руководитель проекта по созданию атомной бомбы в США.
- Страна**
- Гибель Советского космонавта В.М. Комарова при посадке корабля «Союз-1».
- Министерство**
- 6 января Е.П. Славским и М.В. Келдышем подписан совместный приказ об организации под председательством Е.П. Велихова комиссии по изучению состояния и составлению предложений на пятилетку по исследованиям в области управляемых термоядерных реакций.
  - 9 января 1967 г. — на базе существующих структур в МСМ было образовано Главное управление энергетических установок (Главэнергоатом) (с 14 февраля 1967 г. — 16ГУ): Ему были подчинены: ИАЭ, ФЭИ, НИИАР, СФТИ, ОКБМ, ПНИТИ, СКБМ, ЦКБМ, НИКИЭТ и Объединенная экспедиция ПНИТИ (отд. 80 ПНИТИ).
  - 14 февраля 1967 г. — Главэнерго 15 ГУ МСМ присвоено наименование 16 ГУ МСМ СССР.

- Институт**
- Начал работать Ученый совет при ПНИТИ по защите кандидатских диссертаций по 3 специальностям: ядерные энергетические установки, теплофизика, металловедение и термическая обработка.
  - Выполнен эскизный проект технологического канала (ТК) реактора ИВГ-1.
  - На установках зонной плавки начато выращивание первых экспериментальных монокристаллов молибдена и вольфрама в форме прутков и труб, и первых монокристаллических оболочек катодов для ТЭП.
  - Выпуск эскизного проекта твэл реактора «Памир».
  - Изготовлен гидридный замедлитель для ТЭУ-5.
  - Изготовлен стенд для испытания ЭГК.
  - Выпущен эскизный проект установки ЭД-1.
  - В цехе 6 изготовлены первые экспериментальные ЭГК.
  - Завершена разработка технологии изготовления изделий из гидрида иттрия и сплавов на его основе.

1968 г.

- Мир**
- Более 100 государств подписали Московский договор о нераспространении ядерного оружия.

- Министерство**
- Приказом по Министерству среднего машиностроения ЦКБМ, ИАЭ, ПНИТИ, СФТИ поручено проведение узловых и комплексной отработки конструкции ЯЭУ.
  - Массовые заказы блоков АЭС: РБМК-1000, БН-600 и ВВЭР-440.

- Институт**
- Разработанная технология изготовления твэлов для быстрого импульсного графитового реактора (БИГР), внедрена на Новосибирском заводе химконцентратов.
  - Разработана технология изготовления гидридного замедлителя для ТЭУ-5.
  - Разработана технология изготовления сферических частей из дикарбида урана для твэлов атомной базовой транспортной установки (АБТУ-ц-15).
  - Интенсивно ведутся научно-исследовательские работы по карбидным материалам для ЯРД и по оксидной керамике для ТЭП.

1969 г.

- Мир**
- Американский космический корабль «Аполлон-11» с Н. Армстронгом и Э. Олдрином совершил посадку на Луну (27.07.69 г.).
  - Советско-китайский вооруженный конфликт на о. Даманском.
- Страна**
- В сентябре ЦК КПСС и Советом Министров СССР принято решение о строительстве первого в Советском Союзе атомного надводного корабля для Военно-морского флота.
- Министерство**
- 17 декабря 1969 г. нач. 16ГУ назначен А.Г. Мешков.
  - В декабре в НИАР запущен реактор БОР-60.
- Институт**
- ПНИТИ приобретает статус конструктора-технолога и переориентирует свою деятельность на создание конкретных конструкций и изделий, активных зон аппаратов: ИВГ-1, ЭД-1, ОКА-900, Топаз-2, Д-10, БЭС-5Т, ИР-100, МАК, Электрон, БИГР, Сигма, Памир, Б-2.
  - В июне на пост директора института назначен член-корреспондент Грузинской АН дфмн И.Г. Гвердцители.
  - В октябре 1969 г. состоялась успешная защита техпроекта технологического канала (ТК) реактора ИВГ-1. Изготовлены первые штатные ТВС.
  - В сентябре на Семипалатинском полигоне создана Объединенная экспедиция (ОЭ) — филиал ПНИТИ. Директором ОЭ назначен О.П. Руссков — бывший начальник отдела ИАЭ, начальником установки ИГР.
  - В сентябре И.Г. Гвердцители и директор ИАЭ А.П. Александров приняли решение о присоединении реактора ИГР, принадлежащего ИАЭ, к экспедиции № 10, относящейся к ПНИТИ.
  - Переход администрации института в корпус 101, только что построенный на новой площадке.
  - Созданы отделы: 50, 20 и 90 под руководством Ю.В. Николаева, Н.И. Полторацкого, В.Н. Пупынина.
  - Начало организации цехов 4, 10.
  - Награждены золотой медалью ВДНХ А.Ф. Петров и Р.Г. Фрайштут; бронзовой медалью: Л.А. Ижванов, В.С. Колтунов, Н.М. Соколов, В.С. Куприков, А.К. Голубчиков, М.А. Яковлев, А.М. Мясников.



1970 г.

- Мир**
- 05.01.70 г. умер физик М. Борн.
  - Активные демонстрации против загрязнения окружающей среды в США.
- Страна**
- Начало переговоров между СССР и США об ограничении стратегических наступательных вооружений (ОСВ).
  - Подписан договор между СССР и ФРГ о признании послевоенных границ в Европе.
- Министерство**
- Удостоена Государственной премии СССР работа: «Создание и энергетические испытания термоэмиссионного реактора-преобразователя «Топаз».
- Институт**
- Разработан технический проект ВЧТК реактора ИВГ-1.
  - Создаются три больших тепловых стенда («Стриж», «Стрела», СТП) для проведения тепловых физико-энергетических испытаний ЭГК одноэлементного типа.
  - В связи со 100-летием рождения В.И. Ленина большая группа сотрудников награждена медалью «За трудовую доблесть».

1971 г.

- Мир**
- Принято четырехстороннее соглашение по Берлину, по которому Берлин не является частью ФРГ.
- Страна**
- Выведена на орбиту космическая научная станция «Салют».
- Министерство**
- Разработка и принятие масштабных программ строительства АЭС.
  - Подписано советско-французское соглашение об обогащении французского урана на советских обогатительных заводах.
  - 19 августа — подписание контракта о строительстве Советским Союзом АЭС «Ловиза» в Финляндии.
- Институт**
- Завершен выпуск штатных комплектов изделий для «ОРИОН-14К».
  - Выпущен рабочий проект ЭГК. Начаты ресурсные реакторные испытания ЭГК в Ташкенте.
  - Закончена отработка технологии многослойной теплоизоляции из карбида циркония и пироуглерода.
  - Проведена серия испытаний твэл ЯРД на ИГР в петлевых каналах Д-10. Подтверждена работоспособность твэл.

- Созданы отдел технической документации (ОТД) и бюро стандартизации.
- Введены в эксплуатацию корпуса института 105, 103/2, жилой дом на 108 квартир и деткомбинат на 280 мест.
- Присвоено почетное звание «Заслуженный изобретатель РСФСР» Б.Г. Игнатьеву и Л.И. Трахтенбергу.

1972 г.

- |                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Мир</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• 28 февраля — президент США Р. Никсон признает, что Тайвань является частью Китая.</li></ul>  |
| <b>Страна</b>       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Р.Никсон — первый из президентов США посетил СССР.</li></ul>   |
| <b>Министерство</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 28 февраля правительство СССР приняло решение об образовании на базе СКБ «Заря», МКБ «Красная Звезда» и ТМБК «Союз» — НПО «Красная Звезда».</li><li>• 1 августа начата графитовая кладка, а 15 октября монтаж технологических каналов реактора первого энергоблока Ленинградской АЭС. В декабре пущен четвертый блок Нововоронежской АЭС и спущен на воду атомный ледокол «Арктика».</li><li>• В западной Словакии введена в строй Яслово-Богуничская АЭС с тяжеловодным корпусно-канальным реактором с газовым охлаждением тепловой мощностью 540 тыс. кВт и электрической — 140 тыс. кВт.</li></ul>  |
| <b>Институт</b>     | <ul style="list-style-type: none"><li>• По итогам ВДНХ «Машиностроение-72» институт награжден Почетной грамотой II степени за ряд технологических работ.</li><li>• В начале года проведены холодные испытания, а в сентябре осуществлен физпуск реактора ИВГ-1.</li><li>• Проведена сборка и физпуск реактора установки Я-20.</li><li>• Разработаны основы технологии изготовления ТВЭЛ для матричной хромо-никелевой композиции с ураном реактора «Памир».</li><li>• Начало петлевых испытаний ЭГК в ИЯФ АН УзССР (г. Ташкент).</li><li>• Присуждена Государственная премия СССР — Л. А. Ижванову за работы по бериллию.</li><li>• Награждены серебряной медалью ВДНХ: И.И. Корнилов, Ю.М. Королев; бронзовой медалью — Л.И. Трахтенберг, В.И. Столяров, В.И. Щербаков, В.Д. Соловьев, С.С. Семилетов.</li><li>• Введен жилой дом на 108 квартир.</li></ul> |

1973 г.

- Мир**
- Государственный переворот в Чили.
  - Великобритания вступает в Европейское сообщество.
- Страна**
- Визит Л.И. Брежнева в США и подписание советско-американского соглашения о предотвращении ядерной войны, о сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии.
- Министерство**
- 15 июля на Мангышлакском энергозаводе (г. Актау, Казахстан) осуществлен энергетический пуск многоцелевой АЭС с установкой по опреснению морской воды.
  - 12 сентября осуществлен физический пуск реактора первого энергоблока Ленинградской АЭС. 12 января — пуск первого блока Билибинской АЭС.
- Институт**
- Институт работает по 52 темам и еще по 18 темам работа ведется с контрагентами (МИФИ, УзбАН, НИИХИМАШ, МАЭ, Станкоинструмент, ВНИИМК, МВТУ, ЦИАМ, ВНИИМетмаш, КаунаСИГПИ, Свердл.ФТИ, МЭИ, МИСИС, ИФХИМ, СФТИ и др.)
  - Изготовлена партия ТВС 11Б91П/50 для ИГР.
  - Создан рабочий проект Э-31.
  - Создан эскизный проект унифицированного ЭГК.
  - Изготовлены крупногабаритные кольцевые уран-графитовые ТВЭЛ для Быстрого импульсного графитового реактора (БИГР).
  - Выпущены технический проект ТК реактора 11Б91-ИР-100 и эскизный проект ТВС реактора 11Б92.
  - Для испытаний ЭГК в штатных условиях, начиная с 1973 г., в организациях СФ НИКИЭТ, ИЯФ АН УзССР на реакторах ИВВ-2М, ВВР-СМ создается экспериментальная стендовая база, оснащенная современным вакуумно-технологическим и контрольно-измерительным оборудованием.
  - Институтом совместно с московским заводом полиметаллов предложен технологический процесс гидрирования, обеспечивающий бездефектное изготовление гидридных заготовок.
  - На тепловых стендах ПНИТИ и СФТИ проведены ресурсные испытания одноэлементного ЭГК. Макс. ресурс 5000 час. при мощности — 200 Вт.
  - Разработана технология получения катодных заготовок из монокристаллов молибдена.

- Разработана технология, проведена сборка, испытания (серия 14-Т) и разделка 4 петлевых каналов Д-10М с твэл из двойного, тройного уранокарбидного раствора и карбидографита.
- Проведены лабораторные испытания на коррозионную стойкость матричных твэлов «Памир» в диссоциирующем теплоносителе  $N_2O_4$ .
- Разработана технология эмалевых покрытий на гидриде циркония.
- Начало внедрения АСУ (Автоматическая система управления).
- Введен корп. 109 и жилой 9-этажный дом.
- Присвоено почетное звание «Заслуженный изобретатель РСФСР» Л.Б. Нежевенко.
- Получены серебряная медаль ВДНХ Ю.Л. Кудрявцевым, а бронзовая медаль В.М. Ярославцевым, Ю.И. Казимировым.

1974 г.

- |                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Мир</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Франция и Германия продали Ирану по два энергетических реактора.</li></ul>  |
| <b>Страна</b>       | <ul style="list-style-type: none"><li>• 18.06.74 г. умер Маршал Советского Союза Г.К. Жуков.</li></ul>  |
| <b>Министерство</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 18 июля в Болгарии с участием советских специалистов осуществлен энергетический пуск первого энергоблока АЭС «Козлодуй», электрическая мощность 440000 кВт.</li><li>• 17 декабря успешно завершены испытания во льдах атомного ледокола «Арктика». В июле 1975 г. ледокол вышел в первую навигацию.</li></ul>   |
| <b>Институт</b>     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Сформирована пусковая комиссия по энергопуску изделия ИВГ-1 под председательством зам. нач. главка В.М. Тюгина. Пуск намечен на 1975 г.</li><li>• Выпущен Техпроект твэла установки «Памир».</li><li>• Приказ министра о создании опытно-промышленной радиационно-химической установки АБТУ-ц-50 (переименованной затем в ВГР-50).</li><li>• В сентябре 1974 г. была организована специализированная лаборатория 36 по конструированию уран-графитовых твэл ВТГР на основе микротвэлов.</li><li>• 5 ноября 1974 г. звание лауреата Госпремии СССР присуждено в числе большой группы ученых директору ПНИТИ И.Г. Гвердцители за работу: «Создание косми-</li></ul> |

ческой ядерно-энергетической установки БЭС-5 с термоэлектрическим преобразованием энергии», в которой принимал участие институт.

- Проведены 1000-часовые испытания ЭГК на тепловом стенде прибора с коллектором из Nb-Fe.
- Проведен комплекс расчетно-теоретических работ по анализу аварийных ситуаций в ТК установки 11Б91.
- Изготовлен комплект каналов 11Б91.
- Развернуты комплексные работы по шаровым уран-графитовым дисперсионным твэлам в сборном и монолитном вариантах для атомной базовой технологической установки (АБТУ-ц-50).
- Закончено изготовление твэл аппарата БИГР.
- Разработана технология плавки бездефектных монокристаллов.
- В цехе 10 создан опытный участок газофазной металлургии, где осуществляется выпуск теплоизоляционного пакета установки 11Б91.
- Награждены медалями ВДНХ: золотой — Ю.М. Королев; серебряной — В.И. Столяров; бронзовой — Л.А. Ижванов, А.П. Жаринов, М.В. Тарасенко, А.Б. Волгин, В.Д. Соловьев, Б.Г. Богомазов, Д.И. Поляков, А.Л. Эпштейн.

1975 г.

- |                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Мир</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 ноября — смерть Франко в Испании. Ему на смену приходит Хуан Карлос.</li> </ul>  |
| <b>Страна</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Осуществлен первый советско-американский космический эксперимент по программе «Союз-Аполлон». 17 июля произведена стыковка космических кораблей «Союз-19» и «Аполлон-18».</li> </ul>  |
| <b>Министерство</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 11 января введен в строй четвертый энергоблок Билибинской АЭС. В 1976 г. станция стала первой в стране атомной теплоцентралью, построенной в зоне вечной мерзлоты.</li> <li>• 29.06.75 г. в ИАЭ им. И.В. Курчатова введена в строй крупнейшая в мире термоядерная установка ТОКОМАК.</li> </ul>   |
| <b>Институт</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 марта 1975 г. проведен первый энергетический пуск реактора ИВГ-1 в филиале ПНИТИ Объединенной экспедиции на Семипалатинском полигоне. Программа пуска была выполнена полностью, радиационная обстановка в норме.</li> <li>• Выпущен техпроект ЭГК установки 11Б98.</li> <li>• Завершена комплексная технология изготовления вольфрамовых труб.</li> </ul> |

- 26 октября 1975 г. на базе ИАЭ произведен энергопуск ЭГК Я-23 установки 11Б98.
- Проведены испытания ТВС 11Б91 на ИГР на 50% и 100% мощности при температурах 2500—2900 К.
- Подготовлена рабочая документация по твэл реактора «Памир».
- Большая группа сотрудников награждена орденами и медалями.

**1976 г.**

- |                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Мир</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• 09.09.76 г. в Пекине умер Мао Цзэдун. 2 ноября Дэн Сяопин берет руководство страной в свои руки.</li><li>• Д. Картер избран президентом США.</li></ul>  |
| <b>Страна</b>       | <ul style="list-style-type: none"><li>• В СССР создана Группа наблюдения за выполнением Хельсинских соглашений по правам человека.</li></ul>  |
| <b>Министерство</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 23 февраля спущен на воду атомный ледокол «Сибирь».</li><li>• 19 декабря введен в эксплуатацию первый блок Курской АЭС с реактором типа РБМК-1000. В этом же году были введены в строй первый блок Армянской АЭС и четвертый энергоблок Билибинской АЭС.</li></ul>  |
| <b>Институт</b>     | <ul style="list-style-type: none"><li>• В июне 1976 г. директор института И.Г. Гвердцители перешел на работу в Правительство Грузии. И.о. директора назначен И.И. Федик.</li><li>• В ИАЭ в апреле 1976 г. закончены ядерно-энергетические испытания термоэмиссионной установки 11Б98 (Я-23). Получено 6 кВт (эл) при ресурсе 3000 час.</li><li>• Начались петлевые испытания многоэлементного ЭГК на реакторах ВВП-СМ (в ИЯФ АН УзССР) и ИВВ-2 (в СФ НИКИЭТ).</li><li>• По конструкторско-технологической документации института на НЗХК организован выпуск первых сборных шаровых твэлов для критстенда «Астра» в ИАЭ.</li><li>• Разработана рабочая документация канала экспериментального технологического (КЭТ) для испытания ТВС 11Б91 в установке ИВГ-1.</li><li>• Разработан новый материал («СКАНЕЛ») из окиси скандия для установки «Тополь».</li><li>• Усовершенствована технология изготовления сердечников из диоксида урана.</li><li>• Создан замедлитель нейтронов из гидрида циркония для ЯЭУ.</li><li>• В ПНИТИ проведена Всероссийская конференция по ЯРД.</li></ul> |

1977 г.

- Мир**
- Продление соглашений «ОСВ-1».
  - Германия продала Ирану четыре атомных реактора.
- Страна**
- 
- Министерство**
- 8 февраля — пуск первого блока АЭС «Ловиза» в Финляндии, построенной СССР.
- Институт**
- Проведен анализ результатов всех пусков реактора ИВГ-1. Достигнутые параметры по удельным характеристикам и температуре существенно превышают полученные в США.
  - Выпущен техпроект многоэлементного ЭГК.
  - Проведены испытания на РВД первой модификации азотного канала. (Азот нагрет до 2600 К).
  - Отработан виброакустический метод сфероидизации ядерного топлива для ВТГР.
  - Завершены разделка и исследования ТВС «Памир» на стенде ИЯЭ АН БССР.
  - Созданы водородоудерживающие покрытия на гидридных замедлителях.
  - Разработаны эмалевые покрытия на изделия из бериллия.
  - Отработана технология изготовления гермовводов и изоляционных изделий для установки «БУК».
  - На базе института организован Межотраслевой семинар «Проблемы отработки твэлов для ВТГР».
  - 12 октября 1977 г. был подписан приказ об организации отдела 180, задачей которого являлась разработка и создание металлооптики для лазерных систем.
  - Образован научно-исследовательский отдел стандартизации (НИОС) под руководством А.М. Казакова.
  - Вручены почетные Грамоты и Почетный Знак ЦК ВЛКСМ В.Д. Дарагану и Б.С. Гаврюшенко.

1978 г.

- Мир**
- 
- Страна**
- 24.06.78 г. умер академик М.В. Келдыш — Президент АН СССР — руководитель многих космических программ.
- Министерство**
- 12 декабря — пуск первой очереди АЭС «Богуннице» в Чехословакии. 31 декабря — пуск второго блока Армянской АЭС.

- Институт**
- В июне 1978 г. директором ПНИТИ назначен В.Ф. Гордеев.
  - Подготовлен рабочий проект многоэлементного ЭГК.
  - Награждены серебряной медалью ВДНХ — Г.И. Бабаянц, В.М. Голомазов, бронзовой — В.И. Артемьев, В.И. Гранов, В.Е. Гребенкин, В.И. Паршин, О.Д. Чепель, В.А. Шмаков.
- 1979 г.
- Мир**
- В Вене СССР и США подписали договор об ограничении стратегических наступательных вооружений (ОСВ-2).
  - Авария на АЭС Три-Майл-Айленд в штате Пенсильвания (США). Жители района в радиусе 80 км были эвакуированы.
  - НАТО одобрило размещение крылатых ракет «Першинг-2» в Западной Европе.
- Страна**
- Советские войска вошли в Афганистан (декабрь 1979 г.).
- Министерство**
- Начало производства атомных подлодок третьего поколения. 17 апреля начальником 16 Главного управления назначен Е.В. Кулов.
- Институт**
- Одноэлементному ЭГК Е560.1 и твэл Е560.2 был присвоен литер «О».
  - 29.11.79 г. в Объединенной экспедиции проведен горячий пуск реактора ИВГ-1 по программе КП-2, а 19.12.79 г. по программе КП-3.
  - Выпуск технического проекта сборного шарового твэла для АБТУ-ц-50. Технический проект керметного твэла для реактора БРИГ-300.
  - Начало интенсивных работ по металлооптике и лазерной тематике в целом.
  - Построен и оснащен технологическим оборудованием корпус 34 для комплексной глубокой переработки урансодержащих материалов в виде восстанавливаемых отходов.
  - Бронзовая медаль ВДНХ присуждена В.А. Руденко.
- 1980 г.
- Мир**
- 22 сентября — начало Ирано-иракской войны.
  - Избрание Р. Рейгана президентом США.
  - В Москве состоялись XXII Олимпийские игры.
- Страна**
- Умер Председатель Совета Министров СССР А.Н. Косыгин.



**Министерство •**

**Институт**

- В ПНИТИ четко сформировались четыре основных научных направления:
  - направление ЯРД (условное название «А», куда вошли несколько отделов института и ОЭ). Руководитель направления — первый зам. директора И.И. Федик;
  - направление термоэмиссионного преобразования ядерной энергии (условное название «Е»). Руководитель направления — заместитель директора Ю.В. Николаев;
  - направление высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (условное название ВТГР или «Т»). Руководитель направления — заместитель директора А.С. Черников;
  - направление металлооптики (или условно «Д»). Новое направление возглавил директор института В.Ф. Гордеев;
- Опытный завод входил в ПНИТИ на правах опытного производства, но со своим отдельным балансом и отчетностью, как промышленное предприятие. Зам. директора ПНИТИ по производству — директор Опытного завода — Р.Г. Фрайштут;
- Объединенная экспедиция (ОЭ) имела полную хозяйственно-административную самостоятельность, но общий с институтом тематический план. После О.П. Русскова руководителями ОЭ были: И.А. Могильный, А.П. Иевлев, Е.К. Дьяков, В.П. Денискин, В.И. Щербатюк, Ю.С. Черепнин.
- Выпуск технического проекта монолитного шарового твэла для АБТУ-ц-50.
- Организован выпуск первых 500 штук монолитных шаровых твэлов для пред- и реакторных испытаний (совместно с НЗХК).
- 3 ноября 1980 г. за создание и испытание реактора ИВГ-1 стендового варианта ядерного ракетного двигателя три сотрудника ПНИТИ были удостоены звания лауреатов Государственной премии СССР (И.И. Федик, Е.К. Дьяков, И.А. Могильный).

1981 г.

**Мир**

- В. Ярузельский приходит к власти в Польше.
- 10 мая — Ф. Миттеран избран президентом Франции.

**Страна**

- Введение экономических санкций против СССР со стороны США.

**Министерство** • 18 февраля сдан в эксплуатацию первый энергоблок Ровенской атомной электростанции.

**Институт**

- В ОЭ завершены разработка и испытание петлевой лазерной установки газовой (ПЛУГ). На ней осуществлено прямое преобразование ядерной энергии в лазерное излучение, путем нагрева азота в каналах типа ЯРД с подмешиванием  $\text{CO}_2$  и гелия. Петля установлена в реакторе ИГР.
- Одноэлементный ЭГК на стенде с электронагревом при соответствии выходных характеристик требованиям ТЗ проработал более трех лет.
- На ЭГК с зазором 0,5 мм в испытаниях на петлях Лазер-13 и Лазер-14 достигнут ресурс 8000 часов.
- На установке «300» (ИВГ-1) проведено 3 пуска.
- Завершен технический проект твэла установки ВГ-400. Достигнуто выгорание до 14%, температура до 1400°С.
- Успешная защита технического проекта твэла установки АБТУ-ц-50 на НТС Министерства.
- Начало работ по технологии выращивания монокристаллов лейкосапфира методом А.В. Степанова.
- Разработана документация на зеркало диаметром 550 мм с пористой системой охлаждения.
- Разработан технический проект твэла на основе мононитрида урана для реактора БР-10Н на быстрых нейтронах с жидко-металлическим теплоносителем (совместно с ФЭИ).
- Проведен совместно с НИИТП и КБХА один пуск на установке 11В91.
- Создан ТК на азоте для установки ИВГ-1.
- Бронзовой медалью ВДНХ награжден — П.П. Кузнецов.
- В октябре город Подольск отмечал свое 200-летие. Многие сотрудники ПНИТИ награждены памятными знаками и почетными грамотами.

**1982 г.**

**Страна** • Умерли Генеральный секретарь ЦК КПСС Л.И. Брежнев и член Политбюро М.А. Сулов. Ю.В. Андропов стал Генеральным секретарем ЦК КПСС.

**Министерство** • 30 марта 1982 г. начальником 16 ГУ назначен Е.В. Куликов.  
• 9 декабря введен в эксплуатацию первый блок Смоленской АЭС. В этом же году пущен первый энергоблок Игналинской АЭС (Литва) с усовершенствованным уран-графитовым реактором канального типа РБМК-1000, электрической мощностью 1500000 кВт и тепловой — 4800000 кВт.

- Институт**
- Сформирован новый Ученый совет по защите докторских диссертаций по трем специальностям. Председателем утвержден И.И. Федик.
  - Выпущен эскизный проект изделия «75».
  - Получены высококачественные зеркала больших размеров для лазерных установок.
  - В августе отметили 80-летие М.В. Якутовича.
  - Государственная премия СССР присуждена В.Ф. Гордееву, Б.Ш. Кишмахову, В.В. Глаголеву за работы по металлооптике.
  - Государственная премия СССР присуждена А.В. Пустогарову, А.Б. Карабуту, Ю.В. Курочкину за работу по разработке и использованию плазмотронов.
  - Премия Совета Министров СССР присуждена П.В. Зубареву и Л.Н. Дементьеву за исследование тугоплавких металлов.

1983 г.

- Мир**
- СССР решил разместить ракеты средней дальности в ГДР и Чехословакии в ответ на подготовку США к размещению ракет «Першинг-2» в Западной Европе.
- Страна**
- Ю.В. Андропов развернул широкую кампанию по укреплению трудовой дисциплины и борьбы с прогулами и «социальным паразитизмом».
- Министерство**
- 8 ноября со стапелей Балтийского завода в Ленинграде спущен на воду атомный ледокол «Россия».
  - В декабре создан Госатомнадзор.
  - 31 декабря — пуск первого блока Игналинской АЭС с реактором РБМК-1500.
- Институт**
- 10.02.83 г. проведен очередной пуск реактора ИВГ-1. Достигнуты высокие параметры ( $T=3000\text{ K}$ ).
  - Организованы четыре производственных участка в цехе № 10 для изготовления шаровых твэлов и начало освоения опытно-промышленной технологии с выпуском в 1984 г. 10 тыс. твэлов.
  - Эскизный проект установки керметного твэла 75А.
  - Подготовка к испытанию установок ПЛУГ, АУЛ.
  - Присвоено почетное звание «Заслуженный изобретатель РСФСР» Л.А. Ижванову.
  - Присуждена премия советских профсоюзов — токарю М.М. Мишину — за выдающиеся достижения в труде.

**1984 г.**

- Мир** • Испытания космического оружия в США.
- Страна** • Умер Ю.В. Андропов — Генеральный секретарь ЦК КПСС, Генсеком стал К.У. Черненко.
- Министерство** • В феврале в ОИЯИ в г. Дубна сдан в эксплуатацию исследовательский импульсный реактор периодического действия ИБР-2.  
• 9 мая введен в эксплуатацию первый блок Калининской АЭС.
- Институт** • Создан участок выращивания кристаллов лейкосапфира в виде труб.  
• Проведены испытания третьей активной зоны реактора ИВГ-1 с азотным теплоносителем.  
• Растет число специалистов высшей квалификации. На начало 1984 г. имеется 176 докторов и кандидатов наук, в том числе 10 профессоров.

**1985 г.**

- Мир** • Продление Варшавского договора на 20 лет.
- Страна** • М.С. Горбачев стал Генсеком ЦК КПСС, начало антиалкогольной кампании, начало «перестройки».  
• Объявление Правительством СССР в одностороннем порядке моратория на проведение подземных ядерных взрывов.  
• Июль — СССР соглашается на контроль МАГАТЭ.
- Министерство** • 24 февраля — ввод в действие первого блока АЭС «Дукованы» в Чехословакии.
- Институт** • Распределение ответственности по основным направлениям деятельности ПНИТИ на 1985 г. В.Ф. Гордеев — металлооптика (отд. 160, 180, 190); И.И. Федик — ЯРД (отд. 20, 30, 70, 80, 130); Ю.В. Николаев — термоэмиссия (отд. 50, 170, 150); А.С. Черников — ядерное топливо и гидридные испытания (отд. 60, 140); ОЭ — В.Л. Денискин.  
• Присуждена Премия Совета Министров СССР А.Г. Ланину, Г.И. Пепекину, В.М. Куприкову за работу по металлооптике.  
• Присуждены медали ВДНХ: — золотая — А.С. Черникову; серебряные — Ю.В. Кошелеву, Л.И. Михайличенко, бронзовая — К.В. Калиберде, В.А. Конотопу, Э.М. Чижо-

вой, А.К. Коренному, А.М. Казакову, В.С. Колесову, Р.А. Лютикову, А.П. Гудовичу, Е.И. Дворяку, Г.В. Орлову, А.А. Кузнецову, А.С. Черкасову, К.С. Юдиной, О.Д. Чепелю, А.И. Пилюгину, А.Г. Чуприкову, В.А. Самарину.

- А.П. Белоусенко, за успехи в создании ряда технологий и внедрение их в производство присвоено звание «Заслуженный технолог Российской Федерации».
- Закончена обработка основных результатов испытания ТВС ЯРД в реакторе ИВГ-1.
- Завершение разработки и изготовления активной зоны исследовательского реактора СМВ для нейтронно-активационного анализа.

1986 г.

**Мир**

- Волна исламистских терактов во Франции.

**Страна**

- 26.04.86 г. в 1 час 23 мин. 49 сек. произошла Чернобыльская катастрофа. Взорвался ядерный реактор типа РБМК. Из реактора были выброшены раскаленные куски ядерного топлива и графита. Большое количество радиоактивных веществ попало в атмосферу. Это было величайшее бедствие в истории ядерной энергетики. Произошло резкое изменение общественного мнения об атомной энергетике.
- М.С. Горбачев объявил о выводе советских войск из Афганистана.

**Министерство**

- 26 мая 1986 г. 16 Главное управление переименовано в 16 научно-технологическое управление. Начальником 16 ГНТУ назначен Н.И. Ермаков.
- 21 июля образовано Министерство атомной энергетики СССР (министр Н.Ф. Луконин).
- 21 октября председатель Правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС Б.Е. Щербина подписал подготовленные группой академика В.А. Легасова «Требования, предъявляемые к состоянию укрытия 4-го блока Чернобыльской АЭС и наличию технической и организационно-распорядительной документации, необходимой для приема укрытия в эксплуатацию». На протяжении ряда последующих лет основные усилия специалистов Минсредмаша совместно с другими организациями направлены на ликвидацию последствий аварии на Чернобыльской АЭС.
- 29 ноября 1986 г. Министром МСМ утвержден Л.Д. Рябьев.

- Институт**
- Завершен технический проект твэла для установки 75А.
  - Институту поручена разработка «быстрого» реактора-преобразователя для установки 11Б97 — состоящего из пакетов с многоэлементными ЭГК.
  - Выпуск технического проекта твэла реактора СМВ.
  - Образован производственно-технический отдел (ПТО) под началом Н.Г. Косолапова.
  - Государственная премия СССР присуждена И.А. Каретникову, В.А. Репию, Г.А. Рымашевскому, Р.Г. Фрайшту, А.А. Ястребкову за разработку новых материалов на основе монокристаллов тугоплавких металлов.
  - Государственная премия СССР присуждена Б.С. Гаврюшенко за работы по металлооптике.
  - Награжден медалью к ордену «За заслуги перед Отечеством» Г.И. Пепекин.
  - Бронзовая медаль ВДНХ присвоена: Е.П. Жирову, М.С. Беляковой.

1987 г.

- Мир**
- М.С. Горбачев и Р. Рейган подписали договор о ликвидации ракет средней и малой дальности.
- Страна**
- СССР принимает решение о выводе войск из Афганистана.
  - В СССР принято постановление о совместных предприятиях с участием советских и иностранных фирм и органов управления.
- Министерство**
- 20 августа — пуск второго блока Игналинской АЭС с РБМК-1500.
- Институт**
- Для исследования работоспособности твэлов на режимах малой мощности (РММ), принято решение переделать ИРГИТ-3 в петлевой реактор РА, способный работать непрерывно в течение длительного времени (месяцами).
  - В реакторе РА начались испытания твэлов и конструкционных материалов реакторов ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ) на радиационную стойкость в непроточных газовых средах при температуре твэлов до 2000 К. К 1991 г. проведено 55 испытаний.
  - Премия Совета Министров СССР присуждена Г.И. Бабянцу за разработку новых материалов.
  - Премия Ленинского комсомола присуждена С.Д. Курбакову, В.И. Дерюгину, Г.Н. Федосеевой, Ю.А. Филиппову за разработку микросферического топлива ВТГР.

1988 г.

- Мир**
- 8 августа — конец Ирано-иракской войны. Ирак применяет против курдов химическое оружие.
- Страна**
- Совместный контроль за ядерным оружием. Американские эксперты побывали на ядерном полигоне в Семипалатинске, а советские — в Неваде.
  - В СССР осуществлен запуск космического корабля многоцелевого использования «Буран».
- Министерство**
- Финансирование на науку предлагается сократить не менее чем на 25—30%.
  - Окончательно остановлен первый блок Нововоронежской АЭС.
- Институт**
- Разработана полупромышленная технология изготовления топливных сердечников из мононитрида урана и твэлов для реактора БР-10 на быстрых нейтронах.
  - Завершены испытания четвертой активной зоны реактора ИВГ-1 с водородным теплоносителем.
  - Начало опытно-промышленного выпуска твэлов для комплектации активной зоны установки 75А (завершение в 1990 г.).
  - Создание СТК (Совет трудового коллектива).
  - Серебряной медалью ВДНХ награждены — Б.Г. Дроздов, В.Т. Чернявский.

1989 г.

- Мир**
- Демонтаж Берлинской стены.
  - Провозглашение суверенитета республик СССР: Азербайджана, Армении, Литвы, Латвии, Эстонии.
- Страна**
- Разгар реформистских настроений в Правительстве СССР и демократического подъема в обществе.
  - Завершен вывод советских войск из Афганистана.
  - Грузино-абхазский конфликт.
  - Умер академик А.Д. Сахаров — физик-ядерщик, трижды Герой Соцтруда.
- Министерство**
- 27 июня 1989 г. — образовано Министерство атомной энергетики и промышленности СССР, а 17 июля Министром Минатомэнергопром стал В.Ф. Коновалов.
  - 17 апреля создано ЯО (Ядерное общество СССР, России).

- 28 декабря принято постановление Совета Министров СССР «Об организационной структуре управления отраслью атомной энергетики и промышленности СССР». 16 ГНТУ преобразовано в Главное управление разработки и испытания ядерных реакторов и специальных установок.
- Институт**
- 12 июня 1989 г. подписан приказ Министра среднего машиностроения Л.Д. Рябьева о создании НПО «ПНИТИ» на базе института, опытного производства и Объединенной экспедиции. Созданы НИИ НПО «ПНИТИ», ОЗ НПО «ПНИТИ» и ОЭ НПО ПНИТИ. Головной организацией стал НИИ.
  - Сентябрь 1989 г. Принято решение и оформлено приказом Министра переименование НПО «ПНИТИ» в НПО «Луч». В составе: НИИ НПО «Луч», ОЗ НПО «Луч» и ОЭ НПО «Луч». Головная организация НИИ НПО «Луч».
  - Ноябрь 1989 г. — проведены выборы директора НИИ НПО «Луч» — Баллотировались три кандидата. Директором избран И.И. Федик.
  - Вся схема взаимодействия подразделений осталась прежней.
  - Выпуск технического проекта шарового твэла для реактора ВГМ.
  - Присуждены медали ВДНХ: золотая — Г.И. Бабаянцу, серебряная — В.М. Голомазову, Г.В. Плотцеву, В.П. Смекалину, Р.Я. Захаркину.
  - Премия Госкомобразования СССР присуждена М.Б. Владыкиной.
- 1990 г.**
- Мир**
- Объединение Германии.
  - Конфликт в Югославии в Косово.
  - Свободные выборы в странах «Народной демократии».
- Страна**
- Выборы в России народных депутатов. Победа демократических сил.
  - Провозглашение государственного суверенитета России, Украины.
  - Б.Ельцин — Председатель ВС РСФСР, М.С. Горбачев — Президент СССР.
  - Последний съезд КПСС.
- Министерство**
- В 1990 г. Правительство СССР и лично М.С. Горбачев приняли предложение США осуществить в рамках международной программы по космической ядерной энергетике (TSET) демонстрационные испытания двух прототи-



- пов установки «Енисей». Разработаны основные положения проекта АЭС нового поколения.
- Институт**
- 18 декабря введен в эксплуатацию модернизированный реактор ИВГ-1М для испытания ТВС в петлевом экспериментальном канале, расположенном в центральной ячейке реактора.
  - На основе азотных каналов ЯРД создан газодинамический лазер (ГДЛ) с тепловой накачкой газовой  $\text{CO}_2$  смеси мощностью до 100 кВт в луче.
  - Проведен системный анализ концепций активных зон и топлив ЯЭУ на ближайшую перспективу.
  - С 1990 по 1993 гг. проводятся работы по созданию сернонатриевых аккумуляторов (СНА).
  - Начало перехода к рыночным отношениям в НПО «Луч» (наука и производство). На заседании дирекции предложено дать больше прав начальникам подразделений.
  - Образованы отделения ВТК под руководством Е.К. Дьякова и НТЦ «Исток» под руководством Ю.В. Николаева.
  - Премия Совета Министров СССР присуждена Д.С. Горному за разработку новых материалов.
- 1991 г.
- Мир**
- Французским законом устанавливается государственная комиссия по распоряжению ядерными отходами.
- Страна**
- Попытка переворота в СССР. ГКЧП во главе с Г.И. Янаевым.
  - Главы государств России, Украины, Белоруссии приняли заявление о создании СНГ и прекращении существования СССР, как субъекта международного права. Конец СССР (8—10 декабря — Беловежское соглашение).
  - Указ о запрещении деятельности КПСС на территории России.
  - Признание независимости республик бывшего СССР.
- Министерство**
- Октябрь — Курчатовский институт официально отделяется от министерства и получает статус Российского научного центра.
  - 24 января на заседании Межведомственной секции № 9 НТС МСМ рассмотрены предложения ЦКБ «Айсберг» о создании плавучей АЭС мощностью 70—100 МВт.
- Институт**
- В октябре ОЭ (Объединенная экспедиция НПО «Луч») перешла под юрисдикцию Казахстана.

- Образован Научно-технологический комплекс (НТК) «Керамика-Луч» и создано опытное производство по выпуску оснастки для электронной промышленности из особо чистого карбида кремния.
- Успешная защита техпроекта твэла установки ВГМ на секции НТС министерства.
- Предложение по созданию мощной лазерной установки для резки подводных судов упирается в начальный капитал.
- В октябре большая делегация американских ученых и специалистов посетила НПО «Луч» (в т.ч. J. Wetch, Caveny). Были достигнуты соглашения по дальнейшему сотрудничеству в области ядерной космической энергетики.
- Сокращение финансирования многих бюджетных тем привело к ограничению деятельности НПО «Луч» в рамках НИР и ОКР.

1992 г.

- |                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Мир</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Россия и США подписали хартию об окончании холодной войны.</li></ul>   |
| <b>Страна</b>       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Правительство России — сначала возглавил Е.Т. Гайдар, а далее В.С. Черномырдин.</li><li>• М.С. Горбачев — исключен из КПСС.</li><li>• Введение в действие приватизационных чеков (ваучеров). Начало приватизации.</li></ul>  |
| <b>Министерство</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 29 января 1992 г. образовано Министерство Российской Федерации по атомной энергии. 2 марта Министром Минатома стал В.Н. Михайлов.</li><li>• В декабре Правительство Российской Федерации издало постановление о продолжении строительства Балаковской, Калининской и Курской АЭС, а также о завершении проектов на строительство Белоярской, Нововоронежской и Кольской АЭС.</li></ul>   |
| <b>Институт</b>     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Начало работ по новому типу твэла на основе композиции с матричной структурой (оксид урана с цирконием) для ВВЭР.</li><li>• В сентябре 1992 г. в г. Курчатове (Семипалатинский полигон) на базе Объединенной экспедиции, бывшего филиала НПО «Луч», была организована 3 международная конференция «Ядерная энергетика в космосе. Ядерные двигатели». В конференции приняли участие свыше 200 человек в том числе более 50 ученых и специалистов США, Франции и др.</li></ul> |

- Участники конференции были ознакомлены с основными достижениями НПО «Луч» в области ЯРД, им были показаны основные стенды: ИВГ-1, ИГР, Ангара и др.
- Разработан технологический проект экспериментального образца тепловыделяющего модуля стендовой газоохлаждаемой реакторной установки «Танго-Ру».
- Для обеспечения экологической безопасности испытаний разработан технологический проект системы закрытого выхлопа водорода для отработки ТВС на реакторе ИВГ-1.
- Разработан технический проект водоохлаждаемой ТВС реактора ИВГ-1 увеличенной тепловой мощностью до 5 МВт.
- По инициативе трудового коллектива на базе отдела 90 создано отделение «Техно-Луч» под руководством В.П. Денискина.
- Проведены совместные Российско-американские испытания ТЭП с микроазором и ЯЭУ «Топаз-2».

1993 г.

**Мир**

- Единый европейский рынок вступил в свои права. Б.Н. Ельцин и Дж. Буш (США) подписали договор о сокращении стратегических наступательных вооружений (СНВ-2).
- 12 ноября — стороны, подписавшие Лондонское соглашение о затоплении ядерных отходов, решают окончательно прекратить сброс отходов в море.

**Страна**

- 4 октября правительственные войска штурмом взяли здание Верховного Совета России. Арестованы А.В. Руцкой — вице-президент России, Р.И. Хасбулатов — председатель Верховного Совета России.

**Министерство**

- Газодиффузионные заводы России выведены из эксплуатации.

**Институт**

- Осенью 1993 г. в г. Подольске на базе НПО «Луч» была проведена 4 международная конференция «Ядерная энергетика в космосе. Высокотемпературные материалы». Конференция проходила в санатории «Ерино». В ней приняли участие более 300 ученых и специалистов, в т.ч. более 20 ученых США, Франции, Англии.
- Делегация руководящих менеджеров американской фирмы «Дженерал Атомикс» посетила НПО «Луч». С целью ознакомления с разработками по топливу ВТГР. Результатом стало подписание в 1995 г. Соглашения между Минатомом РФ и «Дженерал Атомикс» по совместной разработке установки ГТ-МГР по выжиганию оружейного плутония.

1994 г.

- Мир**
- Россия присоединилась к программе «Партнерство во имя мира», разработанной НАТО.
  - 10 июля — совет МАГАТЭ принимает новые нормы радиационной защиты.
- Страна**
- Президент США Б. Клинтон в Москве. Начало конфликта в Чечне. Начало Чеченской войны.
- Министерство**
- 15 мая введен в эксплуатацию четвертый энергоблок Балаковской АЭС с реактором ВВЭР-1000.
- Институт**
- Возникли существенные трудности при приватизации и разделении имущества НПО «Луч» между НИИ и Опытным заводом(ОЗ). Все инфраструктуры перешли в ОЗ. Трудно стало обеспечивать работу НИИ электроэнергией, водой, теплом (гараж, столовая, склады остались за ОЗ) и т.д. Нет ясности в разделении площадей. В целом признана приватизация ОЗ незаконной. (Решение Комиссии Минатома, Министра и Арбитражного суда).
  - Образовано отделение «Технология» под руководством А.С. Черникова.
  - Разработаны основы технологии изготовления карбидных топлив микрогетерогенной структуры для эксплуатации при температурах 2800—3000 К в течение 100—200 часов.
  - В институте начались новые конверсионные разработки: термопары для АЭС, карбид кремния и монокремния для электронной промышленности.
  - В корпусе 103/2, созданы новые участки по выращиванию лейкосапфира, алмазно-механической обработке, полировке, контролю и упаковке готовой продукции.

1995 г.

- Мир**
- 9 апреля — остановка французского быстрого реактора «Суперфеникс». Во Франции 76,1 процента электроэнергии производится пятьюдесятью шестью блоками АЭС, 54 из которых — PWR, два — на быстрых нейтронах.
- Страна**
- Торжества по случаю 50-летия Победы над фашизмом.
  - Штурм г. Грозного правительственными войсками России. Развертывание крупномасштабных действий в этом регионе.

- Министерство**
- 29—30 августа 1995 г. проведена теоретическая конференция «Развитие атомной науки и техники в России» в Политехническом музее в г. Москве. С докладами выступили ведущие ученые. Доклад «Ядерно-космическая энергетика» был представлен директором НПО «Луч» И.И. Федиком.
  - Ноябрь — вышел Закон РФ об использовании атомной энергии.
  - РФ и Иран подписали контракт о сооружении АЭС в Бушере.
- Институт**
- По Проекту Международного Научно-Технического центра (МНТЦ) созданы четыре действующих макетных установки на основе металлгидридных тепловых насосов для генерации тепла и холода.
  - Изготовление и поставка широкой номенклатуры изделий из лейкосапфира ряду зарубежных фирм.
  - Институту передан из Опытного завода цех № 1 по утилизации и переработке ядерных материалов и отходов.
- 1996 г.
- Мир**
- Финансовый кризис в Азии.
  - Россия стала членом Совета Европы
- Страна**
- Подписан договор о создании Союза России и Белоруссии.
  - На второй срок переизбран президент Б.Н. Ельцин.
- Министерство**
- Умер академик Ю.Б. Харитон — трижды Герой Соцтруда, один из создателей атомной бомбы.
- Институт**
- 01.11.1996 г. — торжественный вечер, посвященный 50-летию НПО «Луч». Присутствовали: 1-й зам. министра А.И. Белосохов, нач. главка Н.И. Ермаков, директор НИКИЭТ — Е.О. Адамов, глава города А.В. Никулин, многие директора Минатома и г. Подольска. Вечер был организован в ДК «Октябрь».
  - Организован выставочный зал НПО «Луч» в корпусе 101. Значительно расширена выставка экспонатов.
  - Приступила к работе группа Российско-американского сотрудничества по усовершенствованию в институте систем физической защиты и контроля ядерных материалов под руководством П.П. Мизина.
  - Создана отраслевая проблемная лаборатория Министерства РФ по атомной энергии по производству полупроводниковых монокристаллов кремния.
  - Ю.В. Николаеву присвоено звание «Заслуженный деятель науки РФ».

**1997 г.**

- Мир**
- Финансовый кризис в Азии.
  - Между Россией и НАТО подписан основополагающий акт о взаимоотношениях, сотрудничестве и безопасности.
  - Подписан протокол о включении Венгрии, Чехии и Польши в военно-политический блок НАТО.
- Страна**
- 02.04.77 г. подписан договор об образовании сообщества России и Белоруссии.
- Министерство**
- Июль — персонал атомных станций требует своевременной выплаты зарплат.
  - Минатом и Китай подписали контракты о строительстве Ляньюньганской АЭС на северо-востоке Китая.
- Институт**
- Большие трудности с набором заказов на 1997 г. Растут долги отделений. Численность института сократилась до 1200 чел.
  - Продолжаются испытания усовершенствованных ЭГК и отдельных узлов ЯРД в реакторах.
  - Создано несколько производственных участков по переработке урановых соединений, бериллию, сапфиру, карбиду кремния и т.д.
  - Разработана технология получения особо чистого монокристалла кремния.
  - Разработка техпредложений по бимодальной двигатель-но-энергетической установке.
  - Подготовлено предложение по солнечному ракетному двигателю на основе тепловых аккумуляторов.
  - Созданы образцы серно-натриевых аккумуляторов.
  - Получены первые результаты по технологии топливных компактов на основе микротвэлов (совместно с ВНИИНМ) для реакторной установки ГТ-МГР.

**1998 г.**

- Мир**
- Представители США, России, Японии, Канады и государств — членов Европейского космического агентства подписали соглашение по созданию Международной космической станции (МКС).
  - Индия и Пакистан произвели испытания ядерного оружия.
- Страна**
- Острый финансовый и политический кризис в России (17.08.98 г.).
- Министерство**
- 4 марта 1998 г. Министром РФ по атомной энергии назначен Е.О. Адамов.

- 21 июля Правительством Российской Федерации утверждена Программа развития атомной энергетики Российской Федерации на 1998—2005 гг. и на период до 2010 г., а в мае 2000 г. — Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века.
- Институт**
- НИИ НПО «Луч» приказом министра от 06.04.98 г. утверждено головным предприятием по конструированию, разработке технологии и созданию элементов активных зон ЯЭУ и ЯЭДУ.
  - Продолжены работы по консолидации, защите и нераспространению ЯМ. Заключены выгодные контракты с институтами США.
  - Совместно с НИКИЭТ разработана концепция активной зоны базовой ЯЭДУ с турбомашинным преобразованием энергии по циклу Ренкина.
  - Отделение НТК «Керамика — Луч» приступило к разработке материала, созданию конструкции и технологии изготовления контейнеров (пеналов) на основе карбида кремния для долговременного хранения и захоронения высокоактивных отходов (ВАО) и неперерабатываемого отработанного ядерного топлива (ОЯТ).
- 1999 г.
- Мир**
- Война в Сербии с участием сил НАТО.
- Страна**
- Терракты в Москве.
  - Усиление активности боевых действий на Кавказе.
  - Заявление Б.Н. Ельцина о своей отставке с поста Президента России.
- Министерство**
- 29 декабря руководителем Департамента по атомной энергетике назначен В.С. Беззубцев.
  - Январь — принципиальное соглашение между Россией и Китаем, подписанное Министром Минатома РФ и президентом Госкомитета Китая по науке, технике и промышленности, касающееся разработки центрифуг нового поколения для обогащения урана.
- Институт**
- К НПО «Луч» присоединено обанкротившееся предприятие ЗЭМО, впоследствии преобразованное в Протвинский филиал НПО «Луч».
  - Разработана методика и начаты экспериментальные исследования карбонитридных топлив при моделировании прекращения расхода теплоносителя в реакторе.

- Сдан 100-квартирный жилой дом по улице Б. Зеленевская 62/2. Большинство квартир получили (или купили) сотрудники НПО «Луч».
- Выпуск концептуального проекта топлива для реактора ГТ-МГР (совместно с ВНИИНМ, РИЦ КИ).
- 26.04 — 29.04.99 г. НПО «Луч» принял участие в выставке Минатома в Шанхае (Китай).
- В марте 1999 г. на базе НПО «Луч» была проведена 5 международная конференция «Ядерная энергетика в космосе», где обсуждались вопросы опыта прошлых лет, а самое главное — перспективы ядерной энергетики в космосе в XXI веке. Была большая делегация от Франции и других стран.
- Начаты работы по консолидации и конверсии ядерных материалов. Рук. работы П.П. Мизин и В.П. Денискин.

**2000 г.**

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Мир</b>                       | • «Проблема 2000 г.» — глобальный сбой в компьютерах — не состоялась. Это было надуманной проблемой.  |
| <b>Страна</b>                    | • Президентом России становится В.В. Путин.<br>• Потерпела катастрофу подводная лодка «Курск» в Баренцевом море во время маневров.  |
| <b>Министерство<br/>Институт</b> | • Создан Протвинский филиал ГосНИИ НПО «Луч».<br>• Начаты работы по восстановлению единой экспериментально-технологической линии по отработке топлива ЯЭДУ.<br>• Награждены золотой медалью Всемирного Салона изобретений и инноваций «Брюссель-Эврика 99»: А.С. Гонтарь, В.А. Зазноба, Р.Я. Кучеров, Ю.В. Николаев, М.Л. Таубин. |

**2001 г.**

- |                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Мир</b>          | • 11.09.2001 г. произведен террористический акт в Нью-Йорке, путем наведения пассажирских самолетов на два небоскреба Международного торгового центра.   |
| <b>Страна</b>       | •  |
| <b>Министерство</b> | • 23 февраля состоялся физический пуск реактора Ростовской АЭС, а 31 марта станция дала первые киловатт-часы электроэнергии в Единую энергосистему России.<br>• Введена в строй Ростовская АЭС.<br>• 28 марта 2001 г. Указом Президента Российской Федерации В.В. Путина Министром Российской Федерации по атомной энергии назначен Ю.А. Румянцев. |



- Институт**
- В конце года изменилось название института. Вместо названия: Государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт научно-производственного объединения «Луч» (ГУП «НИИ НПО «Луч») стало: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт научно-производственное объединение «Луч» (ФГУП «НИИ НПО «Луч»).
  - Выпуск эскизного проекта топлива для ГТ-МГР (совместно с ВНИИНМ, РИЦ КИ).
  - Выпущено техпредложение совместно с ОКБ «Гидропресс» по АЭС-12,5 малой мощности на основе твэл из микро топлива.
  - Усовершенствованы системы и средства для утилизации образующихся отходов в здании 29.
  - Начаты работы по созданию технологии изготовления износостойкой керамики.
  - В.П. Денискину, Ю.В. Николаеву присвоено звание «Лауреат премии правительства РФ в области науки и техники».
  - В.П. Денискину присвоено звание «Заслуженный изобретатель РФ».

2002 г.

- Мир**
- Ликвидация «Талибов» в Афганистане.
- Страна**
- Теракт в «Норд-Осте».
- Министерство**
- Все АЭС стали филиалами Росэнергоатома.
  - На реакторе МИР (НИИАР) достигнуто выгорание 60 МВт · сут/кгU на новых экспериментальных твэлах с керметными сердечниками на основе  $UO_2-Zr$  для ВВЭР.
- Институт**
- Разработана и внедрена очистка уран-бериллиевых сплавов с малым содержанием урана.
  - Введена в эксплуатацию первая очередь модернизированной технологической линии ЯЭДУ.
  - Разработана и утверждена руководством Минатома РФ «Программа развития работ по ядерному топливу высокотемпературных ЯЭДУ до 2010 г.».
  - Г.И. Бабаянцу, П.Н. Вершинину, В.П. Исакову присвоено звание Лауреата Государственной премии РФ.
  - А.Г. Ланину присвоено звание «Заслуженный деятель науки РФ».
  - И.И. Федюку присвоено звание «Почетный гражданин города Подольска».

## КТО ЕСТЬ КТО

---

Информация в разделе «Кто есть Кто» содержит данные в следующем порядке по алфавиту:

- фамилия, имя, отчество;
- даты жизни;
- место и годы работы сотрудников, работавших в системе Минатома;
- последняя должность;
- наименование учебного заведения, год его окончания;
- ученые степени и звания, годы их присвоения;
- награды;
- направление деятельности.

В разделе «Кто есть Кто» и по тексту всей книги используются следующие сокращения часто встречаемых слов и названий организаций.

### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЗ	— активная зона
Акад.	— академик
АН	— академия наук
АЭС	— атомная электростанция
ВТГР	— высокотемпературный газовый реактор
вед.	— ведущий
внс	— ведущий научный сотрудник
гл.	— главный
гнс	— главный научный сотрудник
ГНЦ	— государственный научный центр
Гос. премия	— государственная премия
ГП	— государственное предприятие
дтн	— доктор технических наук
дфмн	— доктор физико-математических наук
зав.	— заведующий
зам.	— заместитель
и.о.	— исполняющий обязанности
КБ	— конструкторское бюро
КИП	— контрольно-измерительные приборы
ктн	— кандидат технических наук
кфмн	— кандидат физико-математических наук
кхн	— кандидат химических наук
кэн	— кандидат экономических наук
лаб.	— лаборатория

МТ	—	микротопливо
н.д.	—	направление деятельности
нач.	—	начальник
НИР	—	научно-исследовательские работы
НТС	—	научно-технический совет
НТЦ	—	научно-технический центр
отд.	—	отдел
ПК	—	петлевой канал
проф.	—	профессор
снс	—	старший научный сотрудник
спец.	—	специальность
ТВС	—	тепловыделяющая сборка
ТВЭЛ	—	тепловыделяющий элемент
ТК	—	технологический канал
ТЭП	—	термо-эмиссионный преобразователь
чл.-корр.	—	член-корреспондент
ХИТ	—	химический источник тока
ЭГК	—	электрогенерирующий канал
ЯМ	—	ядерные материалы
ЯРД	—	ядерно-ракетный двигатель
ЯЭУ	—	ядерно-энергетические установки
ЭВМ	—	электронно-вычислительная машина

### СОКРАЩЕННОЕ НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ

БИТМ	—	Брянский институт транспортного машиностроения
ВГУ	—	Воронежский государственный университет
ВЗПИ	—	Всесоюзный заочный политехнический институт
ВНИИНМ	—	Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара
ВПИ	—	Владимирский политехнический институт
ГИРЕДМЕТ	—	Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности
ГПИ	—	Горьковский политехнический институт
ДИИ	—	Днепродзержинский индустриальный институт
ЗЭМО	—	завод электромеханического оборудования
ИАЭ	—	Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова
ИГМИ	—	Иркутский горно-металлургический институт
ИПИ	—	Иркутский политехнический институт
КПИ	—	Киевский политехнический институт
ЛьГУ	—	Львовский государственный университет
ЛГУ	—	Ленинградский государственный университет
ЛИТМО	—	Ленинградский институт точной механики и оптики
ЛПИ	—	Ленинградский политехнический институт

- ЛХТИ — Ленинградский химико-технологический институт  
ЛЭТИ — Ленинградский электротехнический институт  
МАИ — Московский авиационный институт  
МАТИ — Московский авиационный технологический институт  
МВТУ — Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана  
МГУ — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
МИИТ — Московский институт инженеров транспорта  
МИСиС — Московский институт стали и сплавов  
МИТХТ — Московский институт тонкой химической технологии  
МИФИ — Московский инженерно-физический институт  
МИХМ — Московский институт химического машиностроения  
МИЦМиЗ — Московский институт цветных металлов и золота им. М.И. Калинина (позднее вошел в состав МИСиС)  
МСИИ — Московский станко-инструментальный институт  
МФТИ — Московский физико-технический институт  
МХТИ — Московский химико-технологический институт  
МЭИ — Московский энергетический институт  
НИИ НПО «Луч» — Научно-исследовательский институт научно-производственного объединения «Луч»  
НИИАР — Научно-исследовательский институт атомных реакторов  
НИИТВЭЛ — Научно-исследовательский институт тепловыделяющих элементов  
НИКИЭТ — Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники  
ОЗ — Опытный завод  
ОКБМ — Опытное конструкторское бюро машиностроения  
ОЭ — объединенная экспедиция  
ПИТ — Подольский индустриальный техникум  
ПНИТИ — Подольский научно-исследовательский технологический институт  
ТПИ — Томский политехнический институт  
ТЭТ — Научно-технический центр «Теплоэнерготехника»  
СФТИ — Сухумский физико-технический институт  
УПИ — Уральский политехнический институт  
УЭКХ — Уральский электро-химический комбинат (г. Новоуральск)  
ФИАН — Физический институт АН им. А.Н. Лебедева  
ФТИ — Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе  
ФЭИ — Физико-энергетический институт  
ХАИ — Харьковский авиационный институт  
ХГУ — Харьковский государственный университет  
ЦНИИАтоминформ — Центральный научно-исследовательский институт управления, экономики и информации Минатома России



*Абрамов А.А.*



*Абрамович М.Д.*

**АБРАМОВ Александр Анатольевич**, 16.03.41; НПО ЛУЧ — 1963–1973; ВГУ — 1963, ктн — 1971; *и.д.* Теория и расчеты массопереноса.

**АБРАМОВИЧ Матвей Давидович**, 09.04.21–27.12.01; НПО ЛУЧ — 1968–1975, нач. лаб.; МИФИ — 1950, ктн — 1956; *и.д.* Коррозионные исследования конструкционных материалов в жидкометаллических средах.



*Авраменко Н.С.*



*Автушенко А.Ф.*

**АВРАМЕНКО Николай Семенович**, 28.09.34–03.12.93; НПО ЛУЧ — 1963–1976, старший инженер; МГУ — 1957, ктн — 1973; *и.д.* Методики химических процессов уничтожения ТЭП.

**АВТУШЕНКО Александр Федорович**, 09.06.64; ЗЭМО — 1986–1996, инженер-технолог; ТЭТ — 1996–2000 — гл. технолог; НПО ЛУЧ — 2000, гл. технолог ТЭТ; БИТМ — 1986; *и.д.* Технология производства энергетических систем.



*Акимов А.А.*



*Алейников И.Н.*

**АКИМОВ Александр Александрович**, 27.12.48; ЗЭМО — 1976–1997, нач. лаб., НТЦ «Водород» — 1997–2000, гл. инженер, НПО ЛУЧ — 2000, и.о. зам. директора ТЭТ; МАИ — 1976; *и.д.* Электрохимическая энергетика.

**АЛЕЙНИКОВ Иван Николаевич**, 15.05.38–15.07.01; НПО ЛУЧ — 1966–1994, снс; МИФИ — 1965, ктн — 1973; *и.д.* Исследование теплофизических характеристик материалов.

**АЛЕКСЕЕВ Сергей Владимирович**, 24.01.61; НПО ЛУЧ — 1984, Зам. ген. Директора по научной работе; МГУ — 1984, ктн — 1990, дтн — 1994, проф. — 2003; *и.д.* Металлооптика, дифракционные ответвители, курирование Протвинского филиала ФГУП НИИ НПО «ЛУЧ».



*Алексеев С.В.*

**АЛЕКСЕЕВА Ирина Сергеевна**, 09.03.46; НПО ЛУЧ — 1966–1992, снс; ВЗПИ — 1969, ктн — 1984; *и.д.* Металлографические исследования структуры материалов и покрытий на изделиях.



*Алексеева И.С.*

**АЛХИМОВ Николай Борисович**, 05.02.53; НПО ЛУЧ — 1976–1993, снс; МХТИ — 1976, ктн — 1988; *и.д.* Технология переработки уран-графитовых твэлов и их компонентов.



*Алхимов Н.Б.*

**АЛЬТОВСКИЙ Рэм Михайлович**, 29.10.24–23.11.01; НПО ЛУЧ — 1962–1990, нач. лаб.; МИСиС — 1954, кхн — 1961, дтн — 1979; три ордена Великой Отечественной войны и юбилейные медали; *и.д.* Коррозия и защита титана, бериллия, циркония, нанесение защитных покрытий на бериллий, удержание водорода в гидриде циркония.



*Альтовский Р.М.*

**АНДРИЕВСКИЙ Ростислав Александрович**, 08.01.33; НПО ЛУЧ — 1963–1976, нач. отдела; КПИ — 1955, ктн — 1960, дтн — 1970, проф. — 1971, член-корр. Киргизской АН — 1984; медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Исследование физических, термодинамических и структурных свойств высокотемпературных материалов и гидридов металлов.



*Андриевский Р.А.*

**АНИСИМОВ Андрей Борисович**, 26.11.61; НПО ЛУЧ — 1985, нач. отдела; МХТИ — 1983, ктн — 2000; *и.д.* Разработка методов удержания водорода в гидриде циркония и ресурсные испытания гидридных замедлителей.



*Анисимов А.Б.*



*Афанасьев Н.Г.*



*Бабад-Захряпин А.А.*

**АФАНАСЬЕВ Николай Григорьевич**, 12.05.46; НПО ЛУЧ — 1970, внс; МИФИ — 1970, ктн — 1981; *и.д.* Исследование структуры и свойств материалов.

**БАБАД-ЗАХРЯПИН Александр Александрович**, 27.05.26; НПО ЛУЧ — 1962–1992, нач. лаб.; МИФИ — 1951, ктн — 1961, дтн — 1968, проф. — 1983; медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.»; *и.д.* Химико-термическая обработка в тлеющем разряде и исследования текстуры материалов покрытий; роль дефектов в процессах роста кристаллов.



*Бабаянц Г.И.*



*Бардадымов Н.А.*

**БАБАЯНЦ Геннадий Иванович**, 02.04.34; ОЗ — 1958–1962, инженер, НПО ЛУЧ — 1962, директор отделения НТК «Керамика-Луч»; МВТУ — 1958, ктн — 1974; премия Совета Министров СССР — 1987, Госпремия России — 2002, орден «Знак Почета» — 1971, медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Технология изготовления пористых карбидных материалов для ЯРД и изделий из карбида кремния для металлооптики, электронной промышленности и захоронения высокоактивных материалов.

**БАРДАДЫМОВ Николай Афанасьевич**, 04.01.40; НПО ЛУЧ — 1979–1994, снс; МИФИ — 1969, ктн — 1979; *и.д.* Исследование физических характеристик ТЭП.



*Барянтsev А.А.*



*Барянтseva З.С.*

**БАРЯНЦЕВ Александр Александрович**, 19.11.33–17.03.83; НПО ЛУЧ — 1963–1983; МХТИ — 1963, ктн — 1972; *и.д.* Технология материалов и изделий ЯРД.

**БАРЯНЦЕВА Зинаида Сергеевна**, 18.07.39; НПО ЛУЧ — 1964, гл. бухгалтер института; Московский планово-финансовый техникум — 1959.

**БЕЗРУКОВ Иван Андреевич**, 09.05.56; НПО ЛУЧ — 1983–1992, сис; Новосибирский электротехнический институт — 1978, ктн — 1992; *и.д.* Газодинамика электродугового плазматрона.

**БЕЛОВ Аркадий Васильевич**, 02.09.35; СФТИ — 1964–1969, нс, НПО ЛУЧ — 1969, нач.лаб.; ХАИ — 1960; *и.д.* Сборка, термообработка, консервация металлооптики.



*Безруков И.А.*



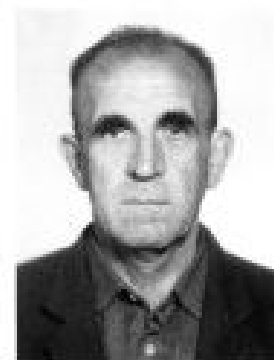
*Белов А.В.*

**БЕЛОУСЕНКО Александр Павлович**, 25.06.35–18.11.03; ОЗ — 1958–1962, НПО ЛУЧ — 1962–2003, нач. отдела; КПИ — 1958, ктн — 1970; Заслуженный технолог России, медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Технология высокотемпературных электронизоляционных изделий, монокристаллов из лейко-сапфира.

**БЕЛЯКОВ Василий Иванович**, 02.01.28; ОЗ — 1957–1960, НПО ЛУЧ — 1960–1984, слесарь КИП; «Мастер золотые руки».



*Белоусенко А.П.*



*Беляков В.И.*

**БЕРТИНА Лидия Эрнестовна**, 13.02.23; ОЗ — 1948–1962, НПО ЛУЧ — 1962–1991, нач. лаб; ИГМИ — 1945, ктн — 1955; медали «За трудовую доблесть», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне»; *и.д.* Химическая технология редких, радиоактивных металлов. Получение экстрагентов, регенерация урана из отходов, очистка сточных вод.

**БЛОХИН Иван Сергеевич**, 03.02.34; ОЗ — 1956–1962, НПО ЛУЧ — 1962–1955, слесарь; ордена «Трудового Красного Знамени», «Знак Почета», «Мастер золотые руки».



*Бертина Л.Э.*



*Блохин И.С.*





*Бобриков В. Н.*



*Богданов Е. А.*

**БОБРИКОВ Виктор Николаевич**, 08.09.43; НПО ЛУЧ — 1966–2001, фрезеровщик 8-го разряда; ПИТ — 1972; орден Трудового Красного Знамени, «Мастер золотые руки».

**БОГДАНОВ Евгений Алексеевич**, 01.34; ОЗ — 1956–1962, НПО ЛУЧ — 1962, слесарь КИП; ПИТ — 1953; «Мастер золотые руки».



*Боголапов Н. В.*



*Бодров Ю. Т.*

**БОГОЛАПОВ Николай Васильевич**, 24.08.45; НПО ЛУЧ — 1974, зам. директора отделения «Техно-Луч»; МИФИ — 1969, ктн — 1977; *и. д.* Разработка методов контроля радиоактивных веществ, радиационная безопасность.

**БОДРОВ Юрий Трофимович**, 07.09.46; НПО ЛУЧ — 1970–1996, токарь 8-го разряда; «Мастер золотые руки», медаль к ордену «За заслуги перед Отечеством» II степени.



*Бойко Е. Б.*



*Болотникова Л. С.*

**БОЙКО Евгений Борисович**, 22.04.31; НПО ЛУЧ — 1964–1998, сик; КПИ — 1954, ктн — 1965; *и. д.* Материаловедение и технология гидридов циркония, титана и сплавов на их основе.

**БОЛОТНИКОВА Лидия Сафроновна**, 22.09.23; завод 544 (г. Глазов) — 1949–1962; НПО ЛУЧ — 1962–2002, нач. ОТК; МИЦМиЗ — 1949; медали «За победу над Германией», «За трудовую доблесть»; *и. д.* Технический контроль процессов и готовой продукции, отбор и передача научно-технических достижений.

**БОРИСОВ Анатолий Семенович**, 28.10.28–04.10.79; НПО ЛУЧ — 1965–1970, слесарь 8-го разряда; «Мастер золотые руки».

**БОРИСОВ Евгений Васильевич**, 19.05.28–13.10.86; НПО ЛУЧ — 1964–1986, снс; МИФИ — 1951, ктн — 1963; *и.д.* Металловедение, диффузионные процессы.



*Борисов А.С.*



*Борисов Е.В.*

**БОРИСОВСКИЙ Владимир Евгеньевич**, 11.08.49; НПО ЛУЧ — 1977–1994, снс; МИФИ — 1977, ктн — 1986; *и.д.* Экспериментальные и теоретические исследования формирования излучения в лазерных системах.

**БОТУЛИН Евгений Николаевич**, 01.06.35–25.05.97; НПО ЛУЧ — 1965–1997, нач. ОТК; МВТУ — 1965; *и.д.* Конструкторская документация ТЭП, контроль и испытания изделий.



*Борисовский В.Е.*



*Ботулин Е.Н.*

**БОЧКОВ Николай Алексеевич**, 14.11.47; НПО ЛУЧ — 1970, снс; ЛГУ — 1970, ктн — 1989; *и.д.* Расчеты напряженного состояния, исследование процессов разрушения при термоупругом и силовом нагружении.

**БРЫНДИН Валерий Сергеевич**, 10.02.48; НПО ЛУЧ — 1973–2001, ведущий конструктор; МАИ — 1974, ктн — 1992; *и.д.* Разработка конструкций ТВС ЯРД.



*Бочков Н.А.*



*Брындин В.С.*



*Бударев Г.А.*



*Буков Б.Д.*

**БУДАРЕВ Григорий Алексеевич**, 11.12.34; НПО ЛУЧ — 1963, начальник ОТ и ТБ; Днепропетровский госуниверситет — 1959; *и.д.* Посленетлевые исследования твэлов ЭГК. Организация работ по технике безопасности и охране труда.

**БУКОВ Борис Дмитриевич**, 27.12.40; НПО ЛУЧ — 1965–1993, шрифовщик 7-го разряда; медаль «За трудовую доблесть», «Мастер золотые руки».



*Булычев В.П.*



*Бурмагин Л.И.*

**БУЛЫЧЕВ Виктор Павлович**, 21.11.35; НПО ЛУЧ — 1962–1996, сис; ВЗПИ — 1964, ктн — 1976; *и.д.* Технологическо-материаловедческие исследования топливных материалов.

**БУРМАГИН Леонид Иванович**, 09.09.46; НПО ЛУЧ — 1970–1992, нач. лаб.; МИФИ — 1970, ктн — 1982; *и.д.* Создание и внедрение управляющих вычислительных комплексов на базе ЭВМ.



*Бурцев В.М.*



*Варганов В.В.*

**БУРЦЕВ Валерий Михайлович**, 26.02.36; НПО ЛУЧ — 1964–1974, старший инженер; МИЦМиЗ — 1960, ктн — 1972; *и.д.* Разработка технологии получения молибденовых труб для ТЭП.

**ВАРГАНОВ Владимир Васильевич**, 26.08.40; ЭЭМО — 1982–1996, зам. гл. инженера, ТЭТ — 1996–2000, НПО ЛУЧ — 2000, нач. группы ТЭТ; Саратовский политехнический институт — 1962; *и.д.* Прочность конструкций АЭС.

**ВАСИЛЬЕВА (ГРИГОРЬЕВА) Наталья Леонидовна**, 10.04.57; НПО ЛУЧ — 1979, нач. лаб.; ВПИ — 1979; *и.д.* Метрологическое обеспечение и сертификация средств измерения.

**ВАСИЛЬЕВА Анна Алексеевна**, 16.02.23–20.03.01; ОЗ — 1947–1962, нач. планово-экономического отдела, НПО ЛУЧ — 1962–1983, нач. планового отдела; *и.д.* Планирование и экономика НИР.



*Васильева Н.Л.*



*Васильева А.А.*

**ВАСИЛЬКОВСКИЙ Владимир Сергеевич**, 02.02.47; НИКИЭТ — 1971–1975, инженер, 16 ГУ — 1975–1981, гл. технолог, НПО ЛУЧ — 1981–1982, зам. начальника ОЭ по испытаниям; МИФИ — 1971; *и.д.* Реакторные испытания ТВС ЯРД.

**ВАСИЛЬЧЕНКО Александр Васильевич**, 15.01.44; НПО ЛУЧ — 1963–2001, нач. лаб.; МИФИ — 1970, ктн — 1982; *и.д.* Электрофизические исследования термоэмиссионных преобразователей.



*Васильковский В.С.*



*Васильченко А.В.*

**ВЕДЕНЯПИН Георгий Алексеевич**, 31.01.33; НПО ЛУЧ — 1965–1996, нач. лаб.; МИСиС — 1956, кфмн — 1972; медаль «За трудовую доблесть»; *и.д.* Исследования структурных дефектов и внутреннего трения материалов изделий.

**ВЕРШИНИН Николай Петрович**, 11.10.30; ОЗ — 1955–1960, НПО ЛУЧ — 1960–1962, снс; МИСиС — 1953, ктн — 1962; *и.д.* Металлургия редкоземельных металлов, иттрия, скандия, их рафинирование методом вакуумной дистилляции.



*Веденяпин Г.А.*



*Вершинин Н.П.*



*Владимирский Н.Н.*



*Владимирова М.Б.*

**ВЛАДИМИРСКИЙ Николай Николаевич**, 09.02.16–18.10.85; Свердловск-45 — 1949–1955, начальник цеха; ФЭИ — 1955–1964; НПО ЛУЧ — 1964–1972, зам. гл. инженера; ЛПИ — 1939, лауреат Гос. премии, медали «За трудовое отличие» и «За трудовую доблесть»; *и.д.* Организация работ по оснащению института новой техникой.

**ВЛАДЫКИНА Марина Борисовна**, 24.08.31–11.12.96; НПО ЛУЧ — 1957–1996, снс; МИТХТ — 1956, ктн — 1991; *и.д.* Разработка тензодатчиков, электронно-ионные покрытия.



*Власов К.П.*



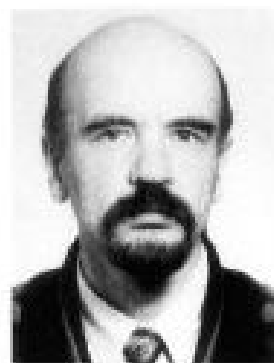
*Власов Н.М.*

**ВЛАСОВ Константин Петрович**, 11.05.25–08.01.97; НИИТП — 1948–1960, НИИ-графит — 1960–1965, НПО ЛУЧ — 1965–1993, нач. лаб.; МАИ — 1948, ктн — 1953, дтн — 1988, проф. — 1989; *и.д.* Радиационное материаловедение ядерных и конструкционных материалов.

**ВЛАСОВ Николай Михайлович**, 03.10.35; НПО ЛУЧ — 1963, нач. лаб.; ВГУ — 1963, ктн — 1971, дтн — 1986; *и.д.* Структурная стабильность реального кристалла, физика прочности и пластичности.



*Волков Л.П.*



*Выбыванец В.И.*

**ВОЛКОВ Леонид Петрович**, 25.11.30; ОЗ — 1949–1962, слесарь, НПО ЛУЧ — 1962–1984, слесарь 8-го разряда по ремонту оборудования; «Мастер золотые руки», орден Трудового Красного Знамени, медаль «За доблестный труд».

**ВЫБЫВАНЕЦ Валерий Иванович**, 25.08.45; НПО ЛУЧ — 1964, директор отделения «Исток» НИИ НПО ЛУЧ; МИФИ — 1971, ктн. — 1985; *и.д.* Организация работ в области эмиссионной электроники и методов прямого преобразования энергии.

**ВЯХОРЕВ Виктор Григорьевич**, 01.02.39; НПО ЛУЧ — 1962–1996, внс; МЭИ — 1963, ктн — 1975; *и.д.* Токовихревые методы контроля изделий. Измерительные работы по всем разрабатываемым изделиям.

**ГАВРИЛИН Сергей Сергеевич**, 06.11.41; НПО ЛУЧ — 1966, нач. лаб; МВТУ — 1966, ктн — 1990; *и.д.* Разработка конструкций твэлов с матричными сердечниками.



*Выхорев В.Г.*



*Гаврилин С.С.*

**ГАВРЮШЕНКО Борис Семенович**, 08.04.46; НПО ЛУЧ — 1970–1990, нач. отдела; МАТИ — 1969, ктн — 1977; Госпремия — 1986; *и.д.* Разработка металлооптических зеркал и их испытания.

**ГАЛАЕВ Станислав Степанович**, 21.10.38; НПО ЛУЧ — 1963–1999, нач. лаб.; МАИ — 1964; *и.д.* Монтаж и наладка систем контроля и автоматического регулирования технологических процессов.



*Гаврюшенко Б.С.*



*Галаев С.С.*

**ГАЛКИН Василий Иванович**, 08.02.20–19.03.01; участие в Великой Отечественной войне 1941–1946; ОЗ — 1946–1962, НПО ЛУЧ — 1962–1986, нач. группы; Московский машиностроительный институт — 1949; орден Красной Звезды, медали «За победу над Германией», «За освобождение Варшавы»; *и.д.* Конструирование химико-технологического оборудования. Проектно-конструкторские работы для научных и производственных подразделений.

**ГАЛКИН Евгений Алексеевич**, 27.05.45; НПО ЛУЧ — 1974, внс; МИСиС — 1967, ктн — 1978; *и.д.* Термовакuumные испытания узлов и ЭГК.



*Галкин В.И.*



*Галкин Е.А.*



*Гастев В.Н.*



*Гвердцители И.Г.*

**ГАСТЕВ Владимир Николаевич**, 05.03.37–09.08.93; НПО ЛУЧ — 1963–1979, снс; МАТИ — 1959, ктн — 1974; *и.д.* Диффузионная сварка тугоплавких металлов.

**ГВЕРДЦИТЕЛИ Иракли Григорьевич**, 22.12.18–12.92; Грузинский политехнический институт — 1941–1946, СФТИ — 1946–1969, директор института; НПО ЛУЧ — 1969–1976, директор; Тбилисский госуниверситет — 1941, ктн — 1956, дфмн — 1961, чл. корр. АН Грузинской ССР — 1967; заслуженный деятель Грузинской ССР и Абхазской АССР — 1969; ордена: Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени и медали СССР; *и.д.* Руководитель разработок термоэлектрического и термоэмиссионных методов преобразования энергии.



*Герасимов П.В.*



*Герт Л.М.*

**ГЕРАСИМОВ Павел Владимирович**, 05.07.46; НПО ЛУЧ — 1964–2001, снс; Всесоюзный заочный инженерно-строительный институт — 1974, ктн — 1984; *и.д.* Технологические и конструкторские разработки элементов конструкций ЯРД.

**ГЕРТ Леонид Михайлович**, 10.05.32; НПО ЛУЧ — 1963–1993, снс; МИИТ — 1955, ктн — 1965, дтн — 1975; *и.д.* Технология покрытий методами конденсации.



*Глаголев А.Е.*



*Глаголев В.В.*

**ГЛАГОЛЕВ Александр Евгеньевич**, 23.09.53; НПО ЛУЧ — 1976–1998, снс; ТПИ — 1976, ктн. — 1988; *и.д.* Разработка ультразвуковых дефектоскопов и работы по контролю разрабатываемых изделий.

**ГЛАГОЛЕВ Владислав Валерьянович**, 06.08.34; НПО ЛУЧ — 1963–1992, нач. лаб.; Тульский механический институт — 1958, ктн — 1975; Гос. премия — 1982; *и.д.* Исследования прочности материалов, разработка металлооптики.

**ГОЛОБОКОВ Сергей Филиппович**, 07.05.43; ЗЭМО — 1973–1999, зам. директора, НПО ЛУЧ — 1999, пом. директора ТЭТ; Саратовский институт механизации сельского хозяйства — 1969; *и.д.* Организация работ по энергетическому хозяйству.  
**ГОЛОВИН Михаил Павлович**, 19.11.30; НПО ЛУЧ — 1964–1991, токарь 6-го разряда; ПИТ — 1963; «Мастер золотые руки».



*Голобоков С.Ф.*



*Головин М.П.*

**ГОЛЬЦОВА Ремляна Григорьевна**, 08.04.31; ОЗ — 1960–1963, НПО ЛУЧ — 1963–2003, сис; МИТХТ — 1954, ктн — 1964; *и.д.* Получение, испытание экстрагентов.

**ГОНТАРЬ Александр Степанович**, 11.11.40; НПО ЛУЧ — 1965, нач. отдела; МВТУ — 1965, ктн — 1979; *и.д.* Комплексные расчетно-теоретические исследования процессов и ресурсного поведения высокотемпературных твзлов.



*Гольцова Р.Г.*



*Гонтарь А.С.*

**ГОРДЕЕВ Владимир Филиппович**, 14.06.18–30.10.91; участие в Великой Отечественной войне 1941–1945, Минсредмаш — 1946–1957, инженер Главка, зав. сектором ЦК КПСС 1958–1978, НПО ЛУЧ — 1978–1989, директор; Пермский госуниверситет — 1941, дтн — 1983; лауреат Гос. премий — 1953, 1982 и Ленинской премии — 1960, два ордена «Трудового Красного Знамени», орден «Знак Почета» и шесть медалей; *и.д.* Физика поверхности, организация работ по металлопнике.

**ГОРДИНСКИЙ Владимир Львович**, 13.06.33; НПО ЛУЧ — 1969–2000, начальник отдела; КПИ — 1955; медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Разработка конструкций и технологии ТЭП и ХИТ.



*Гордеев В.Ф.*



*Гординский В.Л.*





*Горный Д.С.*



*Горячев Н.М.*

**ГОРНЫЙ Дмитрий Сергеевич**, 20.05.33; НПО ЛУЧ — 1963–1994, нач. лаб.; МИСиС — 1953, кти — 1968; премия Совета Министров СССР; *и.д.* Коррозионные исследования иттрия и бериллия. Нанесение покрытий на изделия металлооптики.

**ГОРЯЧЕВ Николай Митрофанович**, 01.06.31; НПО ЛУЧ — 1961–1983, слесарь-ремонтник 7-го разряда; «Мастер золотые руки».



*Габлев Ю.В.*



*Гриднев А.А.*

**ГРАБЛЕВ Юрий Васильевич**, 19.01.41; НПО ЛУЧ — 1965–1985, нач. лаб.; Рязанский радиотехнический институт — 1964; *и.д.* Методы ультразвукового и токовихревого контроля.

**ГРИДНЕВ Алексей Алексеевич**, 26.09.39; НПО ЛУЧ — 1966, снс; МИФИ — 1966, кти — 1976; *и.д.* Исследование массопереноса, технология переконденсации сердечника твэла ТЭП.



*Грошев В.И.*



*Гудович А.П.*

**ГРОШЕВ Владимир Иванович**, 06.01.34; НПО ЛУЧ — 1963–1986, снс; МХТИ — 1958, кти — 1973; *и.д.* Технология урансодержащих карбидных материалов.

**ГУДОВИЧ Анатолий Петрович**, 09.06.39–15.06.02; НПО ЛУЧ — 1964–1991, снс; МИЦМиЗ — 1961, кти. — 1978; *и.д.* Порошковая металлургия, технология изготовления микросферического топлива ВТГР.

**ГУДОВИЧ Петр Александрович**, 20.08.12–24.08.89; ОЗ — 1957–1962; НПО ЛУЧ — 1962–1988, технолог, ученый-секретарь НТС; МИЦМиЗ — 1937, ктн — 1963; *и.д.* Металлургия циркония, организация работы ученого и научно-технического советов.



*Гудович П.А.*

**ГУНЬКО Владимир Михайлович**, 01.04.45; НПО ЛУЧ — 1969–1995, снс; МФТИ — 1969, ктн — 1983; *и.д.* Расчетные работы по оптимизации параметров ТЭП.



*Гунько В.М.*

**ГУРЕВИЧ Борис Давыдович**, 24.11.32–21.10.99; НПО ЛУЧ — 1965–1982, снс; МИЦМиЗ — 1956, ктн — 1965, *и.д.* Порошковая металлургия.



*Гуревич Б.Д.*

**ГУРКИН Евгений Никитович**, 21.05.41; НПО ЛУЧ — 1965, токарь 6-го разряда; «Мастер золотые руки».



*Гуркин Е.Н.*

**ГУРСКИЙ Константин Яковлевич**, 09.08.27–15.07.02; НПО ЛУЧ — 1965–1988, нач. технологического бюро цеха; МХТИ — 1957; *и.д.* Конструкторские работы по ЯРД. Технология переработки отходов ядерного топлива.



*Гурский К.Я.*

**ГУСЬКИН Павел Петрович**, 31.03.32; ОЗ — 1958–1960, старший инженер, НПО ЛУЧ — 1960–1997, нач. отдела охраны труда и техники безопасности (ОТ и ТБ); МИСИ — 1955; *и.д.* Механическая обработка бериллия для точных приборов. Организация работ по ОТБ в институте.



*Гуськин П.П.*



*Дараган В.Д.*



*Дараган И.Д.*

**ДАРАГАН Виктор Данилович**, 11.09.44; НПО ЛУЧ — 1968, нач. лаб.; МВТУ — 1968, кти. — 1974; *и.д.* Расчетно-экспериментальные исследования в обоснование конструкции и технических характеристик ЯРД.

**ДАРАГАН Иван Данилович**, 16.01.42; НПО ЛУЧ — 1965, нач. лаб.; МВТУ — 1966, кти — 1982; медаль «За трудовую доблесть»; *и.д.* Разработка аванпроектов реактора ИВГ и расчетно-аналитическое сопровождение всех этапов отработки модификаций ТВС ЯРД.



*Дворяк В.К.*



*Дегтярева Л.С.*

**ДВОРЯК Владимир Карпович**, 08.02.35–12.10.87; НПО ЛУЧ — 1958–1987, рук. группы; МИФИ — 1959, кти — 1971; *и.д.* Технология создания композиционных материалов, покрытий на микротрещинах ВТГР.

**ДЕГТЯРЕВА Лариса Сергеевна**, 01.02.48; НПО ЛУЧ — 1971, вед. инженер; МЭИ — 1972; *и.д.* Подготовка и проведение испытаний на реакторах семипалатинского полигона.



*Деметьев Л.Н.*



*Демушкин А.Д.*

**ДЕМЕНТЬЕВ Лев Николаевич**, 18.01.41; НПО ЛУЧ — 1964–2001, нач. лаб.; МИФИ — 1965, кти — 1972; *и.д.* Исследования прочности и ползучести карбидов, надежности и работоспособности ЭГК.

**ДЕМУШКИН Алексей Дмитриевич**, 17.06.37; ОЗ — 1959–1962, токарь, НПО ЛУЧ — 1962–1979, слесарь-сборщик 6-го разряда; «Мастер золотые руки».

**ДЕНИСКИН Валентин Петрович**, 02.01.38; НПО ЛУЧ — 1962, зам. Ген. директора института, директор отделения «Техно-Луч»; МЭИ — 1963, ктн — 1969; лауреат премии Совета Министров — 2001 г., заслуженный изобретатель РФ; *и.д.* Неразрушающие методы контроля; контроль, организация работ по утилизации урана из отходов и изготовлению термодатчиков для АЭС.



*Денискин В.П.*



*Дерюгин А.И.*

**ДЕРЮГИН Александр Иванович**, 09.02.53–13.10.95; НПО ЛУЧ — 1976–1995, нач. лаб.; МАИ — 1976, ктн — 1987; *и.д.* Реакторные испытания твэлов ВТГР, технология нанесения покрытий.

**ДЕРЯВКО Илья Ильич**, 12.09.41; НПО ЛУЧ — 1979–1985, снс, ОЭ — 1986, снс; МИФИ — 1970, ктн — 1984; *и.д.* Рентгеноструктурные исследования материалов, послереакторные исследования изделий и материалов активных зон реакторов ЯРД.



*Деряво И.И.*



*Джаландинов Д.Н.*

**ДЖАЛАНДИНОВ Дамир Нагимович**, 25.05.50; НПО ЛУЧ — 1973–1998, нач. лаб.; МИФИ — 1974, ктн — 1985; *и.д.* Исследование ползучести материалов, технология и испытания серно-натриевых источников тока.

**ДМИТРИЕВА Антонина Сергеевна**, 04.1918–20.10.87; ОЗ — 1946–1962, нач. лаб., НПО ЛУЧ — 1962–1987, нач ЦЗЛ; медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Разработка методов химического анализа.



*Дмитриева А.С.*

**ДОРОХИН Анатолий Иванович**, 20.12.47; НПО ЛУЧ — 1970–1998, шлифовщик 6-го разряда; орден Трудовой славы III-й степени, звание «Мастер золотые руки».



*Дорохин А.И.*



*Дроздов Б.Г.*



*Думшчев В.Г.*

**ДРОЗДОВ Борис Григорьевич**, 23.04.39; НПО ЛУЧ — 1962–1998, снс; МАТИ — 1962, кти — 1975; медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Технология изготовления бериллия с улучшенными характеристиками.

**ДУМШЕВ Владимир Григорьевич**, 27.06.46; НПО ЛУЧ — 1969–1986, гл. инженер ОЭ; УПИ; *и.д.* Координация работ инженерных служб для проведения реакторных испытаний.



*Дьяков Е.К.*



*Егоров В.С.*

**ДЬЯКОВ Евгений Константинович**, 12.07.38; НПО ЛУЧ — 1968, директор отделения ВТК; МИФИ — 1962, кти — 1988, дти — 1989; Госпремия — 1980; *и.д.* Высокотемпературная реакторная техника, разработка конструкций и испытания ЯРД.

**ЕГОРОВ Владимир Сергеевич**, 17.01.39; НПО ЛУЧ — 1964, нач. лаб.; МИФИ — 1964, кфмн — 1973; *и.д.* Теоретические и экспериментальные исследования прочности и разрушения материалов.



*Емельянов А.Б.*



*Емельянов Е.С.*

**ЕМЕЛЬЯНОВ Александр Борисович**, 04.09.37–10.06.88; НПО ЛУЧ — 1963–1986, снс; ИПИ — 1962, кти — 1972; *и.д.* Исследование прочности тугоплавких материалов.

**ЕМЕЛЬЯНОВ Евгений Степанович**, 01.05.44; НПО ЛУЧ — 1979, снс; БИТМ — 1967, кти — 1982; *и.д.* Технология вакуумной плавки.

**ЕРЕМЕЕВ Владимир Сергеевич**, 15.11.38; НПО ЛУЧ — 1961–1985, сис; МИФИ — 1961, ктн — 1967, дтн — 1986; *и.д.* Диффузия и диффузионно-вязкие процессы в материалах ядерных реакторов.

**ЕРЕМИН Александр Александрович**, 23.09.31–15.02.98; НПО ЛУЧ — 1968–1994, нач. лаб.; МИСиС — 1955, кхн — 1962; *и.д.* Разработка методов удержания водорода в гидридах, решение комплексов задач АСУ и их внедрение.



*Еремеев В.С.*



*Еремин А.А.*

**ЕРЕМИН Станислав Алексеевич**, 12.05.41; СФТИ — 1965–1969, инженер; НПО ЛУЧ — 1969, зам. нач. отдела; МЭИ — 1965, ктн — 1979; *и.д.* Расчетные и экспериментальные исследования термомиссионных преобразователей энергии.

**ЕРИН Олег Николаевич**, 05.11.59; НПО ЛУЧ — 1982–1993; МИФИ — 1983, ктн — 1990; *и.д.* Исследование механизмов деформации и разрушения материалов.



*Еремин С.А.*



*Ерин О.Н.*

**ЕРМАКОВ Валентин Гаврилович**, 19.09.38–09.05.99; НПО ЛУЧ — 1965–1998; МВТУ — 1965, ктн — 1980; *и.д.* Экспериментальные исследования газодинамических процессов ТВС ЯРД.

**ЕРМАЧЕНКО Владимир Павлович**, 29.08.1939; НПО ЛУЧ — 1962, нач. лаб.; ЛЭТИ — 1963, МИФИ — 1983; *и.д.* Методы и средства неразрушающего контроля, оптика лазерных резонаторов, технология оптических дисков.



*Ермаков В.Г.*



*Ермаченко В.П.*



*Ескевич В.Ф.*



*Ефремов С.П.*

**ЕСКЕВИЧ Виктор Федорович**, 03.05.1901–11.03.90; ОЗ — 1948–1962, нач. лаб., НПО ЛУЧ — 1962–1968, нач. лаб.; орден «Знак Почета»; *и.д.* Химико-аналитические и физические методы анализа редких и редкоземельных элементов и их соединений.

**ЕФРЕМОВ Сергей Петрович**, 11.07.15; ОЗ — 1951–1962, НПО ЛУЧ — 1962–1976, заместитель нач. отдела кадров; медали за участие в Великой Отечественной войне.



*Жалилов Р.Х.*



*Жаринов А.П.*

**ЖАЛИЛОВ Рафаэль Хайбулович**, 23.05.47; НПО ЛУЧ — 1971, нач. лаб.; МИФИ — 1971, кти — 1981; *и.д.* Методы, технологии и устройства нанесения покрытий.

**ЖАРИНОВ Александр Петрович**, 21.05.37; НПО ЛУЧ — 1965, нач. отдела кадров института; ВЗПИ — 1972.



*Жданов В.М.*



*Жиرون Е.П.*

**ЖДАНОВ Владимир Михайлович**, 12.06.31; УЭКХ (Свердловск-44) — 1955–1961; НПО ЛУЧ — 1966–1975, снс; УПИ — 1955, кфми — 1961, дфми — 1975; проф — 1978; *и.д.* Расчетно-теоретические работы, неравновесная статистическая механика, теплофизика, физика плазмы.

**ЖИРОВ Евгений Петрович**, 17.12.31; ОЗ — 1955–1963, НПО ЛУЧ — 1963–1996, внс; МХТИ — 1954, кти — 1965; *и.д.* Получение оксидов редкоземельных металлов, очистка сточных вод.

**ЖУПАНОВ Валерий Григорьевич**, 29.01.53; НПО ЛУЧ — 1978, нач. лаб.; ЛИТМО — 1978; *и.д.* Технология нанесения диэлектрических и полупроводниковых пленок, измерение их оптических свойств.

**ЖУРАВЛЕВ Владимир Иванович**, 05.09.25; НПО ЛУЧ — 1964–1991, нач. группы; МГУ — 1953; *и.д.* Исследование термпрочности, радиационного упрочнения твзлов.



*Жупанов В.Г.*



*Журавлев В.И.*

**ЗАВИДЕЙ Виктор Иванович**, 17.11.47; НПО ЛУЧ — 1973–1994, снс; МФТИ — 1973, кти — 1982; *и.д.* Испытания металлооптики.

**ЗАВРАЖИН Аркадий Григорьевич**, 14.12.17; НПО ЛУЧ — 1964–1974, снс; МСИИ — 1943; *и.д.* Конструкторские работы по созданию экспериментальных установок и каналов.



*Завидей В.И.*



*Завражин А.Г.*

**ЗАГРЯЗКИН Валерий Николаевич**, 30.05.39; НПО ЛУЧ — 1962–1994, нач. лаб.; МИФИ — 1962, кти — 1968, дти — 1981; *и.д.* Термодинамика топливных систем, процессы взаимодействия ядерного топлива с конструкционными металлами.

**ЗАЗНОБА Виктор Анатольевич**, 08.08.47; НПО ЛУЧ — 1975, снс; ХГУ — 1975, кфмн — 1991; *и.д.* Разработка физических моделей вычислительных программ и испытание узлов энергетических установок.



*Загряжкин В.Н.*



*Зазноба В.А.*





*Зайцев В.А.*



*Закашанская З.Ф.*

**ЗАЙЦЕВ Владимир Алексеевич**, 26.07.36; НПО ЛУЧ — 1964, зам. директора по научной работе отделения ВТК; МХТИ — 1964, ктн — 1971, дтн — 1987; *и.д.* Технология нитридного и карбонитридного топлива.

**ЗАКАШАНСКАЯ Зоя Федоровна**, 10.09.29; ОЗ — 1958–1960, инженер, НПО ЛУЧ — 1960, нач. отдела; ВЗПИ — 1958; *и.д.* Внедрение методов электрографического копирования и разработка систем учета, хранения и размножения документации.



*Заливин И.М.*



*Захаров А.М.*

**ЗАЛИВИН Игорь Михайлович**, 09.10.40; НПО ЛУЧ — 1971–1997, мис; МИФИ — 1966, ктн — 1988; *и.д.* Исследование свойств гидридов переходных металлов.

**ЗАХАРОВ Арвид Михайлович**, 10.09.25; НПО ЛУЧ — 1964–1973, гл. инженер; МИХМ — 1952; *и.д.* Изготовление экспериментальных каналов для ЯРД. Обеспечение предприятия энергоснабжением, оборудованием.



*Звягин В.И.*



*Зензинов А.Б.*

**ЗВЯГИН Владимир Ильич**, 28.12.24; ОЗ — 1947–1962, слесарь, НПО ЛУЧ — 1962–1988, слесарь; «Мастер золотые руки», орден Октябрьской Революции и медали.

**ЗЕНЗИНОВ Александр Борисович**, 15.04.56; НПО ЛУЧ — 1978, нач. лаб.; Новосибирский институт инженеров геодезии и аэрофотосъемки — 1978, ктн — 1989; *и.д.* Разработка способов голографической интерферометрии, изготовление радужных голограмм.

**ЗИНОВЬЕВ Юрий Павлович**, 06.01.43; НПО ЛУЧ — 1966–1993; радиомеханический техникум — 1979, аппаратчик опытных процессов 6-го разряда; «Мастер золотые руки».

**ЗОЛОТУХА Юрий Савельевич**, 08.01.35; НПО ЛУЧ — 1963–1976, нач. сектора; МИФИ — 1959, ктн — 1974; *и.д.* Радиационное материаловедение, исследование кинетики выхода продуктов деления.



*Зиновьев Ю.П.*



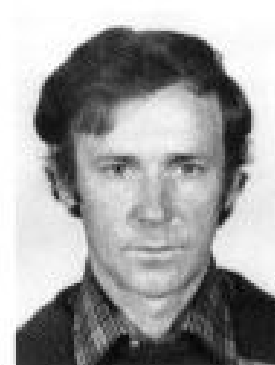
*Золотуха Ю.С.*

**ЗУБАРЕВ Павел Владимирович**, 18.04.32; НПО ЛУЧ — 1965–2001, нач. лаб.; МИСиС — 1954, ктн — 1965, дтн — 1979, проф — 1995; лауреат премии Совета Министров — 1982; *и.д.* Исследования ползучести и длительной прочности тугоплавких соединений.

**ИВАНОВ Михаил Валентинович**, 20.12.53; НПО ЛУЧ — 1977–1992, нач. группы; МЭИ — 1977, ктн — 1987; *и.д.* Исследования теплофизических свойств материалов в процессе радиационного облучения.



*Зубарев П.В.*



*Иванов М.В.*

**ИВАНОВ Сергей Дмитриевич**, 02.04.32; НПО ЛУЧ — 1964–1974, нач. лаб.; МИСИ — 1956, ктн — 1968, дтн — 1984, проф — 1987; *и.д.* Расчеты напряженного состояния твэлов, разработка метода пластинчатой аналогии.

**ИВАНЧЕНКО Станислав Дмитриевич**, 19.10.50; НПО ЛУЧ — 1992, зам. директора отделения «Техно-Луч» по финансам и экономике; Московский институт управления — 1973.



*Иванов С.Д.*



*Иванченко С.Д.*



*Иванов А.П.*



*Игнатьев Б.Г.*

**ИВЛЕВ Анатолий Павлович**, 29.09.49; НПО ЛУЧ — 1963–1965, и.о. нач. ОЭ; Новосибирский электротехнический институт; *и.д.* Организация работ инженерных служб.

**ИГНАТЬЕВ Борис Григорьевич**, 08.02.15–17.11.78; ОЗ — 1955–1962, гл. инженер, НПО ЛУЧ — 1962–1978, нач. отдела; ЛГУ — 1940, ктн — 1960; Заслуженный изобретатель РСФСР, два ордена «Трудового Красного Знамени», орден «Знак Почета» и медали; *и.д.* Разработка технологических процессов изготовления ТВЭЛ и их внедрение в производство.



*Изванов Л.А.*



*Изванов О.Л.*

**ИЖВАНОВ Лев Алексеевич**, 13.11.19; ОЗ — 1946–1962, нач. лаб., НПО ЛУЧ — 1962–2001, нач. отдела, советник директора института; МИЦМиЗ — 1941, ктн — 1963; 2 ордена Отечественной войны II степени, орден Ленина, «Знак Почета», Трудового Красного Знамени, медаль «За боевые заслуги», заслуженный изобретатель РСФСР, лауреат Гос. премии СССР; *и.д.* Порошковая металлургия редких и редкоземельных металлов. Технология гидридов и создание на их основе тепловых насосов.

**ИЖВАНОВ Олег Львович**, 06.10.40; НПО ЛУЧ — 1964, нач. лаб.; МИСиС — 1963, ктн — 1971; *и.д.* Разработка методик и проведение исследований работоспособности ЭГК в ходе автономных стендовых и реакторных испытаний и в составе ЯЭУ.



*Исаков В.П.*



*Казakov А.М.*

**ИСАКОВ Виктор Павлович**, 23.02.41; НПО ЛУЧ — 1963, нач. лаб.; ЛПИ — 1964, ктн — 1975, дтн — 1990; Госпремия РФ — 2002 г.; *и.д.* Газовые методы переработки материалов ядерной техники, коррозия конструкционных и делящихся материалов, вопросы тепло- и массообмена.

**КАЗАКОВ Анатолий Михайлович**, 25.03.35; ОКБ «Гидропресс» — 1958–1962, НПО ЛУЧ — 1962, нач. отдела стандартизации; МЭИ — 1958; орден «Знак почета»; *и.д.* Расчетно-конструкторские и проектные работы в области ТВЭЛ и ТВС, совершенствование системы стандартизации и управления качеством.

**КАЛИНИН Василий Петрович**, 24.11.35; НПО ЛУЧ — 1963–1972; Петрозаводский госуниверситет — 1958, ктн — 1970; *и.д.* Термодинамика и исследование свойств карбидных и гидридных соединений.

**КАЛМЫКОВ Сергей Степанович**, 17.10.51; НПО ЛУЧ — 1978, нач. группы; МАИ — 1959; *и.д.* Разработка конструкций узлов ТЭП ЯЭУ.



*Калинин В.П.*



*Калмыков С.С.*

**КАНИКОВСКИЙ Владимир Борисович**, 22.02.50; НПО ЛУЧ — 1979, снс; ДИИ — 1972, ктн — 1981; *и.д.* Технология и исследование защитных покрытий на металлооптических изделиях.

**КАРАБУТ Александр Борисович**, 06.12.45; НПО ЛУЧ — 1974, нач. группы; МВТУ — 1974, ктн — 1987; лауреат Гос. премии СССР — 1982; *и.д.* Разработка и испытания мощных электродуговых плазмотронов.



*Каниковский В.Б.*



*Карабут А.Б.*

**КАРАГОЗЯН Роберт Миранович**, 12.09.37; СФТИ — 1963–1992, снс, НПО ЛУЧ — 1993, вед. инженер-технолог; ХАИ — 1962, ктн — 1982; *и.д.* Разработка технологий в области термоэмиссионного преобразования энергии.

**КАРЕТНИКОВ Игорь Александрович**, 03.10.36; НПО ЛУЧ — 1964, зам. директора отделения ВТК; МИЦМиЗ — 1959, ктн — 1973; лауреат Гос. премии СССР — 1986; *и.д.* Технология обработки металлов давлением, в том числе тугоплавких и радиоактивных.



*Карагозян Р.М.*



*Каретников И.А.*



*Кириченко Г. П.*



*Киселев А. А.*

**КИРИЧЕНКО Григорий Павлович**, 19.01.51; ЗЭМО — 1974–1996, нач. группы, 1996–1998, зам. гл. конструктора ТЭТ, НПО ЛУЧ — 1998, зам. директора отделения; МИФИ — 1974, ктн — 2000; медаль «За спасение погибавших»; *и.д.* Датчики и приборы контроля параметров реакторов АЭС.

**КИСЕЛЕВ Алексей Александрович**, 22.06.12–02.06.89; НПО ЛУЧ — 1962–1969, первый зам. директора; МИЦМнЗ — 1934, ктн — 1946; лауреат Гос. премий СССР — 1946 и 1977, орден Ленина — 1960; *и.д.* Организация научно-исследовательских работ, радиационное материаловедение, коррозия циркониевых сплавов.



*Киселев В. Н.*



*Киселев В. М.*

**КИСЕЛЕВ Виктор Николаевич**, 15.02.32; ОКБ «Гидропресс» — 1958–1962, НПО ЛУЧ — 1962–1995, нач. лаб.; МЭИ — 1957, ктн — 1982; *и.д.* Конструкции керметных ТВЭЛов, участие в их ресурсных испытаниях.

**КИСЕЛЕВ Виктор Михайлович**, 17.09.26; ОЗ — 1947–1962, слесарь, НПО ЛУЧ — 1962–1980, слесарь-ремонтник; «Мастер золотые руки».



*Кишмахов Б. Ш.*



*Клинок А. Е.*

**КИШМАХОВ Баторий Шахимович**, 24.12.31; СФТИ — 1960–1969, НПО ЛУЧ — 1969, зам. директора отделения «Керамика-Луч»; ГПИ — 1960, ктн — 1982; лауреат Гос. премии СССР; *и.д.* Технология термоэмиссионного ЭГК и изготовления зеркал мощных лазеров.

**КЛИНКОВ Александр Евгеньевич**, 03.06.50; НПО ЛУЧ 1973–1997, нач. лаб.; МАИ — 1973, ктн — 1990; *и.д.* Исследование электрофизических свойств электродных материалов.

**КНЯЗЕВ Вячеслав Иванович**, 06.02.42; НПО ЛУЧ — 1965, ис; МИФИ — 1965, кти. — 1974; *и.д.* Исследование физико-механических свойств материалов и последствий тяжелых аварий твело реакторов.

**КОВАЛЕВ Владимир Георгиевич**, 18.11.20 — 18.07.67; НПО ЛУЧ — 1963–1967, пом. директора по кадрам; Московский юридический институт — 1953; орден «Знак Почета»; *и.д.* Решение кадровых вопросов.



*Князев В.И.*



*Ковалев В.Г.*

**КОВАЛЕВ Дмитрий Юрьевич**, 19.02.63; НПО ЛУЧ — 1986–1990, инженер; МИСиС — 1986, кти — 1993; *и.д.* Диффузионные и дислокационные процессы на поверхности карбида циркония и оксида алюминия.

**КОЖУХОВСКИЙ Виктор Иванович**, 14.04.38; НПО ЛУЧ — 1965–2001, нач. группы; Львовский госуниверситет, кти — 1983; *и.д.* Прикладные расчеты термоупругости металлооптических изделий.



*Ковалев Д.Ю.*



*Кожуховский В.И.*

**КОЗЛОВ Сергей Владимирович**, 12.04.50; НПО ЛУЧ — 1969–1990, аппаратчик опытных процессов 6-го разряда; ПИТ — 1969; «Мастер золотые руки».

**КОЛЕСНИКОВ Борис Петрович**, 30.12.39; НПО ЛУЧ — 1964, снс, ОЭ — 1967–1983, нач. лаб.; Ленинградский технологический институт — 1963, кхи — 1974; *и.д.* Химические и физико-химические методы анализа материалов. Переработка урансодержащих отходов.



*Козлов С.В.*



*Колесников Б.П.*



*Колесов В.С.*



*Колупаев И.В.*

**КОЛЕСОВ Валентин Серафимович**, 10.10.40; НПО ЛУЧ — 1963–2003, зам. директора отделения «Исток»; ВГУ — 1963, ктн — 1972, дтн — 1982, проф — 1991; *и.д.* Механика деформируемого твердого тела.

**КОЛУПАЕВ Игорь Васильевич**, 08.10.32; НПО ЛУЧ — 1963, ученый секретарь института; УПИ — 1956, ктн — 1967; *и.д.* Исследование теплотехнической надежности изделий и аппаратов и математическое моделирование тепловых процессов в сложных системах. Организация работы научно-технического и ученого советов.



*Колупаева Д.И.*



*Кондрашов А.В.*

**КОЛУПАЕВА Динора Измаиловна**, 27.12.30; НПО ЛУЧ — 1963–1994, снс; Московский нефтяной институт — 1955, кхи — 1964; *и.д.* Технология уран-графитовых материалов.

**КОНДРАШОВ Анатолий Васильевич**, 30.04.28; ПО «Маяк» 1952–1963, рук. группы КИПиА, НПО ЛУЧ — 1963–1992, нач. лаб.; МВТУ — 1951, ктн — 1964; *и.д.* Разработка dilatометрических методов внутриреакторного контроля температуры.



*Константинов В.С.*



*Корнилов И.И.*

**КОНСТАНТИНОВ Владимир Сергеевич**, 01.01.50; НПО ЛУЧ — 1972, нач. лаб.; МИФИ — 1973; *и.д.* Разработка термоэлектрических преобразователей для ЯЭУ.

**КОРНИЛОВ Иван Иванович**, 01.10.23–03.07.02; ОЗ — 1949–1960, НПО ЛУЧ — 1960–1984, нач. лаб.; МИЦМиЗ — 1949, ктн — 1971; орден Отечественной войны I и II степени, орден Трудового Красного Знамени, медаль «За боевые заслуги», Почетный изобретатель Госкомитета; *и.д.* Разработка новых методов обработки металлов давлением.

**КОРОБОВ Артур Васильевич**, 07.03.36; НПО ЛУЧ — 1968, нач. лаб.; БИТМ — 1959, ктн — 1968; *и.д.* Методы сварки тугоплавких и разнородных материалов.

**КОРОЛЕВ Владимир Васильевич**, 28.09.47; НПО ЛУЧ — 1977–1997, внс; МГУ — 1970, кфмн — 1974; *и.д.* Расчетно-теоретические исследования работоспособности изделий металлооптики.



*Коробов А.В.*



*Королев В.В.*

**КОРОЛЕВ Виктор Иванович**, 30.06.48; НПО ЛУЧ — 1968, нач. лаб.; МИТХТ — 1976; *и.д.* Разработка процессов выращивания трубных заготовок из монокристаллов оксид алюминия.

**КОРОЛЕВ Ларис Андреевич**, 16.06.39; НПО ЛУЧ — 1964, нач. группы; МЭИ — 1964; *и.д.* Разработка методов измерения и исследования теплофизических характеристик керамических материалов.



*Королев В.И.*



*Королев Л.А.*

**КОРОЛЕВ Юрий Михайлович**, 24.03.38; НПО ЛУЧ — 1961–1976, нач. лаб.; МХТИ — 1955, ктн — 1967, дтн — 1974; *и.д.* Газофазная металлургия тугоплавких металлов.

**КОСАЧЕВ Леонид Сергеевич**, 14.11.40–14.08.01; НПО ЛУЧ — 1965–1984, нач. группы; МИСиС — 1964, ктн — 1981; орден «Знак Почета» — 1971; *и.д.* Обработка тугоплавких металлов давлением.



*Королев Ю.М.*



*Косачев Л.С.*





*Коссых В.Г.*



*Костин В.М.*

**КОССЫХ Владислав Георгиевич**, 20.02.37; НПО ЛУЧ — 1960, зам. директора отделения «Технология»; ЛПИ — 1960, кхи — 1966; *и.д.* Разработка методик анализа элементного состава материалов химическим, физико-химическим методами; экстракционное разделение элементов.

**КОСТИН Владимир Михайлович**, 18.12.46; НПО ЛУЧ — 1973, сис; МИФИ — 1970, кти — 1977; *и.д.* Исследование прочности материалов.



*Косухин В.В.*



*Кочетков М.Д.*

**КОСУХИН Владимир Васильевич**, 18.03.40; НПО ЛУЧ — 1963, нач. лаб.; МИСиС — 1963, кти — 1971; *и.д.* Технологии нанесения карбидных и металлических покрытий из газовой фазы.

**КОЧЕТКОВ Михаил Дмитриевич**, 11.11.46; НПО ЛУЧ — 1970, нач. группы; Пензенский политехнический институт — 1970; Разработка конструкторской документации на узлы ТЭП ЯЭУ.



*Коселев Ю.В.*



*Куделин Ю.Н.*

**КОШЕЛЕВ Юрий Васильевич**, 17.10.39; НПО ЛУЧ — 1968, нач. лаб.; МВТУ — 1962, кти — 1983; *и.д.* Разработка конструкций ТВЭЛов ЯРД и ВТГР.

**КУДЕЛИН Юрий Иванович**, 01.05.40; НПО ЛУЧ — 1963–1971, мнс; МИСиС — 1963, кти — 1970; *и.д.* Исследование коррозионных процессов.

**КУДИНОВ Григорий Михайлович**, 16.03.50; НПО ЛУЧ — 1973–1995; МФТИ — 1973, кфмн — 1981; *и.д.* Исследование структурно-фазовых превращений в приповерхностных слоях вещества.

**КУДРЯВЦЕВ Юрий Леонидович**, 18.06.32–23.02.93; ОЗ — 1956–1962, НПО ЛУЧ — 1962–1993, нач. лаб.; МХТИ — 1956, ктн — 1967; орден Трудового Красного Знамени, медаль «За доблестный труд»; *и.д.* Технологии получения оксидной, графитовой керамики и ураносодержащих материалов.



*Кудинов Г.М.*



*Кудрявцев Ю.Л.*

**КУЗНЕЦОВ Геннадий Дмитриевич**, 21.04.40; НПО ЛУЧ — 1963–1970, снс; МИСыС — 1963, ктн — 1967; *и.д.* Исследование процессов образования покрытий в тлеющем разряде.

**КУЗНЕЦОВ Павел Павлович**, 11.06.32; НПО ЛУЧ — 1968–1995, нач. отдела; МАИ — 1955, ктн — 1975; *и.д.* Разработка и испытания металлооптики для различных лазерных систем.



*Кузнецов Г.Д.*



*Кузнецов П.П.*

**КУЗНЕЦОВ Юрий Никитович**, 04.08.32; ОЗ — 1957–1961, НПО ЛУЧ — 1961–1977, снс; МХТИ — 1957, ктн — 1966; *и.д.* Регенерация топливных материалов.

**КУЛИКОВ Евгений Тимофеевич**, 14.03.46; НПО ЛУЧ — 1968, нач. лаб.; ЛПИ — 1968; *и.д.* Исследование элементного состава материалов рентгеноспектральным и гамма-абсорбционным методами.



*Кузнецов Ю.Н.*



*Куликов Е.Т.*



*Куприков В. М.*



*Курбаев С. Д.*

**КУПРИКОВ Виктор Михайлович**, 09.03.38; НПО ЛУЧ — 1964, нач. цеха, нач. сектора; Днепродзержинский госуниверситет — 1960; премия Совета Министров — 1985; *и. д.* Технология механической обработки металлических зеркал.

**КУРБАКОВ Сергей Дмитриевич**, 12.12.55; НПО ЛУЧ — 1979, снс; МХТИ — 1979, кти — 2000; премия Ленинского комсомола — 1987; *и. д.* Технология нанесения керамических покрытий на микротрещины ВТГР.



*Курочкин Ю. В.*



*Кутепов В. П.*

**КУРОЧКИН Юрий Васильевич**, 10.07.37; НПО ЛУЧ — 1972–1982, снс; МВТУ — 1967, кти — 1973, дти — 1981; лауреат Государственной премии — 1982; *и. д.* Разработка конструкций электродуговых генераторов низкотемпературной плазмы. Исследования в области высокотемпературной теплофизики и физической кинетики.

**КУТЕПОВ Вячеслав Павлович**, 26.07.40; НПО ЛУЧ — 1964–1991, мкс; МИСиС — 1964, кти — 1975; *и. д.* Исследование поверхности гидридов на водородоудержание.



*Кухаренко Г. М.*



*Кучеров Р. Я.*

**КУХАРЕНКО Григорий Михайлович**, 15.02.37; ОЗ — 1960–1963, НПО ЛУЧ — 1963–1992, нач. лаб.; МЭИ — 1960; *и. д.* Разработка и внедрение автоматизированной системы управления АСУ.

**КУЧЕРОВ Рафаил Яковлевич**, 16.04.24; СФТИ — 1951–1970, снс, НПО ЛУЧ — 1970–2001, нач. отдела; ХГУ — 1950, кфмн — 1959, дфмн — 1967, проф — 1970; участник ВОВ, ордена Отечественной войны II степени, «Знак Почета»; *и. д.* Разделение стабильных изотопов, физика низкотемпературной плазмы, физика ТЭП.

**КУЧЕРОВ Ян Рафилович**, 23.02.51; НПО ЛУЧ — 1975–1994, внс; МИФИ — 1975, ктн — 1984; *и.д.* Расчетно-экспериментальные исследования в области физики твердого тела.

**ЛАЗАРЕВ Виктор Михайлович**, 27.06.54; НПО ЛУЧ — 1978–1994, нач. лаб.; МАИ — 1978; *и.д.* Разработка конструкции металлооптических зеркал.



*Кучеров Я.Р.*



*Лазарев В.М.*

**ЛАЗУТКИН Николай Тимофеевич**, 03.02.32; НПО ЛУЧ — 1973, нач. лаб.; Среднеазиатский политехнический институт — 1957, ктн — 1968; *и.д.* Обеспечение ядерной безопасности.

**ЛАЗУТКИН Олег Николаевич**, 25.07.41; НПО ЛУЧ — 1965, снс; Рязанский политехнический институт — 1964, ктн — 1990; *и.д.* Исследования и испытания лазерных установок.



*Лазуткин Н.Т.*



*Лазуткин О.Н.*

**ЛАНИН Анатолий Георгиевич**, 30.12.26; ПО «Маяк» — 1948–1962, снс; НПО ЛУЧ — 1962, нач. лаб.; Куйбышевский индустриальный институт — 1948, ктн — 1959, дтн — 1976, проф — 1981; Гос. премия Совета Министров — 1985; заслуженный деятель науки России — 2002; *и.д.* Прочность и разрушение керамических материалов и высокотемпературных ТВЭЛ.

**ЛАПОЧКИН Николай Васильевич**, 23.02.49; НПО ЛУЧ — 1971, зам. нач. отдела; МАИ — 1972, ктн — 1991; *и.д.* Конструирование ТЭП ЭГК.



*Ланин А.Г.*



*Лапочкин Н.В.*



*Ластовецкий Л.Е.*



*Лебедев А.М.*

**ЛАСТОВЕЦКИЙ Леонид Евстафьевич**, 15.11.30; НПО ЛУЧ — 1965–2000, снс; МАИ — 1955, кти — 1979; *и.д.* Проектирование элементов конструкций ЯЭУ. Вибро-прочностные расчеты установок космического назначения.

**ЛЕБЕДЕВ Анатолий Михайлович**, 08.07.49; НПО ЛУЧ — 1973, нач. лаб.; МХТИ — 1973; *и.д.* Технология урансодержащих и конструкционных высокотемпературных материалов.



*Леонов В.Ф.*



*Лехтблау Е.А.*

**ЛЕОНОВ Владимир Федорович**, 28.07.28; ОЗ — 1959–1960, снс; НПО ЛУЧ — 1960–1995, снс; МИТХТ — 1951, кти — 1961; *и.д.* Получение фосфидов урана. Разработка методов эмалирования конструкционных элементов ЭГК.

**ЛЕХТБЛАУ Ефим Абович**, 26.09.34; НПО ЛУЧ — 1961, нач группы; помощник по правовым вопросам, зам. Ген. директора института; МИЦМиЗ — 1957; *и.д.* Технология плавки металлов, руководство юридическим бюро.



*Линский М.И.*



*Ловкис В.А.*

**ЛИНСКИЙ Михаил Иванович**, 03.02.40–01.02.04; ОЗ — 1957–1962; НПО ЛУЧ — 1962–2003, электромонтер; «Мастер золотые руки».

**ЛОВКИС Владлен Аркадьевич**, 05.02.35; НПО ЛУЧ — 1977, начальник отдела АХО; Томский инженерно-строительный институт — 1957; *и.д.* Курирование капитально-строительных работ.

**ЛУБЕНЕЦ Владимир Платонович**, 05.09.42; НПО ЛУЧ — 1966–1973, мнс; МИСиС — 1963, ктн — 1973; *и.д.* Рентгеноструктурное исследование монокристаллов и их жаропрочности.

**ЛЫСЕНКО Евгений Константинович**, 20.03.41; НПО ЛУЧ — 1965, внс; ТПИ — 1964, ктн — 1972; *и.д.* Разработка технологии получения диоксидных микросфер.



*Лубенец В.П.*



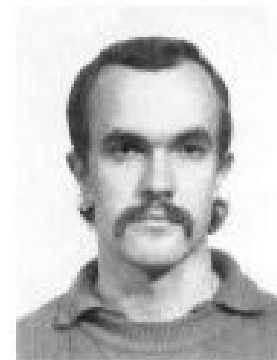
*Лысенко Е.К.*

**ЛЮБИМОВ Дмитрий Юльевич**, 23.08.46; НПО ЛУЧ — 1969, внс; МИФИ — 1970, ктн — 1984; *и.д.* Расчетные исследования физико-химических процессов в твэлах и ТЭП.

**ЛЮБЧЕНКО Александр Михайлович**, 26.07.51; НПО ЛУЧ — 1976–1988, снс; МИФИ — 1974, ктн — 1986; медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Исследование характеристик отражающих поверхностей металлооптики.



*Любимов Д.Ю.*



*Любченко А.М.*

**ЛЮТИКОВ Роберт Алексеевич**, 28.02.26; НПО ЛУЧ — 1963, внс; МИСиС — 1953, ктн — 1963; орден «Знак Почета»; *и.д.* Термодинамика, кинетика физико-химических процессов взаимодействия материалов с газами.

**ЛЯХОВ Дмитрий Михайлович**, 13.03.46; НПО ЛУЧ — 1971, внс; МЭИ — 1971, ктн — 1987; *и.д.* Методы исследования оптических и теплофизических задач с применением математической статистики.



*Лютиков Р.А.*



*Ляхов Д.М.*



*Магамедов Г.Т.*



*Макеев В.С.*

**МАГАМЕДОВ Гаджи Турлахович**, 10.11.43; НПО ЛУЧ — 1977–2003, зам. директора отделения НТЦ «Исток» по экономике; МАИ — 1972; *и.д.* Разработка сетевого планирования по НИОКР, создание экономических служб в научно-исследовательских отделах.

**МАКЕЕВ Владимир Сергеевич**, 20.07.1920; ОЗ — 1946–1960, групповой инженер; НПО ЛУЧ — 1961–1995, нач. бюро отдела; Московский машиностроительный институт — 1952; орден Отечественной войны II степени, медаль «За победу над Германией»; *и.д.* Разработка конструкций нового технологического оборудования.



*Макеев Х.И.*



*Малхозов М.Ф.*

**МАКЕЕВ Хасан Ильич**, 30.10.30; НПО ЛУЧ — 1991, нач. лаб.; Северо-Кавказский горно-металлургический институт — 1949, кти — 1967, дти — 1985, проф — 1990; орден Трудового Красного Знамени — 1971, Лауреат Ленинской премии — 1964, Лауреат премии Сов. Министров СССР — 1983, заслуженный изобретатель РСФСР — 1968; *и.д.* Технология производства полупроводникового кремния.

**МАЛХОЗОВ Мусса Фуадович**, 04.10.50; НПО ЛУЧ — 1974–1990, и.о. нач. лаб.; МИФИ — 1974, кти — 1983; *и.д.* Теоретические исследования эмиссии электронов и металлооптических систем.



*Мальцев В.К.*



*Марагинский Р.Н.*

**МАЛЬЦЕВ Вадим Константинович**, 02.02.21–04.01.88; НПО ЛУЧ — 1968–1987, нач. отд.; Московский всесоюзный заочный политехнический институт — 1952, кэн — 1973; *и.д.* Научная организация труда, социологические исследования.

**МАРАГИНСКИЙ Роланд Никитич**, 30.10.27–04.12.02; НПО ЛУЧ — 1971–2002, нач. лаб.; МВТУ — 1950, кти — 1969, дти — 1991; *и.д.* Разработка конструкции радиоизотопных источников тока.

**МАРТЫНОВ Владимир Иванович**, 12.06.49; ЗЭМО — 1974–1999, пом. директора; НПО ЛУЧ — 1999, ведущий конструктор ТЭТ; Днепропетровский металлургический институт — 1971; заслуженный конструктор РФ; *и.д.* Разработка теплообменных устройств на основе тепловых труб.

**МАРЧЕВ Евгений Владимирович**, 19.02.59; НПО ЛУЧ — 1978–1993, мнс; МИФИ — 1984, ктн — 1990; *и.д.* Исследование прочностных и деформационных характеристик карбидных соединений.



*Мартынов В.И.*



*Марчев Е.В.*

**МАСКАЕВ Анатолий Сергеевич**, 05.05.33; НПО ЛУЧ — 1963–1999, нач. лаб.; МХТИ — 1963, ктн — 1970; *и.д.* Разработка технологии карбидов тугоплавких металлов.

**МАТВЕЕВА Маргарита Ивановна**, 01.01.37; НПО ЛУЧ — 1965–1994, мнс; Иркутский гос. университет — 1959, ктн — 1977; *и.д.* Рентгенографические исследования гидридов.



*Маскаев А.С.*



*Матвеева М.И.*

**МЕДЕНЦЕВ Валентин Павлович**, 15.01.35; НПО ЛУЧ — 1963–1994, снс; МГУ — 1959, ктн — 1979; *и.д.* Разработка методик и проведение радиационных испытаний топливных и конструкционных материалов.

**МЕЛЕШКО Юрий Петрович**, 02.01.36; НПО ЛУЧ — 1963, снс; МАИ — 1960, ктн — 1988; *и.д.* Разработка систем внутриреакторных измерений, разработка реакторных измерительных комплексов.



*Меденцев В.П.*



*Мелешко Ю.П.*





*Мелькин В.И.*



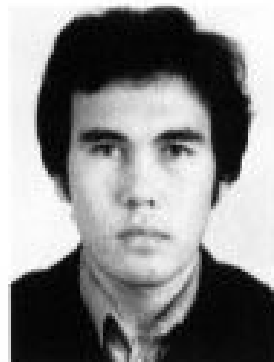
*Мельников Г.Н.*

**МЕЛЬКИН Владислав Иванович**, 04.09.38–11.12.99; НПО ЛУЧ — 1965–1982, снс; МВТУ — 1961, кти — 1971; *и.д.* Исследование термopочности и прочности материалов.

**МЕЛЬНИКОВ Геннадий Николаевич**, 10.09.42; НПО ЛУЧ — 1971, снс; МАИ — 1972, кти — 1983; *и.д.* Разработка аппаратуры для газопламенной резки, обработки металлов.



*Мизин П.П.*



*Миреев Т.А.*

**МИЗИН Павел Петрович**, 29.07.48; Минсредмаш — 1978–1991; НПО ЛУЧ — 1991, зам. генерального директора; МВТУ — 1977; *и.д.* Организация учета, контроля и физической защиты ядерных материалов.

**МИРЕЕВ Тимур Алданович**, 11.10.57; НПО ЛУЧ — 1980, нач. группы; МИТХТ — 1980; *и.д.* Разработка технологии покрытий на поверхность изделий.



*Мирошкин Л.В.*



*Митрофанов В.И.*

**МИРОШКИН Леонид Владимирович**, 28.08.38; НПО ЛУЧ — 1965, нач. отдела; Московский лесотехнический институт — 1961; Московский институт патентоведения — 1967, медаль «За доблестный труд»; *и.д.* Техничко-правовые экспертизы в области патентоведения и экспертного контроля.

**МИТРОФАНОВ Виктор Иванович**, 28.03.36; ОЗ — 1958–1961, инженер; НПО ЛУЧ — 1961, нач. группы; МХТИ — 1958; *и.д.* Технология и изготовление изделий из оксида бериллия, конструкционных и топливных материалов для реакторов «Ромашка», ЯРД, ВТГР.

**МИТРОХИН Валерий Алексеевич**, 01.03.43–02.11.02; НПО ЛУЧ — 1966–1978, снс; МИСИС — 1965, ктн. — 1975; *и.д.* Рентгноструктурный анализ и исследование взаимодействия карбидов с водородом.

**МИХАЙЛИЧЕНКО Евгений Игнатьевич**, 11.08.32–19.05.72; ОЗ — 1958–1960, мнс; НПО ЛУЧ — 1961–1972, снс; МХТИ — 1957, ктн — 1963; *и.д.* Переработка ураносодержащих отходов гидрометаллургическими методами.



*Митрохин В.А.*



*Михайличенко Е.И.*

**МИХАЙЛИЧЕНКО Леонид Игнатьевич**, 23.04.41; НПО ЛУЧ — 1964, пом. зам. ген. директора; МХТИ — 1964, кхн — 1975; *и.д.* Методы определения газообразующих примесей в металлах и тугоплавких соединениях. Технология твзлов ВТТР. Учет и контроль ЯМ.

**МИХАЙЛОВ Виктор Николаевич**, 17.01.37; НПО ЛУЧ — 1969–1988, нач. отдела; Саратовский госуниверситет — 1960, ктн — 1960, дтн — 1982; *и.д.* Разработка и внедрение АСУ, пакетов прикладных программ для решения краевых задач, оптимального планирования и математической обработки экспериментов.



*Михайличенко Л.И.*



*Михайлов В.Н.*

**МОГИЛЬНЫЙ Игорь Алексеевич**, 08.07.26; НПО ЛУЧ — 1966–1977, зам. директора института по научной работе — начальник ОЭ; МАИ — 1956; Гос. премия — 1980; медали «За боевые заслуги», «За победу над Германией», «За победу над Японией»; *и.д.* Планирование и организация НИР и НИОКР в ОЭ.

**МОДИН Владимир Александрович**, 06.07.45; НПО ЛУЧ — 20.04.70, снс; МИФИ — 1970, ктн. — 1990, *и.д.* Разработка стендовых систем и проведение внеэлектронных испытаний ЭГК и модельных ТЭП.



*Могильный И.А.*



*Модин В.А.*



*Мозжерин С.И.*



*Мозуль И.И.*

**МОЗЖЕРИН Сергей Иванович**, 01.01.53; НПО ЛУЧ — 1976, рук. группы; МЭИ — 1976; *и.д.* Исследование теплофизических свойств материалов, технология переработки топливных материалов.

**МОЗУЛЬ Иван Иванович**, 17.10.41; НПО ЛУЧ — 1966–2000, мнс; МИФИ — 1965, ктн — 1979; *и.д.* Радиационные исследования физико-механических свойств материалов ЯЭУ.



*Мурылев И.Г.*



*Мухоямов Б.Б.*

**МУРЫЛЕВ Иван Григорьевич**, 08.11.35, НПО ЛУЧ — 1969–1993, слесарь КИП; ПИТ — 1964; «Мастер золотые руки».

**МУХОЯМОВ Борис Борисович**, 22.10.36; НПО ЛУЧ — 1959–1990, прессовщик 6-го разряда, сварщик 7-го разряда; «Мастер золотые руки».



*Мычковский Ю.Г.*



*Мышко А.П.*

**МЫЧКОВСКИЙ Юрий Георгиевич**, 31.01.48; НПО ЛУЧ — 1971–1984, снс; МИФИ — 1958, ктн — 1983; *и.д.* Разработка технологии замедлителей из гидрида циркония и гидрида титана для ЯЭУ.

**МЫШКО Антон Петрович**, 1903–1970; НПО ЛУЧ — 1962–1969, зам. директора института; *и.д.* Организация работ вспомогательных служб, решение организационных и финансовых вопросов.

**МЯКИНЬКОВ Валентин Михайлович**, 11.07.47; НПО ЛУЧ — 1970, начальник отдела флексографической печати; Пензенский политехнический институт — 1970; *и.д.* Разработка технологий изготовления нестандартных приборов.

**НАЛИВАЕВ Владимир Иванович**, 22.12.39; НПО ЛУЧ — 1964, зам. директора отделения «Техно-Луч»; МИФИ — 1964, кфмн — 1970; заслуженный энергетик РФ — 1995; *и.д.* Разработка, исследование, изготовление датчиков для измерения температур в широком диапазоне.



*Мякиньюк В.М.*



*Наливаев В.И.*

**НЕЖЕВЕНКО Лев Борисович**, 05.05.23–03.07.92; ОЗ — 1950–1962, нач. цеха; НПО ЛУЧ — 1962–1989, нач. лаб.; МИФИ — 1951, ктн — 1965, дтн — 1975, проф — 1982; орден «Знак Почета», медали «За трудовую доблесть», заслуженный изобретатель РСФСР; *и.д.* Порошковая металлургия топливных и конструкционных материалов для ЯРД и ВТГР.

**НЕРУБАЙЛО Борис Васильевич**, 28.02.38; НПО ЛУЧ — 1966–1980, нач. лаб.; МАИ — 1961, ктн — 1967, дтн — 1980, проф — 1985; *и.д.* Механика деформируемого твердого тела, прочность конструкций ЯРД, ЭГК.



*Нежевенко Л.Б.*



*Нерубайло Б.В.*

**НИКИТЮК Виктор Иванович**, 13.10.35; НПО ЛУЧ — 1966, слесарь ремонтник 6-го разряда; «Мастер золотые руки».

**НИКОЛАЕВ Юрий Вячеславович**, 14.06.32; СФТИ — 1956–1969, нач. лаб., НПО ЛУЧ — 1969, зам. гендиректора института; МИФИ — 1956, ктн — 1966, дтн — 1981, проф — 1987; медали «За трудовую доблесть», «За трудовое отличие», заслуженный деятель науки России, лауреат премии Совета Министров — 2001; *и.д.* Термозмн-сионное преобразование ядерной энергии в электрическую.



*Никитюк В.И.*



*Николаев Ю.В.*



*Николаев Р.В.*



*Никольшин В.С.*

**НИКОЛАЕВ Рюрик Васильевич**, 12.05.27; ОЗ — 1956–1962; НПО ЛУЧ — 1962–1991, слесарь 6-го разряда; «Мастер золотые руки».

**НИКУЛЬШИН Виктор Сергеевич**, 30.06.40; НПО ЛУЧ — 1965, снс; Рязанский радиотехнический институт — 1964, ктн — 1988; *и.д.* Неразрушающий токовихревой контроль материалов и изделий.



*Нилов Н.А.*



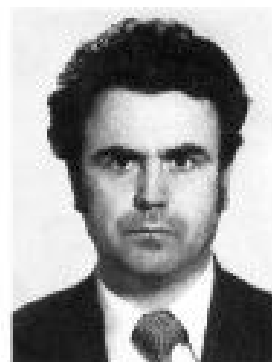
*Нишпал В.Д.*

**НИЛОВ Николай Андреевич**, 08.01.41; НПО ЛУЧ — 1966, помощник директора отделения «Технология»; ХГУ — 1966, ктн 1980; *и.д.* Разработка средств и неразрушающих методов контроля материалов и изделий из них.

**НИШПАЛ Виктор Дороевич**, 08.02.45; НПО ЛУЧ — 1964, лаборант физико-механических испытаний 8-го разряда; Обнинский филиал МИФИ — 1964; ордена Трудовой славы II и III степени; «Мастер золотые руки».



*Новиков В.П.*



*Новиков М.М.*

**НОВИКОВ Валерий Павлович**, 28.03.39; НПО ЛУЧ — 1973–1985, снс; МВТУ — 1962, ктн — 1975; *и.д.* Исследования процессов теплопередачи, физики горения и химической кинетики.

**НОВИКОВ Михаил Матвеевич**, 14.01.42; НПО ЛУЧ — 1966–1997, нач. ОТБ, зам. гл. инженера; ВЗПИ — 1973; *и.д.* Организация работ по обеспечению безопасности труда в институте.

**ОКОРОКОВ Леонид Васильевич**, 12.07.55; НПО ЛУЧ — 1978–1991, нач. лаб.; МИФИ — 1978, ктн — 1989; *и.д.* Лазерно-механическая обработка материалов.



*Окорокров Л.В.*

**ОЛЕЙНИКОВ Петр Петрович**, 29.02.36; ОЗ — 1959–1961; НПО ЛУЧ — 1961, нач. отдела; МИСиС — 1959, ктн — 1972, лтн — 1987, проф — 1999; Акад. МАРФ — 2000; орден «Знак Почета»; *и.д.* Разработка средств и методов неразрушающего контроля, теплофизических измерений.



*Олейников П.П.*

**ОЛЕЙНИКОВА Лилия Дмитриевна**, 25.12.37; НПО ЛУЧ — 1961–1973, мнс; МИСиС — 1961, ктн — 1970; *и.д.* Метрология и техника измерений.



*Олейникова Л.Д.*

**ОПЛЕСНИН Борис Александрович**, 20.03.26; ОЗ — 1957–1960, мастер цеха; НПО ЛУЧ — 1960–1994, нач. лаб; МХТИ — 1957, ктн — 1966; *и.д.* Технология и радиационное материаловедение молибдена и вольфрама.



*Оплеснин Б.А.*

**ОРЛОВ Вячеслав Леонидович**, 17.12.47; ЗЭМО — 1971–1996, нач. лаб.; ТЭТ — 1996–1998, гл. инженер; НПО ЛУЧ — 1998, зам. гл. инженера филиала; МИСиС — 1970; серебряная медаль ВДНХ; *и.д.* Датчики и приборы контроля параметров реакторов АЭС.



*Орлов В.Л.*

**ОСИНЦЕВ Владислав Григорьевич**, 11.02.37; НПО ЛУЧ — 1963–1969, рук. группы; МИЦМиЗ — 1960, ктн — 1968; *и.д.* Технология получения изделий из циркониевых сплавов.



*Осинцев В.Г.*



Осипов Е.А.



Панов А.С.

**ОСИПОВ Евгений Александрович**, 10.08.29; НПО ЛУЧ — 1962–2002, электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 7-го разряда; «Мастер золотые руки».

**ПАНОВ Анатолий Сергеевич**, 31.08.31–31.10.01; НПО ЛУЧ — 1963–2001, нач. лаб.; МИСиС — 1955, ктн — 1962, дтн — 1972, проф. — 1980; *и.д.* Кинетика и механизмы массопереноса в концентрационных и температурных полях.



Пампура В.Б.



Паршин Н.Я.

**ПАМПУРА Владимир Борисович**, 30.01.42; НПО ЛУЧ — 1965, начальник цеха; ХГУ — 1964; *и.д.* Разработка средств измерения электронных потоков лазерного излучения, организация работ по выпуску средств измерения температуры для атомной энергетики.

**ПАРШИН Николай Яковлевич**, 06.07.40; НПО ЛУЧ — 1963, нач. отдела; ВГУ — 1963, ктн — 1980, *и.д.* Теплофизические расчеты изделий ЯРД.



Пашин А.И.



Певкин Г.И.

**ПАШИН Александр Иванович**, 24.02.60; ЭМО — 1985–1996, нач. лаб., гл. конструктор; ТЭТ — 1996–1998 — первый зам. директора; НПО ЛУЧ — 1998, директор отделения ТЭТ; МИФИ — 1983; ктн — 2002; *и.д.* Теплообменные устройства на основе тепловых труб.

**ПЕПЕКИН Геннадий Иванович**, 08.01.36–20.04.2000; НПО ЛУЧ — 1964–2000, нач. лаб.; МИСиС — 1960, ктн — 1964; лауреат премии Совета Министров СССР, медаль к ордену «За заслуги перед Отечеством» II степени; *и.д.* Технология изготовления гидридного замедлителя, металлооптики, переработка уран-бериллиевых отходов, получение редких металлов высокой чистоты.

**ПЕРМЯКОВ Лев Николаевич**, 21.07.31; НПО ЛУЧ — 1964–2002, нач. отд.; ЛПИ — 1955, ктн — 1965, дтн — 1988; орден «Знак Почета»; *и.д.* Материаловедение и технология матричного ядерного топлива.

**ПЕТРОВ Арсений Феодосьевич**, 03.01.15–25.03.97; завод 12 — 1946–1948, зам. нач. цеха; г. Глазов, завод 544 — 1948–1959, ОЗ — 1959–1962, директор ОЗ, НПО ЛУЧ — 1962–1983, директор ОЗ НПО; ЛХТИ — 1938; орден Ленина — 1966, два ордена Красной Звезды, орден Трудового Красного Знамени, орден Октябрьской Революции (1970), медаль «За победу в Великой Отечественной войне»; лауреат Гос. премии СССР — 1951; *и.д.* Организация работ на опытном заводе.



*Пермяков Л.Н.*



*Петров А.Ф.*

**ПИРОГОВ Михаил Степанович**, 14.11.28; НПО ЛУЧ — 1962–1993; МЭИ — 1951, ктн — 1963; *и.д.* Технология и исследование свойств материалов.

**ПОВАЛЯЕВ Олег Александрович**, 13.04.57; НПО ЛУЧ — 1982–1990, мнс; МФТИ — 1980, ктн — 1989; *и.д.* Исследование приэлектродных процессов в дуговых разрядах.



*Пирогов М.С.*



*Поваляев О.А.*

**ПОДЛАДЧИКОВ Юрий Николаевич**, 18.03.36–26.01.92; НПО ЛУЧ — 1966–1992, зам. директора НИИ НПО ЛУЧ; Ростовский гос. университет — 1958, кфмн — 1966, дтн — 1979, проф — 1983; орден Трудового Красного Знамени — 1977, медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Расчеты температурных полей, напряжений в изделиях и проведение испытаний изделий ЯРД.

**ПОДЛАДЧИКОВА Надежда Андреевна**, 10.05.35; НПО ЛУЧ — 1969–2003, снс; Ростовский гос. университет — 1958, ктн — 1973; *и.д.* Расчеты динамической прочности узлов ЯЭУ.



*Подладчиков Ю.Н.*



*Подладчикова Н.А.*





*Полторацкий Н.И.*



*Пonomаренко А.А.*

**ПОЛТОРАЦКИЙ Николай Иванович.** 10.08.28–30.09.77; ОЗ — 1952–1962, зам. нач. цеха; НПО ЛУЧ — 1962–1977, нач. отдела; Харьковский политехнический институт — 1952, ктн — 1966; орден Трудового Красного Знамени, медаль «За трудовую доблесть», изобретатель Госкомитета по атомной энергии СССР; *и.д.* Технология изделий из оксида бериллия, конструктивных топливных материалов для реакторов «Ромашка», ЯРД, ВТТР.

**ПОНОМАРЕНКО Анатолий Андреевич.** 07.03.23; НПО ЛУЧ — 1963–1974, аппаратчик 6-го разряда; Оренбургская авиашкола — 1944; «Мастер золотые руки».



*Попов А.С.*



*Попов В.П.*

**ПОПОВ Александр Степанович.** 29.08.51; НПО ЛУЧ — 1973–1991; МИФИ — 1974, ктн — 1985; *и.д.* Исследование радиационной повреждаемости материалов.

**ПОПОВ Валентин Петрович.** 18.04.31; ПО «МАЯК» — 1955–1966; НПО ЛУЧ — 1966, снс; МИФИ — 1955, ктн — 1973; *и.д.* Исследование теплофизических характеристик и термпрочности конструктивных и урансодержащих материалов.



*Попов Е.Б.*



*Портнов Ю.Б.*

**ПОПОВ Евгений Борисович.** 08.09.37; НПО ЛУЧ — 1962, нач. лаб.; Саратовский госуниверситет — 1959, кфмн — 1970; *и.д.* Расчетно-теоретический анализ работоспособности изделий ЯРД, включая возможные аварийные ситуации.

**ПОРТНОВ Юрий Борисович.** 02.02.44; НПО ЛУЧ — 1971–1996, нач. лаб.; МАИ — 1967; *и.д.* Разработка конструкторской документации на термоэмиссионные электрогенерирующие каналы.

**ПРАСОЛОВ Владимир Иванович**, 06.02.41; НПО ЛУЧ — 1965–2001, снс; МАИ — 1966, ктн — 1980; *и.д.* Численное моделирование гидродинамики с химически реагирующими взвесями.

**ПРИЙМАК Степан Владимирович**, 01.01.40; НПО ЛУЧ — 1970, снс; МИФИ — 1970, ктн — 1992, дтн — 2003; *и.д.* Внутриреакторные исследования работоспособности термоэлектрических преобразователей.



*Прасолов В.И.*



*Приймак С.В.*

**ПРИТЧИН Степан Андреевич**, 10.08.35–09.09.91; НПО ЛУЧ — 1963–1991, нач. группы; МЭИ — 1959, ктн — 1986; *и.д.* Термопрочность изделий ЯРД при высоких температурах.

**ПРОКОПЕНКО Игорь Филиппович**, 30.05.49; ЗЭМО — 1972–1996, нач. лаб.; НПО ЛУЧ — 1998, зам. директора ТЭТ; МЭИ — 1972, ктн — 2002; *и.д.* Теплообменные устройства на основе тепловых труб.



*Притчин С.А.*



*Прокопенко И.Ф.*

**ПУПЫНИН Виктор Николаевич**, 18.05.19–10.06.85; НПО ЛУЧ — 1964–1985, нач. отдела; МЭИ — 1947; ордена «Знак Почета» — 1951, Трудового Красного Знамени — 1971; *и.д.* Организация службы КИПиА.

**ПУСТОГАРОВ Александр Васильевич**, 25.06.34; НПО ЛУЧ — 1966, гнс; МАИ — 1958, ктн — 1965, дтн — 1977, проф — 1981; лауреат Гос. премии — 1982; *и.д.* Разработка электродуговых генераторов плазмы, методов и средств газоплазменной резки и обработки металлов.



*Пупынин В.Н.*



*Пустогаров А.В.*



*Пшеничный И.В.*



*Ракитская Е.М.*

**ПШЕНИЧНЫЙ Игорь Владимирович**, 09.10.37–29.08.97; НПО ЛУЧ — 1963–1996, снс; МИСиС — 1961, кти — 1972; *и.д.* Технология тугоплавких соединений и исследование их свойств.

**РАКИТСКАЯ Елена Михайловна**, 10.07.34; НПО ЛУЧ — 1965, внс; МИЦМиЗ — 1957, кти — 1965; *и.д.* Технология и материаловедение топливных материалов на основе урана. Разработка и изготовление оксидного ядерного материала.



*Репий В.А.*



*Рогачев В.Е.*

**РЕПИЙ Владимир Афанасьевич**, 28.09.41; НПО ЛУЧ — 1971, нач. группы; Одесский политехнический институт — 1965; Госпремия — 1986, заслуженный технолог РФ; *и.д.* Разработка технологии плавки монокристаллов молибдена и его сплавов.

**РОГАЧЕВ Владимир Евгеньевич**, 06.08.47; НПО ЛУЧ — 1971, нач. технолого-экологической лаб. отделения «Техно-Луч»; МИФИ — 1971; *и.д.* Разработка и внедрение новых методов контроля и охраны окружающей среды.



*Руденко В.А.*



*Руссков О.П.*

**РУДЕНКО Владимир Александрович**, 17.02.28; НПО ЛУЧ — 1974, нач. отдела производственно технического обучения; Высшая инженерная академия — 1962; медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне»; *и.д.* Подготовка и повышение квалификации кадров.

**РУССКОВ Олег Петрович**, 30.04.30; НПО ЛУЧ — 1970–1986, директор ОЭ, гл. инженер НПО ЛУЧ; МИФИ — 1952; орден Трудового Красного Знамени; *и.д.* Руководство монтажными и пуско-наладочными работами в ОЭ, организация работ инженерных служб института.

**РЫБКИН Борис Иванович**, 29.09.47; ЗЭМО 1971–1996, нач. отд., НПО ЛУЧ — 1998, зам. директора ТЭТ; МИСиС — 1970, ктн — 1982, чл.-корр. РАЕН — 2000; медаль к ордену «За заслуги перед Отечеством» II ст.; *и.д.* Преобразование видов энергии, теплообменные устройства на основе тепловых труб.

**РЫМАШЕВСКИЙ Георгий Александрович**, 22.07.31–01.05.87; НПО ЛУЧ — 1964–1987, нач. отд.; МИСиС — 1954, ктн — 1962, дтн — 1976, проф. — 1981; орден «Знак Почета», лауреат Гос. премии — 1986; *и.д.* Материаловедение и технология тугоплавких металлических материалов для ТЭП и металло-оптики.



*Рыбкин Б.И.*



*Рыماشевский Г.А.*

**РЫСЦОВ Вячеслав Николаевич**, 04.08.47; НПО ЛУЧ — 1966, снс; ВЗПИ — 1973, ктн — 1990; *и.д.* Технологии изготовления изделий из высокотемпературной керамики.

**РЫЧАГОВ Александр Васильевич**, 27.10.41; НПО ЛУЧ — 1966–1974, внс; МХТИ — 1966, ктн — 1973; *и.д.* Газофазная металлургия молибдена.



*Рысцов В.Н.*



*Рычагов А.В.*

**САВВАТИМОВА Ирина Борисовна**, 10.02.42; НПО ЛУЧ — 1966, снс; ГПИ — 1966, ктн — 1982; *и.д.* Исследование свойств материалов в условиях ионного и реакторного облучения, исследование возможностей низкотемпературного термоядерного синтеза.

**САВИН Валерий Иванович**, 16.08.41; НПО ЛУЧ — 1963–2002; МХТИ — 1969, ктн — 1970, дтн — 1999; *и.д.* Исследование термодинамических и гальвано-магнитных свойств материалов, радиационное материаловедение гидридов.



*Савватимова И.Б.*



*Савин В.И.*



*Сальников В.А.*



*Сапелкин В.С.*

**САЛЬНИКОВ Владислав Александрович**, 06.02.51; НПО ЛУЧ — 1976–1997, директор отделения «Интеграл»; МАИ — 1974, ктн — 1991; *и.д.* Технология теплоизоляционных материалов.

**САПЕЛКИН Валерий Сергеевич**, 16.06.44; НПО ЛУЧ — 1969–1999, снс; МАИ — 1970, ктн — 1990; *и.д.* Патентно-информационные исследования, анализ работы конструкций ЯЭУ. Патентные экспертизы.



*Сапрыкин Б.К.*



*Селезнева О.В.*

**САПРЫКИН Борис Кондратьевич**, 16.04.42; НПО ЛУЧ — 1979, аппаратчик опытных процессов; Подольский радиомеханический техникум — 1971; «Мастер золотые руки».

**СЕЛЕЗНЕВА Ольга Владимировна**, 07.03.52; ЗЭМО — 1975–1998, нач. КБ; НПО ЛУЧ — 1998, нач. КБ ТЭТ; МВТУ — 1975; *и.д.* Теплообменные устройства на основе тепловых труб, датчики и приборы контроля параметров реакторов АЭС.



*Семенов И.М.*



*Семеничев Л.Н.*

**СЕМЕНОВ Игорь Михайлович**, 01.01.37; НПО ЛУЧ — 1963–1998, нач. отдела; МАИ — 1960; *и.д.* Разработка конструкций, испытания изделий ЯРД.

**СЕМЕНЫЧЕВ Леонид Николаевич**, 10.02.19–06.05.93; НПО ЛУЧ — 1965–1990, нач. отд.; МИХМ — 1946; орден «Знак Почета», медаль «За трудовую доблесть»; *и.д.* Руководство разработками лабораторного и технологического оборудования.

**СЕМИН** Рудольф Николаевич, 09.09.37; НПО ЛУЧ — 1973, нач. отд.; ВЗПИ — 1966, ктн — 1987; *и.д.* Разработка технологий механической обработки материалов и изготовление ТЭП.

**СЕНЧУКОВ** Алексей Дмитриевич, 29.09.41; НПО ЛУЧ — 1963–1998, снс; ВГУ — 1963, ктн — 1980; *и.д.* Взаимодействие карбидных материалов с газовыми средами, диффузия, структурные исследования.



*Семина Р.Н.*



*Сенчуков А.Д.*

**СЕРПУХОВ** Леонид Васильевич, 12.02.33—08.07.2000; ОЗ — 1956–1962; НПО ЛУЧ — 1962–2000, слесарь; медаль «За трудовое отличие», «Мастер золотые руки».

**СИДОРЕНКО** Евгений Михайлович, 15.10.33—09.02.00; Подольский машиностроительный завод им. С. Орджоникидзе — 1958–1964, зам. нач. цеха; ОКБ «Гидропресс» — 1964–1972, зам. гл. инженера ОКБ; ЗЭМО — 1972–1994, директор, 1995–1997, гнс, НПО ЛУЧ — 1997–2000, гнс; МВТУ — 1958, ктн — 1980, дтн — 1987, академик РАЕН — 1999; лауреат Гос. премии СССР, ордена Трудового Красного Знамени, Дружбы народов, «Знак почета»; *и.д.* Разработка технологий энергетических систем.



*Сerpухов Л.В.*



*Сидоренко Е.М.*

**СИДОРОВ** Юрий Иванович, 30.04.58—25.01.99; НПО ЛУЧ — 1981–1999, внс; МИФИ — 1981, ктн — 1992; *и.д.* Технология получения монокристаллов на основе вольфрамо-молибденовых сплавов.

**СИНЦОВ** Александр Геннальевич, 15.11.56; НПО ЛУЧ — 1982–1993, нач. группы; МИФИ — 1988, ктн — 1992; *и.д.* Исследования ползучести вольфрама и его сплавов.



*Сидоров Ю.И.*



*Синцов А.Г.*



*Смекалин В.П.*



*Смирнов В.П.*

**СМЕКАЛИН Виктор Павлович**, 09.04.46; НПО ЛУЧ — 1978, нач. лаб.; Московский вечерний металлургический институт — 1975; *и.д.* Разработка технологии изготовления металлооптических изделий из карбида кремния и технологии оснастки из карбида кремния для электронной промышленности.

**СМИРНОВ Виктор Петрович**, 15.05.47; НПО ЛУЧ — 1979, нач. сектора; МИФИ — 1973, ктн — 1983; *и.д.* Технология получения изделий для ЯЭУ и исследование их свойств.



*Соколов В.А.*



*Соколов И.В.*

**СОКОЛОВ Василий Александрович**, 25.02.47; НПО ЛУЧ — 1971, снс; МИФИ — 1971, ктн — 1981; *и.д.* Исследование прочности и разрушения материалов.

**СОКОЛОВ Игорь Васильевич**, 22.08.39–23.09.86; НПО ЛУЧ — 1963–1975, нач. лаб.; ктн — 1972; *и.д.* Технология изготовления ЭГК.



*Соколов Ю.С.*



*Солин А.В.*

**СОКОЛОВ Юрий Сергеевич**, 12.03.27; НПО ЛУЧ — 1966–1977, слесарь 6-го разряда; ПИТ — 1964; «Мастер золотые руки».

**СОЛИН Александр Владиленович**, 18.12.57; ЗЭМО — 1981–1996, нач. группы, 1996–1998 — нач. опытного производства ТЭТ; НПО ЛУЧ — 1998, нач. опытного производства ТЭТ; Обнинский филиал МИФИ — 1981; медаль «За спасение погибавших»; *и.д.* Технология производства энергетических систем.

**СОЛОВЕЙ Александр Игоревич**, 20.02.42; НПО ЛУЧ — 1968, нач. лаб; МИСиС — 1968, кти — 1980; *и.д.* Порошковая технология гидридов, их сплавов и топливных композиций. Металлогидридные тепловые насосы.

**СОЛОВЬЕВ Виктор Федорович**, 30.12.41; НПО ЛУЧ — 1965–1993, нач. лаб.; МИХМ — 1970, кти — 1978; *и.д.* Газофазная металлургия вольфрама и его сплавов. Вольфрамовые покрытия топливных микросфер.



*Соловей А.И.*



*Соловьев В.Ф.*

**СОЛОВЬЕВ Геннадий Сергеевич**, 13.05.37–19.10.95; НПО ЛУЧ — 1971–1995, снс; ВГУ — 1964, кфмн — 1976; *и.д.* Взаимодействие примесей внедрения в металлах и процессы взаимодействия лазерного излучения с металло-оптической поверхностью.

**СОЛОВЬЕВ Лев Николаевич**, 28.02.40; НПО ЛУЧ — 1980–1993, нач. лаб; МАТИ — 1962, кти; *и.д.* Обработка металлов давлением. Влияние облучения на работоспособность материалов ТЭП ЯЭУ.



*Соловьев Г.С.*



*Соловьев Л.Н.*

**СОРОКА Александр Васильевич**, 21.12.59; НПО ЛУЧ — 1977–1992, сварщик 7-го разряда: «Мастер золотые руки».

**СОТНИКОВ Валерий Николаевич**, 15.06.49; НПО ЛУЧ — 1972, снс; МАИ — 1972, кти — 1995; *и.д.* Разработка методик и проведение расчетно-теоретических исследований теплопереноса в высокотемпературных твэлах.



*Сорока А.В.*



*Сотников В.Н.*





*Спивак И.И.*



*Степанов Г.Е.*

**СПИВАК Илья Иосифович**, 11.09.39; НПО ЛУЧ — 1963–1984, снс; МИСиС — 1963, кти — 1969; *и.д.* Исследование свойств материалов, приготовленных методами порошковой металлургии.

**СТЕПАНОВ Геннадий Евгеньевич**, 02.12.32; ПО «Маяк» — 1956–1960; НПО ЛУЧ — 1960, нач. группы; МИФИ — 1956; *и.д.* Разработка неразрушающих физических методов измерения.



*Стецюк В.Н.*



*Столяров В.И.*

**СТЕЦЮК Владимир Николаевич**, 12.12.46; НПО ЛУЧ — 1970, гл. инженер; МАИ — 1971, кти — 1986 г., *и.д.* Исследование процессов тепло-массо-переноса в ЯРД, экспериментальная отработка элементов ЯРД, Организация работы инженерных служб института.

**СТОЛЯРОВ Владимир Иванович**, 24.07.33; ОЗ — 1958–1962, мнс, НПО ЛУЧ — 1962–1998, нач. лаб.; МИСиС — 1958, кти — 1966; *и.д.* Газофазная металлургия тугоплавких металлов, научно-техническая информация.



*Стрелина Н.В.*



*Суганеев Ю.С.*

**СТРЕЛИНА Нина Владимировна**, 26.03.42; НПО ЛУЧ — 1965, снс; МИТХТ — 1965, кхи — 1979; *и.д.* Ректификационное разделение циркония и гафния, патентно-информационное обеспечение НИОКР.

**СУГАНЕЕВ Юрий Сергеевич**, 18.10.39; НПО ЛУЧ — 1963–1995, снс; МВТУ — 1963, кти — 1970; *и.д.* Исследование радиационной повреждаемости материалов ЭГК.

**СЫЧЕВ Николай Тимофеевич**, 18.10.39; НПО ЛУЧ — 1961, нач. отдела; МИФИ — 1969; *и.д.* Радиометрические методы контроля активности. Контроль за обеспечением ядерной безопасности.

**ТАРАСЕНКО Михаил Васильевич**, 07.03.44; НПО ЛУЧ — 1964, аппаратчик опытных процессов 7-го разряда; Каменско-уральский алюминиевый техникум — 1964; «Мастер золотые руки».



*Сычев Н.Т.*



*Тарасенко М.В.*

**ТАРАСОВ Вячеслав Ильич**, 09.08.48; НПО ЛУЧ — 1972–1992, нач. лаб; Казанский авиационный институт — 1972, кти — 1991; *и.д.* Экспериментальные исследования ТВС после испытания в реакторах.

**ТАТОКИН Иван Михайлович**, 05.04.19—17.04.93; ОЗ — 1947–1962, слесарь; НПО ЛУЧ — 1962–1976, слесарь; орден Ленина.



*Тарасов В.И.*



*Татокин И.М.*

**ТАЧКОВА Наталья Григорьевна**, 26.02.48; НПО ЛУЧ — 1976–1993, нач. лаб; МИФИ — 1971, кти — 1977; *и.д.* Исследования ползучести, длительной прочности тугоплавких материалов.

**ТАУБИН Михаил Львович**, 22.10.41; НПО ЛУЧ — 1966; ОЭ — 1976–1985, нач. отдела; НПО ЛУЧ — 1986 зам. нач. отдела; МИФИ — 1966, кти — 1972, дти — 1987; *и.д.* Исследования влияния реакторного облучения на тепло-физические свойства конструкционных и ураносодержащих материалов. Разработка конструкций и испытаний рентгеновских трубок и узлов.



*Тачкова Н.Г.*



*Таубин М.Л.*



*Тесленко В.В.*



*Тищенко М.Ф.*

**ТЕСЛЕНКО Владимир Викторович**, 13.01.55; НПО ЛУЧ — 1981–1991, снс; МХТИ — 1978, кхн — 1982; *и.д.* Технология получения защитных покрытий на микротопливе.

**ТИЩЕНКО Марат Федорович**, 28.04.39; НПО ЛУЧ — 1965, зам. директора отделения ВТК; МВТУ — 1965; *и.д.* Конструирование, изготовление, испытания ТВС ЯРД.



*Трахтенберг Л.И.*



*Туренко Я.И.*

**ТРАХТЕНБЕРГ Лев Исаакович**, 30.06.26 — 05.09.2000; ОЗ — 1956–1962, нач. цеха КИПиА; НПО ЛУЧ — 1962–1975, нач. лаб.; МЭИ — 1949, ктн — 1968; заслуженный изобретатель РСФСР, медаль «За трудовую доблесть»; *и.д.* Разработка измерительной техники.

**ТУРЕНКО Яков Никитович**, 13.05.11 — 08.05.68; ОЗ — 1948–1962, нач. цеха; НПО ЛУЧ — 1962–1968, гл. инженер; *и.д.* Организация работ инженерных служб.



*Турчанинов В.К.*



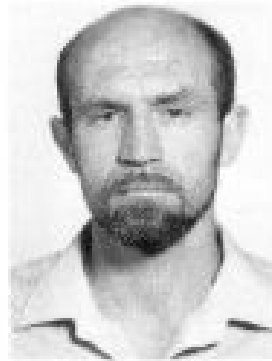
*Турчин В.Н.*

**ТУРЧАНИНОВ Вадим Капитонович**, 24.02.50; ЗЭМО — 1978–1996, нач. группы; ТЭТ — 1996–1998, нач. группы; НПО ЛУЧ — 1998, нач. группы; МЭИ — 1978, ктн — 2001; *и.д.* Теплообменные устройства на основе тепловых труб.

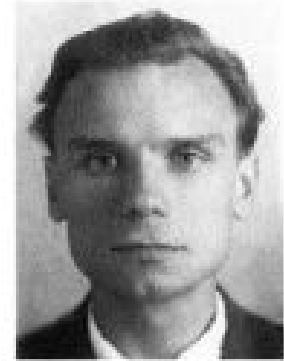
**ТУРЧИН Валерий Николаевич**, 12.10.39; НПО ЛУЧ — 1964, снс; МАТИ — 1964, ктн — 1973; *и.д.* Исследование структуры и свойств конструкционных и ураносодержащих материалов.

**УКОЛОВ Виктор Васильевич**, 01.11.47; НПО ЛУЧ — 1972–1992, нач. лаб.; МФТИ — 1972, ктн — 1980; *и.д.* Разработка электродуговых генераторов плазмы, исследование работоспособности металло-оптических зеркал.

**УЛЬЯНОВ Игорь Константинович**, 02.10.33; НПО ЛУЧ — 1962–1975, зам. нач. лаб.; МЭИ — 1957, кэн — 1973; *и.д.* Организация работ и взаимодействие с инженерными и вспомогательными службами.



*Уколов В.В.*



*Ульянов И.К.*

**УМАНСКИЙ Алексей Александрович**, 04.06.40–18.09.2001; НПО ЛУЧ — 1964–1988, рук. группы; Высшая школа проф. движения ВЦСПС — 1979; орден Трудового Красного Знамени, «Мастер золотые руки»; *и.д.* Технология обработки резанием хрупких материалов.

**УРАЗАЕВ Александр Михайлович**, 18.10.29; НПО ЛУЧ — 1976–1993, слесарь-ремонтник 7 разряда; «Мастер золотые руки».



*Уманский А.А.*



*Уразаяев А.М.*

**УРАЗБАЕВ Марат Ильясович**, 17.08.38–17.08.98; НПО ЛУЧ — 1964–1998, нач. лаб.; МИСиС — 1962, ктн — 1976; *и.д.* Исследование коррозии и разработка методов защиты бериллия. Переработка ураносодержащих отходов.

**УРБАНОВИЧ Иван Николаевич**, 20.11.37; НПО ЛУЧ — 1963–1998, нач. лаб.; Львовский политехнический институт — 1960; *и.д.* Эксплуатация вычислительных машин, разработка автоматических систем управления.



*Уразбаев М.И.*



*Урбанович И.И.*



*Усанов Н.В.*



*Ушаков Б.Ф.*

**УСАНОВ Николай Владимирович**, 20.03.1903–23.05.86; ОЗ — 1946–1962, нач. ОКСа; НПО ЛУЧ — 1962–1986, зам. директора по кап. строительству; МИСИ — 1932; орден «Знак Почета»; *и.д.* Организация и руководство работами по капитальному строительству.

**УШАКОВ Борис Федорович**, 08.07.38–09.12.02; НПО ЛУЧ — 1963–1982, снс; ВГУ, ктн — 1977; *и.д.* Исследование влияния радиации на теплофизические свойства материалов.



*Фадеев В.Н.*



*Федик И.И.*

**ФАДЕЕВ Валентин Николаевич**, 12.12.31–16.02.2000; НПО ЛУЧ — 1964–2000, снс; ЛГУ — 1956, ктн — 1964; *и.д.* Исследование равновесных процессов в системах металл-водород.

**ФЕДИК Иван Иванович**, 02.01.36; НПО ЛУЧ — 1962, Генеральный директор института; Львовский гос. университет — 1958, кфми — 1963, дтн — 1975, проф. — 1980, член-корр. РАН, академик Международной Славянской АН; заслуженный деятель науки и техники РФ, орден Трудового Красного Знамени, лауреат Гос. премии — 1980; *и.д.* Ядерная энергетика в космосе, механика, теплофизика, ядерные установки, организация работы института.



*Федоров С.С.*



*Федоров Э.М.*

**ФЕДОРОВ Сергей Степанович**, 12.01.52; НПО ЛУЧ — 1970, аппаратчик; ПИТ — 1971; «Мастер золотые руки».

**ФЕДОРОВ Эдуард Михайлович**, 11.05.41; НПО ЛУЧ — 1963–1993, снс; ВГУ — 1963, ктн — 1979; *и.д.* Термодинамика и диффузия в тугоплавких соединениях. Анализ процессов массопереноса в ЯРД.

**ФЕДОРОВА Валентина Николаевна**, 26.08.43; НПО ЛУЧ — 1963–2001, снс; ВЗПИ — 1978; кти — 1987; *и.д.* Материаловедческие исследования тугоплавких металлов и жаропрочных сплавов применительно к ТЭП, исследование повреждаемости поверхности металл-оптических изделий, материаловедческие исследования твердых электролитов.

**ФЕДОСЕЕВ Анатолий Павлович**, 04.06.46; НПО ЛУЧ — 1971–1996, снс; МИФИ — 1971, кти — 1986; *и.д.* Экспериментальная отработка ЭГК в условиях реакторного облучения.



*Федорова В.Н.*



*Федосеев А.П.*

**ФЕДОСЕЕВ Виктор Николаевич**, 20.06.56; НПО ЛУЧ — 1978, выс; МИФИ — 1973, кти — 1985; *и.д.* Исследования в области адаптивной металл-оптики.

**ФЕДОТОВ Михаил Александрович**, 25.11.27–14.11.95; НПО ЛУЧ — 1964–1993, вед. конструктор; *и.д.* Конструкторские разработки, исследование механических свойств высокотемпературных материалов.



*Федосеев В.Н.*



*Федотов М.А.*

**ФЕДУЛОВ Иван Петрович**, 01.10.47; НПО ЛУЧ — 1965–1995, аппаратчик 7-го разряда; «Мастер золотые руки».

**ФИВЕЙСКИЙ Евгений Викторович**, 01.08.40; НПО ЛУЧ — 1964–1996; МИ-СиС — 1964, кти — 1977; *и.д.* Исследования по термодинамике фаз внедрения и контактному взаимодействию тугоплавких соединений.



*Федулов И.П.*



*Фивейский Е.В.*



*Филатов О.Н.*



*Филимонов А.А.*

**ФИЛАТОВ Олег Николаевич**, 01.02.54; НПО ЛУЧ — 1981, нач. цеха; МИСиС — 1981; *и.д.* Организация переработки уран-содержащих материалов.

**ФИЛИМОНОВ Алексей Андреевич**, 01.08.34; НПО ЛУЧ — 1966–1971, техник; Московский приборостроительный техникум — 1964; «Мастер золотые руки».



*Фролов В.П.*



*Функе В.Ф.*

**ФРОЛОВ Вениамин Петрович**, 03.06.46; НПО ЛУЧ — 1970–2002, снс; МИФИ — 1970, ктн — 1989; *и.д.* Исследование выхода водорода из гидридных материалов.

**ФУНКЕ Владимир Федорович**, 17.12.24–13.02.89; участие в Великой Отечественной войне — 1943–1946; НПО ЛУЧ — 1963–1989, нач. лаб.; МИЦМиЗ — 1951, ктн — 1955; орден Красной Звезды, медали «За победу над Германией», «За взятие Кенигсберга», «За победу над Японией»; *и.д.* Исследования в области газофазной металлургии. Технология карбидных и теплозащитных покрытий.



*Халбошин А.П.*



*Ханин М.А.*

**ХАЛБОШИН Александр Петрович**, 24.04.47; НПО ЛУЧ — 1970–1988, нач. лаб.; МФТИ — 1972, ктн — 1980; *и.д.* Исследования в области низкотемпературной плазмы.

**ХАНИН Михаил Александрович**, 08.07.27; УЭХК (Свердловск-44) — 1949–1962, снс, НПО ЛУЧ — 1962–1963, нач. отдела; МИФИ — 1998, ктн — 1954, дтн — 1959; орден «Знак Почета» — 1952, лауреат Ленинской премии — 1960; *и.д.* Расчетно-теоретические работы по системам ЯРД.

**ХЕНВЕН Анатолий Рафаилович**, 24.02.30; НПО ЛУЧ — 1964, референт ген. директора; МАИ — 1954, ктн — 1983; *и.д.* Разработка стендов, крупномасштабные газодинамические испытания элементов ЯРД.

**ХОДОСОВ Евгений Федорович**, 03.10.33; НПО ЛУЧ — 1963–1969, мнс; МИФИ — 1958, ктн — 1966; *и.д.* Термодиффузия водорода в гидридах.



*Хенвен А.Р.*



*Ходосов Е.Ф.*

**ХОДЫРЕВ Юрий Петрович**, 03.09.44; НПО ЛУЧ — 1968–1974, снс; МИФИ — 1968, ктн — 1975; *и.д.* Разработка технологии замедлителей из гидрида циркония для ЯЭУ.

**ХРОМОВ Юрий Федотович**, 20.03.40; НПО ЛУЧ — 1964, снс; МХТИ — 1964, ктн — 1973; *и.д.* Исследование термодинамических и диффузионных характеристик материалов.



*Ходырев Ю.П.*



*Хромов Ю.Ф.*

**ХРОМОНОЖКИН Владимир Васильевич**, 17.12.37–19.03.97; НПО ЛУЧ — 1963–1991, снс; МГУ — 1961, ктн — 1968; *и.д.* Изучение термодинамических свойств твердых тел. Масс-спектрометрические исследования.

**ХРОМЫЛЕВ Владимир Николаевич**, 02.01.40; НПО ЛУЧ — 1963, нач. отдела; Московский институт машиностроения — 1962; *и.д.* Разработка конструкций испытательных и технологических установок.



*Хромонажкин В.В.*



*Хромылев В.Н.*





*Цветков В.А.*



*Цецхладзе Д.Л.*

**ЦВЕТКОВ Валерий Андреевич**, 26.12.38; НПО ЛУЧ — 1962, нач. лаб.; МИФИ — 1962, МГУ — 1969; *и.д.* Исследование оптических характеристик изделий металло-оптики, охрана окружающей среды.

**ЦЕЦХЛАДЗЕ Давид Лаврентьевич**, 25.04.36; СФТИ — 1959–1993, нач. лаб.; НПО ЛУЧ — 1993, внс; Тбилисский университет — 1959, дтн — 1987; *и.д.* Исследования в области термоэмиссионного преобразования энергии.



*Цецюра Н.И.*



*Чебоненко В.П.*

**ЦЕЦЮРА Николай Иосифович**, 14.12.40; НПО ЛУЧ — 1965–1991, аппаратчик 7-го разряда; «Мастер золотые руки».

**ЧЕБОНЕНКО Валерий Петрович**, 11.08.40; НПО ЛУЧ — 1971, зам. нач. отдела; МЭИ — 1966; *и.д.* Испытания термоэмиссионных преобразователей электрогенерирующих каналов.



*Челноков А.П.*



*Червяков Л.Д.*

**ЧЕЛНОКОВ Александр Павлович**, 11.11.49; НПО ЛУЧ — 1970–1992, инженер-технолог; Московский радиомеханический техникум — 1978; «Мастер золотые руки».

**ЧЕРВЯКОВ Леонид Дмитриевич**, 30.09.38; НПО ЛУЧ — 1962, зам. генерального директора; ВЗПИ — 1970; *и.д.* Экономика, финансы, социальные вопросы.

**ЧЕРНИКОВ Альберт Семенович**, 24.03.35; ОЗ — 1959–1962, инженер; НПО ЛУЧ — 1959, зам гендиректора института, директор отделения «Технология»; МХТИ — 1959, ктн — 1967; орден Трудового Красного Знамени, медаль «За трудовое отличие»; *и.д.* Организация работ по ядерному топливу ВТГР, замедителям и отражателям на основе гидридов для ЯЭУ.



*Черников А.С.*

**ЧЕРНЫШОВ Герман Николаевич**, 24.11.37; НПО Луч — 1962–1969; Томский университет — 1959, ктн — 1964, дфмн — 1970; *и.д.* Расчеты полей напряжения в изделиях ЯРД.



*Чернышов Г.Н.*

**ЧЕРЕПНИН Юрий Семенович**, 02.03.48; НПО ЛУЧ — 1972–1991, директор ОЭ; ТПИ — 1972, ктн — 1988, дтн — 1995; *и.д.* Организация работ по испытаниям твэлов и ТВС ЯРД в условиях, моделирующих аварийные ситуации.



*Черепнин Ю.С.*

**ЧЕРКАСОВ Юрий Алексеевич**, 14.04.30; НПО ЛУЧ — 1963–1975, токарь; «Мастер золотые руки».



*Черкасов Ю.А.*

**ЧИЖОВА Эмма Моисеевна**, 12.07.24; ПО «Маяк» 1949–1966; НПО ЛУЧ — 1966–2003, нач. отд.; Ленинградский электротехнический институт — 1949; медали «За трудовую доблесть», «За доблестный труд в ВОВ»; *и.д.* Разработка методов, средств и проведения стендовых и реакторных испытаний конструкционных, урансодержащих материалов и изделий ТЭП.



*Чижова Э.М.*

**ЧИЖИК Семен Петрович**, 23.10.23–19.08.2000; УЭХК (Свердловск 44) — 1952–1961, снс, НПО ЛУЧ — 1961–1962, нач. лаб.; МИФИ — 1951, ктн — 1959; ордена Отечественной войны II степени, Красной Звезды, Славы III степени; лауреат Государственной премии — 1953, лауреат Ленинской премии — 1958; *и.д.* Конструкторско-технологические изыскания по твэлам ЯРД и ЭГК.



*Чижик С.П.*



*Чуйко Е.Е.*



*Чуков В.Ю.*

**ЧУЙКО Евгений Евгеньевич**, 29.12.46; НПО ЛУЧ — 1970–1986; МЭИ — 1971, кти — 1983; *н.д.* Расчеты температурных полей и температурных напряжений в конструкции ЯЭУ.

**ЧУКОВ Виктор Юрьевич**, 15.08.57; НПО ЛУЧ — 1961, нач. отдела защиты информации и ядерных материалов; МИФИ — 1984; *н.д.* Анализ и контроль дисперсных аэрозолей, защита информации и ядерных материалов.



*Чурин В.В.*



*Чуханов А.Н.*

**ЧУРИН Владимир Васильевич**, 09.05.52; ЗЭМО — 1978–1997, нач. цеха; НПО ЛУЧ — 2000, зам. директора ТЭТ; Кировский политехнический институт — 1978; *н.д.* Технология металлов.

**ЧУХАНОВ Андрей Николаевич**, 12.02.59; НПО ЛУЧ — 1980, нач. отдела; МЭИ — 1987; *н.д.* Обеспечение снабжения института энергоресурсами.



*Шаннин О.И.*



*Шаннин Ю.И.*

**ШАНИН Олег Иванович**, 21.07.52; НПО ЛУЧ — 1975, нач. лаб.; МВТУ — 1975, кти — 1980, дти — 1991, проф — 1994; *н.д.* Теплофизика энергетических установок; адаптивная оптика, информационно-вычислительные системы и технологии.

**ШАНИН Юрий Иванович**, 10.07.54; НПО ЛУЧ — 1996, внс; МВТУ — 1977, кти — 1983; *н.д.* Исследование тепловых процессов в изделиях металлооптики.

**ШЕВЧЕНКО Александр Сергеевич**, 07.08.40; НПО ЛУЧ — 1974, снс; МИФИ — 1966, ктн — 1974; *и.д.* Исследование взаимодействия материалов с газами и коррозии металло-оптических систем.

**ШИБАНОВ Александр Васильевич**, 12.09.21–22.12.84; участие в Великой Отечественной войне — 1941–1949; ОЗ — 1960–1962, рук. группы; НПО ЛУЧ — 1962–1970, нач. лаб.; Бежецкий институт транспортного машиностроения — 1954; орден Отечественной войны I степени, медали «За оборону Советского Заполярья», «За победу над Германией»; *и.д.* Разработка и освоение нового оборудования и методов сварки.



*Шевченко А.С.*



*Шибанов А.В.*

**ШИРЯЕВ Дмитрий Козьмич**, 13.02.26; НПО ЛУЧ — 1962–1970, нач. отдела; МАИ — 1948, ктн — 1956; медаль «За трудовую доблесть»; *и.д.* Организация и руководство лабораториями испытательного отдела по тематике ЯРД.

**ШКОЛЯРЕНКО Виктор Васильевич**, 24.07.48; ЗЭМО — 1972–2000; НПО ЛУЧ — 2000, директор Протвинского филиала; МАИ — 1972; ктн — 2002; *и.д.* Организация производства.



*Ширяев Д.К.*



*Школяренко В.В.*

**ШМАКОВ Вячеслав Андреевич**, 15.06.40; НПО ЛУЧ — 1963–1985, снс; ВГУ — 1963, кфмн — 1970; *и.д.* Металловедение, теплофизические расчеты изделий АЭУ.

**ШМЕЛЕВ Александр Григорьевич**, 12.09.41–24.06.84; НПО ЛУЧ — 1965–1984, снс; ЛПИ — 1965, ктн — 1978; *и.д.* Исследование ползучести тугоплавких материалов.



*Шмаков В.А.*



*Шмелев А.Г.*



*Шокина З.А.*



*Штауберг И.Ф.*

**ШОКИНА Зоя Анатольевна**, 14.06.37; НПО ЛУЧ — 1960, снс; МХТИ — 1961, кти — 1970; *и.д.* Технология уран-графитовых твзлов, аналитико-синтетическая обработка научной информации.

**ШТАУБЕРГ Иван Федорович**, 26.11.15–14.03.88; ОЗ — 1948–1961, рук. группы; НПО ЛУЧ — 1961–1988, рук. группы; ПИТ — 1948; *и.д.* Исследование составов редкоземельных элементов рентгено-спектральными методами.



*Штрапенина Р.Б.*



*Шулепов Л.Н.*

**ШТРАПЕНИНА Ранса Борисовна**, 30.07.25; ОЗ — 1949–1962, нач. группы; НПО ЛУЧ — 1962, нач. группы; МИЦМиЗ — 1949; заслуженный изобретатель Госкомитета; *и.д.* Получение тугоплавких металлов электролизом из расплавов солей, нанесение гальванических покрытий.

**ШУЛЕПОВ Леонид Николаевич**, 30.03.46–14.04.99; НПО ЛУЧ — 1970–1999, снс; МФТИ — 1970, кти — 1979; *и.д.* Расчетное исследование теплопереноса в ЯЭУ.



*Шумкин Л.А.*



*Щелгунов В.В.*

**ШУМКИН Лев Антонович**, 17.09.24–15.10.73; ОКБ «Гидропресс» — 1956–1963; НПО ЛУЧ — 1963–1973, нач. лаб.; МЭИ — 1950, кти — 1971; *и.д.* Организация системного комплексного подхода к разработке и экспериментальному обоснованию конструкций ТВЭЛ ЯЭУ.

**ЩЕЛГУНОВ Виктор Васильевич**, 29.03.36; НПО ЛУЧ — 1963, электро-эррозионист 7-го разряда; медаль «За трудовую доблесть», «Мастер золотые руки».

**ЩЕРБАТЮК Василий Михайлович**, 16.05.49; НПО ЛУЧ — 1971–1989, директор ОО; ТПИ, ктн — 1985; *и.д.* Технологические системы управления прототипами реакторов ЯРД.

**ЭЛКСНИН Виктор Владимирович**, 20.05.43; НПО ЛУЧ — 1969–1996, снс; МАИ — 1969, ктн — 1987; *и.д.* Расчетные исследования напряженно-деформированного состояния элементов конструкций.



*Щербатюк В.М.*



*Элкснин В.В.*

**ЭПШТЕЙН Александр Лазаревич**, 12.03.12–16.03.75; ОЗ — 1946–1962, зам. гл. инженера; НПО ЛУЧ — 1962–1975, нач. отдела; Киевский университет — 1938, ктн — 1957; два ордена Трудового Красного Знамени, орден «Знак Почета»; *и.д.* Организация материаловедческих и технологических работ по замедлителям и отражателям для ЯЭУ.

**ЭРНСТ Виктор Евгеньевич**, 26.10.41; НПО ЛУЧ — 1971, зам. гл. инженера; МВТУ — 1967; *и.д.* Организация работ инженерных служб.



*Эпштейн А.Л.*



*Эрнст В.Е.*

**ЮДИНА Клавдия Семеновна**, 01.04.36; ОЗ — 1959–1962, инженер; НПО ЛУЧ — 1962–2003, снс; Ташкентский университет — 1959, кхн — 1968; *и.д.* Гидрометаллургия соединений урана применительно к разработке твэл и переработке отходов. Синтез новых экстрагентов.

**ЮРАСОВА Татьяна Дмитриевна**, 11.08.41; НПО ЛУЧ — 1965–2002, зав. научно-технической библиотекой; Московский институт культуры — 1967.



*Юдина К.С.*



*Юрасова Т.Д.*



Ясин В. П.



Якубов В. Я.

**ЯЗАН Виталий Порфирьевич**, 06.03.45; НПО ЛУЧ — 1970–1995, мис; МИФИ — 1970, кти — 1985; *и.д.* Разработка технологии приготовления уран-графитовых твзлов.

**ЯКУБОВ Владимир Яковлевич**, 23.05.34–26.11.2002; НПО ЛУЧ — 1963–2002, нач. сектора; МАТИ — 1957, кти — 1981; *и.д.* Разработка комплекса стендовых и реакторных устройств для испытаний изделий ЯРД, высокотемпературных теплообменных устройств, тепловых насосов и серно-натриевых батарей.



Якутович И. Г.



Якутович М. В.

**ЯКУТОВИЧ Игорь Георгиевич**, 21.09.61; НПО ЛУЧ — 1983–1998, нач. лаб.; *и.д.* Разработка технологии полировки изделий металлооптики.

**ЯКУТОВИЧ Михаил Васильевич**, 10.08.1902–20.06.1988; Уральский ФТИ — 1932–1949, зав. лаб.; УЭХК (Свердловск-44) — 1949–1962, научный руководитель; НПО ЛУЧ — 1962–1974, директор, зам. директора по науке, 1979–1987, научный консультант; ЛПИ — 1930; две Гос. премии СССР I степени — 1951 и 1953, Ленинская премия — 1958, два ордена Ленина, два ордена Трудового Красного Знамени, орден «Знак Почета»; *и.д.* Основатель института НПО ЛУЧ, ведущий ученый в области исследований механических свойств металлов, металловедения, физики твердого тела.



Янчур В. П.



Ястребков А. А.

**ЯНЧУР Виктор Павлович**, 07.05.38; ОЗ — 1960–1962; НПО ЛУЧ — 1962–1989, снс; МИЦМиЗ — 1960, кти — 1971; *и.д.* Газофазная металлургия вольфрама и его сплавов — участие в производстве опытных изделий.

**ЯСТРЕБКОВ Анатолий Алексеевич**, 19.09.38; НПО ЛУЧ — 1962, нач. лаб.; МИФИ — 1962, кти — 1971, лауреат Гос. премии СССР; *и.д.* Конструкционные материалы на основе монокристаллов тугоплавких металлов для ЯЭУ.

## ВОСПОМИНАНИЯ

---

### М.В. ЯКУТОВИЧ. ОСНОВАТЕЛЬ ПНИТИ

Я хочу, наряду со многими, вспомнить создателя, организатора и строителя ПНИТИ — М.В. Якутовича. Его уже давно нет среди нас, но и сегодня он незримо с нами. Зажмурьте глаза и перед вами возникнет его образ, его улыбка, его трубка. Вы почувствуете аромат «Золотого руна». Посмотрите на заголовок и вы увидите, почему я решил написать о М.В. Якутовиче. Не подумайте, что другие люди не оставили во мне чувство восхищения и большой признательности. Однако М.В. Якутович — это не только основатель ПНИТИ, это человек, который определял духовный и нравственный облик всего коллектива.

До прихода на работу в ПНИТИ я не был знаком с ним. Знал только, что в учебнике проф. Я.С. Уманского есть упоминание об ученом-прочнисте М.В. Якутовиче.

Теперь несколько слов о том, как я попал в ПНИТИ. Однажды мне позвонил А.А. Киселев, которого я знал как сотрудника Р.С. Амбарцумяна в ВИАМе. С Р.С. Амбарцумяном я вел общие работы по графитовым ТВЭЛ в ИФХ АН СССР. А.А. Киселев предложил встретиться с ним для разговора. При встрече он предложил мне перейти на работу в ПНИТИ и продолжить работу, которую я вел в ИФХ АН СССР, но в других масштабах и на другом уровне. Я попросил несколько дней, чтобы обдумать

предложение. Обдумав его, я позвонил А.А. Киселеву и сказал, что прежде чем сказать «да» или «нет», мне необходимо познакомиться с директором ПНИТИ. На следующий день я встретился с М.В. Якутовичем в его кабинете.

Меня сразу поразила мощь этого человека. Мы проговорили о науке в течение двух часов. Мне же стало ясно, что с таким директором я хочу работать. С этого дня М.В. Якутович стал раскрываться передо мной как личность, как человек, как ученый, как организатор.

Все мы помним, каким доброжелательным человеком был Михаил Васильевич. Однако спустя некоторое время я понял, что его доброжелательность носит принципиальный характер. Не ко всем он был одинаков. Своими принципами он поступиться не мог. Однако, свое отношение к человеку М.В. Якутович не подчеркивал, только меньше приветливых обертонов слышалось в его голосе.

Надо признать, что мы нещадно эксплуатировали это его качество и использовали его как таран, когда сами не могли взять какую-то «крепость». Помните его парадный лиджак? Перед штурмом «крепости» он надевал его и как рыцарь устремлялся в атаку. Он почти не знал поражений.





*М.В. Якутович в 60-е годы*

До встречи с М.В. Якутовичем мне пришлось работать с разными директорами. Но только двое, в том числе и М.В. Якутович (вторым был академик В.И. Спицин) вставали и шли навстречу посетителю, когда тот входил в кабинет. М.В. Якутович никогда не занимался другими делами, если у него был посетитель.

М.В. Якутович обладал удивительным самообладанием. Не знаю, видел ли кто-нибудь его потерявшим контроль над собой, раздраженным. Внешнее спокойствие, принимаемое за медлительность, инфантильность, нерешительность, являлось следствием самообладания. Вспомните пожар в одном из корпусов на старой территории. Кто первым оказался на крыше горящего здания? Не пожарные, а М.В. Якутович. Кто начал организовывать тушение пожара? Опять М.В. Якутович.

М.В. Якутович был общительным человеком, любил детей и уважал их. Многие годы работы на закрытом объекте лишили его возможности свободного общения с «открытыми» коллегами. Тем не менее его знали и любили. Как-то мне рассказывала моя бывшая сотрудница о своей первой деловой командировке в один из московских институтов. Все ее звонки из проходной не приводили к получению пропуска. Отчаявшись, она позвонила в Дирекцию и сказала, что она от Якутовича. Реакция была мгновенной: был и пропуск, и прием на самом высоком уровне. Все ее вопросы были решены. Работа с М.В. Якутовичем позволяла почувствовать и свою значимость.

М.В. Якутович как никто умел разговаривать с людьми. Уважение к

собеседнику, вежливость, ни тени превосходства, мгновенное схватывание сути, четкая логика, уважение к мнению собеседника — вот что отличало его от многих других. При обсуждении научных проблем, когда надо было на чем-то остановиться и начать действовать, М.В. Якутович внимательно выслушивал все предложения. Однако принятие решения по одной из них не означало, что на другие накладывается запрет. Они сохраняли право на существование, но не в масштабах всего Института. При этом М.В. Якутович продолжал интересоваться ходом их развития.

Разговаривал М.В. Якутович со всеми одинаково ровно и с подчиненными и большим начальством. Он никогда не унижался и не пресмыкался перед начальством. Слушая его разговор по телефону, нельзя было понять с кем он говорит: с рядовым сотрудником ПНИТИ или с министром.

Как-то мой зимний отдых в «Ершове» совпал с пребыванием М.В. Якутовича в «Мозжинке» на заседании Комиссии по проблемам прочности. Однажды, после совместной лыжной прогулки, вечером я задержался у Михаила Васильевича. К нему зашел его старый знакомый — академик. Сразу же разговор зашел о модной тогда проблеме сверхтекучести. Он быстро перешел в дискуссию. Всем было очень интересно. Когда стало ясно, что нужны дополнительные данные, академик предложил разойтись и лечь спать. М.В. Якутович посмотрел на часы и ответил: «Пожалуй, мы с Александром Александровичем до его завтрака в «Ершове» пробежимся на лыжах, а ты, Жора, вари картошку нам на завтрак, и да-

вай договоримся, что если ты прав, мы тебе ставим две бутылки коньяка, если ты ошибаешься, то с тебя, по справедливости, одна бутылка». Через год мы снова встретились в «Мозжинке». Каждый привез с собой бутылку коньяка. Природа оказалась более коварной, чем каждый из нас предполагал.

Научная дискуссия была стихией М.В. Якутовича, его жизнью. Надо сказать, что он владел искусством дискуссии. А ведь оно, к сожалению, полностью утрачено нынешним поколением. Решится ли нынешнее руководство ПНИТИ сделать попытку возродить его? Ведь денег это не стоит, а польза огромна. Может быть, стоит подумать над моим предложением? Научная дискуссия с М.В. Якутовичем походила на парную баню: страшно, приятно и чрезвычайно полезно. После дискуссии с ним появлялось желание работать и работать. Удивляло в нем не только знание физики, но и слияние с ней. А ведь слияние с наукой рождает интуицию.

М.В. Якутович очень любил лыжные прогулки, купание в реке в любое время года, физический труд. Был физически сильным человеком. Вспомните, как в свои 70 лет на сцене актового зала он подбрасывал каждой рукой пудовую гирию? Он умел работать и, что главное, умел увлечь работой. Однако М.В. Якутович не был трудоголиком, который занят только работой. Он любил и умел отдыхать — в одиночку и в компании, в кругу друзей. Его общительность позволяла ему быть душой компании.

И, наконец, он обладал еще одним качеством, практически полностью утраченным нынешним поколением:

неприятием сплетен, интриг, политиканства. М.В. Якутович был выше всего этого, оно претило ему. Он был интеллигент, редкое качество для директора в наше непростое время.

Как личность, человек и ученый М.В. Якутович сформировался под влиянием Школы акад. А.Ф. Иоффе. Это была суровая, но в то же время чрезвычайно человечная Школа. В ней не учили. В ней становились людьми и учеными. Кто не мог выдержать искуса, тот покидал ее. В этой Школе каждый мог научить чему-то другому. М.В. Якутович был ее членом. И нам, в ПНИТИ, он принес традиции Школы акад. А.Ф. Иоффе. Однако последующие годы показали, что они не привились у нас. Однако, их прелесть нам удалось вкусить.

Одной из традиций Школы акад. А.Ф. Иоффе являлось организация Институтов. На М.В. Якутовиче эта традиция оборвалась, как, впрочем, прекратилось и существование самой Школы. На долю М.В. Якутовича выпала честь создать ПНИТИ. Это был последний Институт, организованный выходцем из Школы акад. А.Ф. Иоффе.

Строительство ПНИТИ М.В. Якутович начал нетрадиционным методом для тех лет. ПНИТИ начал работать, в том числе и как Институт, с первых дней. Половину рабочего дня М.В. Якутович отводил проблемам строительства, другую — научным и техническим идеям, которые должен будет развивать впоследствии Институт. Вокруг идей бурлили жаркие дискуссии. Через полгода идеи стали превращаться в планы работ. Активно велись теоретические проработки. Были созданы НТС, Ученый Совет, аспирантура. Широко практиковались работы с

Опытным заводом. Лаборатории начинали функционировать, как только из них уходили строители. Всем было ясно, что и как делать. Не поощрял М.В. Якутович только дилетантство.

Через два-три года после организации, ПНИТИ начал завоевывать авторитет не только в стране, но и в мире. Это было золотое время в истории ПНИТИ. Продолжалось оно семь лет, счастливых, наполненных созидательным творчеством.

В эти годы в ПНИТИ начали формироваться свои научные школы. Но, увы, в последующие годы они были разрушены, но несмотря на это и сегодня можно услышать:

— «Я работал с М.В. Якутовичем!» — «А помнишь, что говорил М.В. Якутович по этому поводу?».

В самом начале этой заметки я сказал, что при первой встрече с М.В. Якутовичем меня поразила его мощь. Теперь по прошествии многих лет я могу сказать, что в его лице было собрано все, чем должен обладать Человек. Его недостатки меркли перед достоинствами.

Мы все, бывшие сотрудники М.В. Якутовича, можем считать себя учениками его. Я, по крайней мере, считаю себя таковым, несмотря на то, что познакомился с М.В. Якутовичем в несколько переэшелом для ученичества возрасте.

Обращаюсь ко всем, кто считает себя в той или иной мере учеником М.В. Якутовича, поставить свою подпись рядом с моей.

*Бабад-Захрятин А.А.*

## О ЯКУТОВИЧЕ

Михаил Васильевич Якутович появился в Подольске, когда предприятие находилось на перепутье. Формально завод был преобразован в институт, но настоящей перестройки еще не произошло. С нетерпением, опаской и надеждой ждали появления нового директора. Слышали, что Михаил Васильевич большой ученый и хороший человек, но ... как окажется на самом деле?

И вот он приехал. Начал он с того, что посетил все крупные подразделения института. Это не было торжественное шествие начальства в сопровождении свиты. К нам в лабораторию он пришел один без провожатых. В ту пору это был красивый, могучий че-

ловек, запомнился внимательный взгляд и добрая улыбка. В лаборатории он пробыл несколько часов. Неспешно, основательно он знакомился с тематикой, с историей лаборатории, с людьми. Чувствовалась искренняя заинтересованность и не ощущалось превосходства. Был он человеком, с которым можно было говорить на любые темы: научные, философские, личные. Знания его были обширны и фундаментальны. Хорошая память и готовность поделиться своим опытом и знаниями делали общение с ним очень продуктивным. Возникали и подробно обсуждались новые идеи.

Вместе с тем, Михаил Васильевич никогда не навязывал своих взглядов, был очень деликатен.

Административная деятельность не относилась к числу его сильных сторон. Не мог строго спросить, его деликатностью зачастую злоупотребляли, и тем не менее без длительных совещаний и командирских окриков за несколько лет его директорствования была создана мощная материаловедческая база и в больших объемах велось промышленное и жилищное строительство. Был он для всех доступен и не делал различия между людьми, занимавшими высокие административные должности, и уборщицей. Его знали и уважали во многих институтах и организациях. Достаточно было сказать, что от Михаила Васильевича Якутовича и теплый прием, и помощь были Вам обеспечены. Кстати многие этим пользовались. Ему было совершенно чуждо честолюбие. Пожалуй, эту черту характера не всегда можно отнести к положительным. При честолюбивом директоре, умеющем рекламировать достижения, оценка деятельности нашего института и, соответственно блага, были бы намного выше. В очень короткий срок были созданы технологии многих дисперсионных тепловыделяющих элементов и осуществлен их промышленный выпуск. Однако, эти работы получили в Министерстве весьма скромную оценку.

Мне посчастливилось жить с Михаилом Васильевичем в одном подъезде и наблюдать его в различных житейских ситуациях. Был он человеком жизнерадостным, любил и чувствовал природу, ценил женскую красоту и женщины не обходили его вниманием. Кряжистый, седоволосый, с открытым взглядом, с неизменною трубкой

в зубах он производил впечатление человека основательного, надежного и доброго. Так оно и было.

Он частенько заезжал к нам и мог долго и содержательно беседовать с любым из членов семьи, в том числе и с детьми. Каждый человек был ему интересен. Собеседником он был замечательным. Рассказывал о детстве, о том как работал учителем. Дорогу в жизни пробивал себе сам. Запомнились его рассказы о том, сколько изобретательности и хитрости, это при его-то характере, он проявил в проклятом 37 году, спасая своих сотрудников от арестов, а иногда и от смерти.

Частенько, он появлялся с «лихими» идеями вроде намерения искупаться в проруби или прокатиться на коньках.

Однажды во двор нашего 46 квартирного дома привезли песок на бортовой машине для детской песочницы. Тщетно домоуправ призывал жильцов разгрузить машину. Услышав об этом, Михаил Васильевич вышел, взял лопату и принялся сбрасывать песок. Тут же, конечно, нашлись помощники.

Физически он был очень крепок. Помню, как-то летом пришел к нам в сад и пригласил меня с дочкой покататься на лодке. Был хороший погожий день, и на Пахре было много лодок. Михаил Васильевич организовал нечто вроде гонок и быстренько обогнал всех молодых гребцов. Потом мы поплыли по Десне и довольно прочно сели на мель. Михаил Васильевич перемахнул через борт лодки и перетащил лодку вместе с нами на глубокое место. А было ему в то время далеко за 60.



*М.В. Якутович на лыжной прогулке с сотрудниками института (1970 г.)*

В последние годы жизни Михаил Васильевич работал научным советником. Обладая огромным научным потенциалом, был щедр на советы и с удовольствием вникал в проблемы тех, кто его спрашивал.

Заседания ученого совета, защиты дипломных работ и другие подобные мероприятия Михаил Васильевич посещал с удовольствием. Был он уже в преклонном возрасте и частенько погружался в дремоту. Со стороны казалось, что он безучастен и к происходившему обсуждению, но вдруг он поднимал голову и задавал вопрос,

свидетельствовавший о том, что он вник в самую суть проблемы. Это всегда поражало всех присутствующих. Острый ум не изменял ему до последних дней жизни.

За свою долгую жизнь Михаил Васильевич не нажил, как говорится, палат каменных. Имел маленький домишко и участок в садовом товариществе и ничего больше. К великому сожалению, Михаил Васильевич не обобщил своих научных трудов, но он оставил глубокий след в памяти тех, кто общался с ним, как человек самых высоких человеческих позиций.

*Л.Э. Бертина*

## ПАМЯТИ И.Г. ГВЕРДЦИТЕЛИ

В 1969 году директором ПНИТИ был назначен крупный ученый и прекрасный организатор науки Ираклий Григорьевич Гвердцители. С 1946 г. по 1969 г. он проработал в Сухумском физико-техническом институте (СФТИ) в должностях начальника лаборатории, заместителя директора по научной работе, а с 1961 г. — директором института. Длительное время в СФТИ он работал с видными немецкими учеными-физиками, занимавшимися в фашистской Германии созданием ядерного оружия. Их вывели в СССР после окончания Великой Отечественной войны и направили на работу во вновь созданный

физико-технический институт в г. Сухуми. Вместе с известным немецким ученым Густавом Герцом И.Г. Гвердцители руководил работами по обогащению урана. Какое-то время И.Г. Гвердцители поработал в Москве и, вернувшись в Сухуми, начал заниматься получением легких стабильных изотопов. Результаты работ, выполненных под его руководством и при его непосредственном участии, стали основой создания в г. Тбилиси первого в мире завода (а позже и института) стабильных изотопов. Руководителем и организатором этих предприятий был И.Г. Гвердцители. Значительную роль в выпол-



*Проводы И.Г. Гвердцители в Грузию на новое место работы (1976 г.).*

нении этих работ сыграл профессор Ю.В. Николаев, ныне заместитель директора ФГУП «НИИ НПО «Луч».

Неоценимый вклад И.Г. Гвердцители внес в создание первого в мире термоэлектрического реактора-преобразователя ядерной энергии в электрическую — установки «Ромашка». Он был руководителем работ по созданию основного элемента установки — термоэлектрического преобразователя.

И.Г. Гвердцители и руководимый им коллектив СФТИ успешно исследовал физические характеристики термоэмиссионных преобразователей. Работы, выполненные созданной им научной школой, широко известны и пользуются признанием среди специалистов.

Итак, в 1969 году ПНИТИ возглавил не только опытный руководитель, а ученый с мировым именем. Однако возник вопрос — достаточен ли этот факт для того, чтобы нового руководителя безоговорочно принял коллектив института, созданного по академическому принципу? К тому же новый директор приезжает не только со своей темой «Термоэмиссионные преобразователи тепловой энергии в электрическую», но и командой из Сухуми. Возникал и другой вопрос: не приведет ли форсирование решения термоэмиссионных проблем к снижению темпов выполнения работ по традиционной для ПНИТИ тематике? Возникали эти вопросы в связи с тем, что перед новым руководством института была поставлена конкретная задача — создание в строго определенные сроки термоэмиссионной ядерной энергетической установки,

предназначенной для питания бортовых систем космических объектов.

Все понимали, что произойдут кадровые перестановки, реорганизация отделов и лабораторий, создание новых цехов под новое направление. Все так и осуществилось. Ираклий Григорьевич тщательно готовил каждый шаг в этом направлении, учитывая, в первую очередь, интересы дела. Поэтому после проведения преобразований сильно обиженных недругов у него появилось немного.

В кратчайшие сроки были организованы и укомплектованы специалистами научные, конструкторские и производственные подразделения, призванные резко увеличить объемы работ по разработке и выпуску термоэмиссионных электрогенерирующих каналов (ЭГК) ядерной энергетической установки «Енисей».

За сравнительно короткие сроки был разработан и освоен выпуск ЭГК на Опытном заводе ПНИТИ, созданы специальные стенды, обеспечивающие проведение их вне реакторных и реакторных испытаний. Полученные положительные результаты ЭГК определили целесообразность изготовления и испытания наземных ядерных прототипов ЯЭУ. Руководителем и организатором этих работ был И.Г. Гвердцители. Его ближайшими соратниками были Ю.В. Николаев и Б.Ш. Кишмахов.

В целом, создание термоэмиссионной ЯЭУ «Енисей» является сложной, комплексной проблемой, которая потребовала объединения усилий многих предприятий Советского Союза. Ираклий Григорьевич внес крупный вклад в объединение усилий коллективов этих предприятий. Его везде уважали и прислушивались к его мне-



нию в процессе решения сложных научно-технических задач.

Работа по созданию термоэмиссионной ЯЭУ шла успешно. Советский Союз прочно занял передовые рубежи в этой области науки и техники, на несколько лет обогнав США и другие страны. А Ираклий Григорьевич решил параллельно заняться решением не менее сложной проблемы — созданием систем зеркал для сверхмощных лазерных установок. Были организованы соответствующие научно-технические подразделения, оснащенные современным оборудованием, и полным ходом развернулась работа. Полученные первые положительные результаты подтверждали возможность создания требуемых изделий.

Однако, по предложению (можно сказать по требованию) руководства Грузинской ССР, Ираклий Григорьевич в 1976 г. переехал в Тбилиси, где был назначен председателем комитета по науке и технике при Совете Министров Грузии и избран первым вице-президентом АН Грузии.

Семь лет, отданные И.Г.Гвердцители ПНИТИ, стали крупной вехой в жизни института, в истории тех областей науки и техники, для развития которых он не жалел своих сил, энергии и времени. Но много ли найдется примеров, когда за столь короткий срок были созданы уникальные образцы новой техники? Много ли ученых, поставленных на административную работу, остались крупнейшими специалистами в своей области? Какие качества ученого, администратора и какие черты характера поз-

волили И.Г. Гвердцители добиться крупных успехов в научной и организаторской деятельности, оставаясь при этом любимым и уважаемым человеком для тех, кому посчастливилось с ним работать?

На этот вопрос исчерпывающий ответ дают воспоминания его коллег и учеников:

«Он был личностью яркой, незаурядной, — вспоминает В.Л. Гординский. — В нем удивительно уживались авторитарный стиль руководства, личная доступность и демократичность. Это один из немногих руководителей, которые всегда держат слово. Данное им обещание, у человека, знавшего Ираклия Григорьевича, никогда не вызывало и тени сомнения. Он никогда не делил специалистов по национальному признаку. Ценил, прежде всего, деловые качества и порядочность. Он не любил безапелляционных, бездоказательных возражений, но больше всего ненавидел бездельников, заменял их не раздумывая».

«Крупный ученый, неординарный своеобразный человек, — вспоминает Ю.В. Николаев. — Редчайшая личность со своими принципами, взглядами на жизнь, своими требованиями к этой жизни, к окружающим и самому себе. Никогда не искал причин собственных неудач вне себя, ненавидел тех, кто занимается в науке выбиванием льгот для собственной персоны. Меня поражали его необычайная скромность и огромная работоспособность. Он практически не знал выходных. А как не сказать о его гостеприимстве, заботе о людях».

*Д.Л. Цецхладзе*

## О В.Ф. ГОРДЕЕВЕ

Я был назначен начальником ведущей конструкторской лаборатории по металлооптике в апреле 1977 года и с трудом входил в новую для себя работу — новые обязанности, задачи, новый коллектив сотрудников, смежники.

Не последнюю роль в этом процессе играло неофициальное общение с некоторыми руководителями смежных подразделений после работы.

И вот однажды один из самых осведомленных из них сказал, что всех нас ждут вскоре большие перемены.

И, действительно, через некоторое время в качестве директора в институте появился Владимир Филиппович Гордеев. Было известно, что до этого Владимир Филиппович работал в аппарате ЦК КПСС, где занимал высокую должность и был знаком со многими «сильными мира сего»; отмечалось, что назначение его в Подольск стало своеобразной ссылкой и отлучением от больших дел. Новый директор поначалу ничего не трогал в заведенной в институте системе: к 9<sup>00</sup> был на рабочем месте, около часа дня вместе с заместителями направлялся на обед в заводскую столовую, обсуждая текущие дела и проблемы, засиживался на рабочем месте до 19–20 часов вечера. Некоторая сложность для нового директора, на мой взгляд, заключалась еще и в том, что он пришел на новое место работы один. В свое время М.В. Якутович привел в институт большую группу талантливой молодежи (М.А. Ханнин, С.П. Чижик, И.И. Федик, А.Г. Ланин, Р.А. Андриевский, Г.Н. Чернышов и др.). И.Г. Гвердцители приехал тоже со своим сопро-

вождением. А Владимир Филиппович появился в институте один.

После освоения им нового рабочего пространства, были введены некоторые коррективы — время приема директором для подписи документов и утверждения отчетов было ограничено с 9<sup>30</sup> утра (время окончания институтско-заводской радиотелефонной оперативки) до 12 часов дня; а после обеда — в течение 1–2 часов. Почти ежедневно новый директор посещал отделы и лаборатории, знакомился с работниками, оборудованием, поставленными задачами.

Он был вежлив, корректен, никогда не повышал голоса, не стеснялся задавать вопросы, но адресовывал их всегда ближайшему к нему начальнику, хотя и отвечал на эти вопросы кто-то другой. Так, когда новый директор пришел в нашу лабораторию в первый раз, он минут 20–30 провел в кабинете начальника, слушая его разъяснения и задавая вопросы по существу изложения сопровождавшему его первому заместителю И.И. Федику. Затем директор в сопровождении первого зама и начальника лаборатории прошел в конструкторский зал, где он внимательно осмотрел чертежи на каждом из кульманов и выслушал объяснения конструкторов по их работе. Интересно отметить, что когда такой визит повторился через несколько месяцев, уже без И.И. Федики, директор напомнил одному из конструкторов, что в прошлый визит он видел на кульмане у него интересный вариант конструкции и задал вопрос, что с этим вариантом сейчас. И это после нескольких месяцев

напряженной директорской работы, знакомства с сотнями людей и десятками научных и производственных подразделений.

В те времена становления направления металлооптики в Институте и на Опытном заводе заказчик не очень верил в возможности ПНИТИ и через соответствующие инстанции добился решения о предоставлении ему и Министерству ежемесячного аннотационного отчета ПНИТИ о проделанной работе и ее результатах. Директор внимательно просматривал материалы аннотационных отчетов, делал замечания, иногда вычеркивал целые абзацы, считая, что этот материал может пойти только в следующем месяце.

Ознакомившись с людьми и подразделениями, Владимир Филиппович провел существенные структурные изменения. Была образована секция № 7 Ученого Совета института — секция металлооптики; председателем секции стал сам В.Ф. Гордеев, а секретарем — Б.С. Гаврюшенко.

Таким образом, Владимир Филиппович и Б.С. Гаврюшенко возглавили направление металлооптики в институтском, а после образования НТС при Госкомитете СССР по науке и технике по специальности «Металлооптика» и во всесоюзном масштабе.

Далее был образован отдел 190 (начальник отдела Б.С. Гаврюшенко) с функциями ведущего отдела по металлооптике — расчет и разработка конструкций и испытание изделий под рабочей нагрузкой в модельном и натурном вариантах, созданы новые лаборатории, привлечены новые молодые ученые, возглавившие эти подразделения — А.П. Халбо-

шин, В.В. Уколов, М.Ф. Малхозов, Г.А. Новиков, О.И. Шанин и др.

Таким образом, для В.Ф. Гордеева завершился недолгий, но достаточно сложный период вхождения в коллектив, способ жизни которого, надо заметить, весьма и весьма отличался от того, что было знакомо новому директору по его прежней работе, где он чувствовал себя, как рыба в воде. Однако очевидный дефицит институтского опыта в какой-то мере компенсировался жизненным багажом далеких и недавних прошлых лет.

Люди по-разному судят о том, кто у всех на виду, и это, как правило, вовсе не означает, будто этот человек конформист или, подобно флюгеру, только следит за тем, как поймать малейший поворот ветра. Тот, кого мы судим и даем ему наши оценки, чаще всего не хамелеон, просто мы сами все разные и так же, как и он, представляем собой произведение нашего прошлого, настоящего и даже будущего, которое мы зовем своими мечтами и планами. Здесь уместно вернуться в далекое прошлое того человека, о котором идет речь.

Владимир Филиппович Гордеев родился в Перми, где прошли его детство и юность. Там же, в родном городе, он окончил физико-математический факультет университета, чем и определил свою дальнейшую научно-производственную и управленческую судьбу. В студенческие годы юноша увлекался спортом, в котором добился заметных успехов: чемпион области в беге на 100 метров, игрок сборной Перми по футболу.

Наступил 1941 год, и судьба зачислила В.Ф. Гордеева в ряды военного поколения: едва защитив диплом, он ушел на фронт. В тяжелые месяцы

начала войны фронтом для него стало ночное небо Москвы, которое он оборонял в составе зенитных батарей. Четыре года жизни отдано Великой Отечественной войне — от самого начала до парада Победы, участником которого он был.

Дальнейшая служебная хронология В.Ф. Гордеева выглядит так: в послевоенный период, почти с момента зарождения атомного проекта в СССР, вплоть до 1958 года он работал в системе I Главного управления Совмина СССР последовательно инженером, старшим инженером, главным технологом комбината, главным инженером — заместителем начальника одного из главных управлений Минсредмаша, откуда он перешел в аппарат ЦК КПСС. В течении двадцати лет — срок достаточный для того, чтобы образоваться до уровня руководителя высокого государственного ранга, — В.Ф. Гордеев работал заведующим подотделом, заведующим сектором оборонной промышленности. Наконец, в возрасте 60 лет его направили в Подольск директором ПНИТИ.

В.Ф. Гордеев прекрасно знал всю систему Минсредмаша. И не мудрено, это ведомство, задуманное и реализованное как одно из самых крупных научных и военно-промышленных образований страны, развивалось и набирало силу у него на глазах и при его непосредственном участии. Он отлично знал его изнутри и установил широчайшие связи. Обладая от природы аналитическим умом, развив эту черту математическим образованием, новый руководитель ПНИТИ никогда и ничего не делал сгоряча, его мысль неустанно трудилась. Он при-

внес в институт свой неоценимый опыт и кругозор, подключил к интересам и техническим нуждам ПНИТИ свои мощные связи по линии ЦК КПСС, Совмина СССР и других министерств и ведомств, с которыми все предыдущие годы находился в плодотворном контакте.

Понятно, что заведующий сектором Отдела оборонной промышленности ЦК КПСС прямым образом влиял на формирование отрасли, на подбор кадров руководящего звена, и не малая роль и заслуга В.Ф. Гордеева в том, что Минсредмаш сосредоточил специалистов высочайшего класса.

К одному из достоинств его характера, часто проявлявшемуся во взаимоотношениях с людьми, которое, однако, угадывалось и понималось далеко не всеми, заключалось в его способе начать разговор в атакующем плане, в «прессинговании» по всему спектру затронутых проблем. Тем не менее, если собеседник выдерживал первый натиск, владел темой и собой, не поддавался малодушному порыву поддакивать и во всем смотреть в рот начальнику, тогда разговор незаметно и быстро приобретал спокойные корректные формы. Что особенно привлекало во Владимире Филипповиче, так это то, что он умел без позерства, не стесняясь, принять точку зрения собеседника, когда находил ее справедливой, но и горе было тому, кто демонстрировал свою несамостоятельность и вынуждал его перейти на тот известный производственно-административный язык, когда могли пойти в ход весьма жесткие и редко (или нередко) употребляемые нестандартные обороты.



*Владимир Филиппович со своим сыном  
первоклассником Юрой (1956 г.)*

Когда обозначился приоритет ПНИТИ в разработке изделий металлооптики для мощных лазерных установок и комплексов, В.Ф. Гордеев подготовил диссертацию на соискание ученой степени. Естественно, что будучи директором института и руководителем направления, обобщая результаты работы института по упомянутой тематике, В.Ф. Гордеев использовал результаты полученные во всех отделах и лабораториях. В знак уважения и признательности ему, безусловно, никто не отказывал, если прямо или косвенно он обращался к руководителям подразделений о возможности использования по-

лученных результатов в диссертационной работе.

Как отмечено выше, в В.Ф. Гордееве было сильно развито чувство здравого смысла, отличная инженерная цепкость и железная логика. Он никогда не стеснялся спрашивать о том, что было для него непонятно.

В ПНИТИ говорили так: «Якутовича любили, Гвердцители уважали, Гордеева боялись пуще огня».

Б.Ш. Кишмахов вспоминает, что «боялись не столько Гордеева, сколько его бывшей цеховской должности. Время было такое. Я считал и считаю его добрым человеком. С чем бы к нему не приходили, о чем бы ни просили, в разумных пределах, конечно, отказа никогда не было, он был готов помочь всем и каждому в интересах дела».

Я считаю, что всем нам, кто работал с В.Ф. Гордеевым, очень повезло. Мы работали с добрым, интеллигентным, выдержанным и справедливым руководителем. Он был к тому времени доктором технических наук, лауреатом Ленинской и двух Государственных премий СССР, председателем секции металлооптики при Госкомитете СССР по науке и технике, участником многих научно-технических международных совещаний и конференций во Франции, Англии, США, Швейцарии. За каждым его рискованным шагом стоял точно выверенный расчет. Он научился этому в молодые годы студенчества и оборон Москвы.

Мне кажется, нелишне упомянуть здесь и о других чертах облика В.Ф. Гордеева, характеризующих круг его интересов. Должен сразу оговориться: все это я слышал от других людей,

которым у меня, тем не менее, нет оснований не доверять. Одни общались с ним в домашней обстановке, другие в свободной беседе, прогуливаясь по третьему этажу Минсредмаша, а иные и у него в кабинете в ЦК КПСС после окончания деловой части встречи. Дело в том, что Владимир Филиппович в такие минуты с готовностью откликался и вступал в беседы совершенно другого сорта, из области, казалось бы, далекой от его повседневных интересов: о литературе, театральных новинках, о музыке и истории, и было видно, что его суждения гораздо глубже сиюминутной моды, но имеют под собой добротное самообразование умного человека.

Вот еще один интересный штрих к портрету В.Ф. Гордеева. Когда он был директором ПНИТИ и вывел институт на более высокую научно-техническую орбиту, ему исполнилось 70 лет — круглая юбилейная

дата, которую принято отмечать достаточно громко. Ничего подобного В.Ф. Гордеев себе не позволил. Через секретаря были предупреждены начальники отделов, что они вместе со своими начальниками лабораторий могут зайти поздравить его в день рождения, но без больших речей и каких-либо подарков и подношений. Так оно и было.

В.Ф. Гордеев на своем рабочем месте держался очень просто. Он мог принимать посетителей и начальников подразделений не в белой сорочке с галстуком, а в шотландской ковбойке и шерстяной кофте с кожаными латками на локтях.

Для тех, кто работал в Подольске с Владимиром Филипповичем Гордеевым, он всегда останется в памяти как требовательный и жесткий директор, добрый и приветливый человек, внимательный и чуткий сотрудник, учитель и старший товарищ.

*В.В. Глаголев*

## ПАМЯТИ А.Л. ЭПШТЕЙНА И Б.Г. ИГНАТЬЕВА

Период становления завода, а затем института изобилует большим числом ярких личностей и даже на этом фоне были фигуры особо выдающиеся. О двух таких людях я хочу рассказать.

Александр Лазаревич Эпштейн. Природа щедро одарила этого человека: был он красив, умен и физически крепок. Получил хорошее образование — закончил в 1934 г. химический факультет Киевского университета. До прихода на завод, тогда именовавшийся Опытной установкой Гиредмета, он уже имел производственный

опыт, работал до войны на заводе в Москворечье, а в войну — в Средней Азии. На заводе он сразу попал в обойму руководящих работников, осуществлявших пуск завода и определявших дальнейшее его развитие и судьбу.

На заре развития атомной промышленности предполагалось использовать в качестве ядерного горючего торий. Опытной установке было поручено разработать технологию получения этого элемента. В создании производства тория Александру Лазаревичу принадлежит ключевая роль.

В короткий срок был организован выпуск порошка тория, изделий из него и солей тория. Позже Александр Лазаревич защитил диссертацию по этой тематике. Однако так называемый «ториевый проект» не был осуществлен. В настоящее время вновь проявляется интерес к торью. Не исключено, что в будущем к этой проблеме мировая наука еще вернется. Существенная роль принадлежит Эпштейну и в создании производства оксидов и солей редкоземельных элементов. Так уж случилось, что в решении всех серьезных задач, которые возникали на заводе, а затем в институте в течение многих лет Эпштейн принимал активное участие. Это и организация производства бериллия, циркония, огромный комплекс материаловедческих работ, связанных с термоэмиссионным аппаратом «Енисей».

Ясный ум, исключительная трудоспособность, умение работать с людьми позволяли решать самые трудные задачи. Александр Лазаревич счастливо сочетал в себе талантливого исследователя с отличным организатором производства.

В превращении завода в институт есть и заслуга А.Л. Эпштейна. Он был первым начальником химико-технологической лаборатории. Был инициатором создания других лабораторий, организовал и возглавил научно-исследовательский отдел, которому был присвоен статус научно-исследовательского института 2-й Всесоюзной категории и с которым он вошел в Институт, ставший одним из ведущих в атомной промышленности. Был Александр Лазаревич предан делу, которому служил. Я помню, как он, уже будучи смертельно больным, отпра-

вился в командировку в Ленинград и с огромным трудом вернулся в Подольск. Это была его последняя командировка. До своей болезни Александр Лазаревич был человеком жизнерадостным, не равнодушным ко всем проявлениям жизни. Много и с толком читал, любил путешествия. Вместе с супругой побывал во многих республиках СССР и даже на Камчатке. Любил все красивое, прекрасно одевался, обожал танцы, был по-настоящему интеллигентен.

К людям был добр и внимателен. Никогда не позволял себе грубого обращения, хотя бывали очень напряженные моменты. Обычно в тяжелых ситуациях он говорил: «определим размер бедствия». Умел убедить в правильности своих выводов исполнителей, что обеспечивало успех дела.

Тяжелая неизлечимая болезнь настигла его в расцвете творческих сил. Уходил из жизни Александр Лазаревич тяжело физически, но морально он не был сломлен до последних дней.

Заводу и институту он посвятил 29 лет жизни, жизни яркой и деятельной.

Игнатьев Борис Григорьевич появился в Подольске в 1955 г., когда завод уже вполне сформировался и работал на полную мощность. Казалось в таких условиях было трудно проявить себя, однако Борис Григорьевич с первых дней проявил себя достаточно ярко. Острый ум, интуиция, огромный производственный опыт делали его человеком незаурядным. Это был «технар» высокой пробы. Появлению его в Подольске предшествовала работа на предприятиях цветной металлургии (в Норильске и Мончегорске), а затем на заводе Сремаша в Новосибирске.

Я встретила с ним впервые в Мончегорске. Он только что вернулся из Америки и был полон планов и впечатлений. Мы, молодые инженеры, слушали его, открыв рот. Энергия, эрудиция, жажда деятельности покорили нас. Был он тогда начальником технического отдела огромного комбината «Североникель». Подольский завод был по объему производства неизмеримо меньше, чем те предприятия, где он работал раньше, но отличался большим разнообразием выпускаемой продукции и экспериментальным характером работ. Борис Григорьевич был, на мой взгляд, идеальным главным инженером. Он обес-

печивал четкую работу всех заводских служб. Постоянно владел ситуацией, складывающейся в каждом подразделении. Принимал взвешенные технически грамотные решения и добивался неукоснительного их выполнения.

Особенно полно раскрылся его талант ученого, когда он создал знаменитый отдел 40. Он объединил несколько лабораторий, каждая из которых была по-своему уникальна. В этом отделе делали ядерное топливо, лист и ленту, полусферы из бериллия, циркониевые трубы, тепловыделяющие элементы вначале для стендов, а затем и действующих ядерных реакторов, трубы и ленты из туго-



*А.Л. Эпштейн(слева) и Б.Г. Игнатъев в начале 60-х годов*



плавких материалов для термоэмиссионных ядерных энергетических установок, в отделе успешно решались вопросы электронизолаций, контроль и другие проблемы.

Поскольку в цехах завода не было специального оборудования (прокатных станов и др.), лаборатория обработки металлов под давлением отдела 40 выполняла заводскую программу по изготовлению листа, лент, труб. Отдел и лично Борис Григорьевич Игнатъев обеспечили создание термоэлектрических преобразователей «Ромашка», «Орион», «Бук», побывавших в космосе.

Одной из главных черт Бориса Григорьевича была изобретательская «жилка». Он был автором многих изобретений. Причем все его изобретения делались не ради получения авторского свидетельства, а, как правило, шли в дело. Он был первым в институте, кому было присвоено звание Заслуженного изобретателя РСФСР.

Характер у Бориса Григорьевича был далеко не ангельский. Деятельный по натуре, он ненавидел болту-

нов и бездельников, бывал резок и категоричен, свое мнение высказывал открыто, зачастую оно было неллицеприятно, в том числе и для начальства, но при этом Борис Григорьевич был глубоко порядочным, искренним человеком. Ему было присуще чувство юмора, которое не оставляло его в любых ситуациях. Умный, деятельный, открытый, с неизменно иронической улыбкой Борис Григорьевич пользовался огромным авторитетом и на заводе, и в институте. Будучи заядлым курильщиком, Борис Григорьевич, к сожалению, существенно сократил свой жизненный путь.

Александр Лазаревич Эпштейн и Борис Григорьевич Игнатъев не только организовали и обеспечили функционирование самых многочисленных и деятельных отделов, долгие годы определявших лицо института, но и создали условия для воспитания высококвалифицированных научных и руководящих работников. Выходцы из этого отдела возглавили лаборатории и отделы, партийную организацию института.

*Л.Э. Бертина*

## **ПОДЛАДЧИКОВ ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ (1936—1992)**

Яркий след в истории НПО «Луч» оставил доктор технических наук, профессор Ю.Н. Подладчиков. Рабочий день у него начинался с небольшой оперативки, многочисленных контактов с сотрудниками и непременными клубами табачного дыма в кабинете.

Юрий Николаевич окончил Ростовский университет, аспирантуру Института механики АН СССР, пос-

ле чего поступил на работу в ЦНИИ-МАШ (НИИ-88, Подлипки), где защитил диссертацию кандидата физико-математических наук.

Придя в 1968 г. в наш институт, он возглавил расчетно-теоретические работы по проблеме ЯРД, отдавая этому направлению свой опыт прирожденного математика и механика, опыт, приобретенный в ЦНИИМАШе. Юрий Николаевич сразу завоевал



*Ю. Н. Подладчиков за работой (1989 г.)*

высокое уважение и нашел взаимопонимание со всеми ведущими специалистами НПО. Через некоторое время он возглавил ведущий по теме ЯРД отдел 30 и в дальнейшем все направление разработки ЯРД.

Коммуникабельность, высокие человеческие качества и доброжелательность в отношении с сотрудниками позволили ему создать интенсивную творческую атмосферу в большом коллективе теоретиков, технологов и экспериментаторов, участвующих в разработке изделий направления «А».

Математическая строгость и физическое понимание явлений позволили ему поставить и решить немало сложных задач газодинамики и теплофизики рабочего процесса в ТВС

ЯРД. Результатом этих работ была защита в 1978 г. докторской диссертации.

Много сил отдал Юрий Николаевич своему любимому детищу — Объединенной экспедиции НПО в Семипалатинске-21. В коллективе ОЭ он пользовался громадным и непрекаемым авторитетом и уважением. До сегодняшнего дня в Объединенной Экспедиции с теплотой вспоминают время взаимодействия с Юрием Николаевичем, его творческое участие в становлении и развитии стендового комплекса «Байкал».

Особо следует отметить его организаторскую хватку. Он возглавил всю оперативную работу в институте и в ОЭ по изготовлению и испытаниям активных зон реакторов ЯРД и ГДЛ, а в по-

следующем, в начале 90-х годов, уже будучи первым заместителем директора НПО, активно включился и в другие разработки института.

Постоянной заботой Юрия Николаевича было воспитание научных кадров. Сегодня трудно даже назвать количество кандидатов и докторов наук, защитивших диссертации под его руководством или при его участии. Среди них — практически все сотрудники Объединенной Экспедиции, сотрудники министерства, большое количество научных работников и инженеров института. Работа с соискателями доставляла ему громадное удовольствие. Но главным требованием Юрия Николаевича к соискателям было требование, как он говорил, стерильности, чистоты представляемой к защите работы. И здесь он был непреклонен, все работы чистились до последнего слова. И когда он стал профессором, единодушное мнение было, что Юрий Николаевич — один

из самых заслуженных профессоров института.

Прекрасный семьянин, Юрий Николаевич без памяти любил и гордился своими детьми и внуками. Он мог во время вечерних и ночных бдений в институте позвонить домой и узнать, как там его малые дети, что ели, как спят.

Будучи очень человеческой, увлекающейся личностью, Юрий Николаевич не чурался ни компаний, ни встреч. Любил вечера в институте, мог долго говорить о своем любимом хобби — автомобиле в гаражной компании. Очень гордился, что он водитель с 30-летним стажем. Трагичная оплошность преждевременно оборвала его жизнь. Он многое еще мог сделать в своей жизни, сделать для института. Такая потеря невосполнима. И недаром его близкие соратники ежегодно приходят на могилу Юрия Николаевича, вспоминают прожитые совместно года, сделанные работы, и что еще могло быть им сделано.

*И.И. Федик*

## ПАМЯТИ Н.И. ПОЛТОРАЦКОГО

Начать воспоминания о Н.И. Полторацком мне бы хотелось словами В.Г. Белинского — «Хорошо быть ученым, поэтом, воином, законодателем и прочее, но худо не быть при этом человеком».

Прошло много лет, но в памяти сохранился облик большого, сильного, удивительно доброжелательного, контактного, красивого человека. Был он вспыльчивым, но не злопамятным, чрезвычайно раним при любой несправедливости. Он очень любил жизнь во всех ее проявлениях, не мог

равнодушно пройти мимо, когда кто-либо нуждался в помощи. Принципиальность, обязательность, неукоснительное выполнение данного обязательства были присущи Николаю Ивановичу. Его кипучей энергии хватало и на работу, и на общественную жизнь.

Н.И. Полторацкий после успешного окончания Артемовского керамического техникума был направлен для продолжения учебы в ВУЗе. Окончив с отличием Харьковский политехнический институт по специальности ин-

женер-химик силикатчик, работал в нашем институте с марта 1953 г. по сентябрь 1977 г. и прошел путь от инженера производственного участка до начальника научно-исследовательского отдела.

На всех занимаемых должностях проявил себя высококвалифицированным специалистом, способным исследователем, инициативным, энергичным руководителем, хорошим организатором. Николай Иванович руководил и принимал активное участие в проведении сложных и ответственных научных разработок по высокотемпературным топливным материалам активных зон ядерных установок специального назначения. Как правило, разработки заканчивались внедрением в производство новых технологических процессов по изготовлению опытных изделий. Внес значительный вклад в изготовление первого ТЭП «Ромашка», и по итогам разработки был награжден орденом Красного Знамени.

Впервые я познакомился с Н.И. Полторацким в апреле 1964 г., когда молодым специалистом был направлен Министерством на работу в институт. В ходе собеседования Николай Иванович доброжелательно и заинтересованно выслушивал мой «лепет» в области технологии высокотемпературных соединений урана, о которых в общем-то в то время было мало что известно. По итогам собеседования я был принят в технологическую лабораторию высокотемпературных соединений.

В начале 60-х годов разработка высокотемпературных соединений урана (карбиды, нитриды, сульфиды и

их твердые растворы) как в нашей стране, так и за рубежом были в начальной стадии. Тем не менее, лаборатория, руководимая Н.И. Полторацким, занимала достаточно прочные позиции в этой области. Неистощимая энергия и организаторские способности позволили Н.И. Полторацкому оснастить лабораторию нестандартным высокоэффективным оборудованием, что, в конечном итоге, и позволило решить ряд сложных задач, поставленных перед коллективом.

На протяжении всей своей работы Николай Иванович упорно работал над повышением своих технических знаний, что позволило ему в 1966 г. успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Много сил и энергии Н.И. Полторацкий уделял подбору научных кадров лаборатории и их профессиональному росту. Обстановка доброжелательности и взаимопомощи, царившая в коллективе способствовала тому, что около 10 сотрудников защитило диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Наряду с большой загруженностью по работе Николай Иванович принимал активное участие в общественной жизни института. Он неоднократно избирался в руководящие органы общественных организаций,

Трагическая случайность на пятидесятом году оборвала жизнь этого замечательного человека, так много сделавшего для становления технологии высокотемпературных топливных материалов как в нашем институте, так и в стране.

*В.А. Зайцев*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

<b>К читателю</b> .....	4
<b>Предисловие</b> .....	8
<b>ЭТАПЫ ОРГАНИЗАЦИИ, СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА</b> .....	9
<b>ГЛАВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b> .....	25
Ядерный ракетный двигатель (ЯРД) .....	25
Термозмиссионные преобразователи для космических ядерных энергетических установок .....	53
Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы .....	78
Металлооптика .....	94
Протвинский филиал «НИИ НПО «Луч» .....	108
Системы физической защиты, учета и контроля ядерных материалов ...	118
Методы и средства измерения и контроля .....	123
Патентные исследования и научно-техническая информация .....	137
<b>РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	146
<b>МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	160
Бериллий .....	160
Гидридные материалы .....	167
Поликристаллическая и монокристаллическая оксидная керамика ...	176
Бескислородная керамика .....	182
Высокоочищенный кремний для микроэлектроники .....	186
Монокристаллы тугоплавких металлов .....	189
Оксиды урана .....	196
Тугоплавкие ураносодержащие материалы для твэл ЯРД и ТЭП .....	201
Матричные топливные материалы .....	207
Регенерация отходов ядерных материалов .....	214
Газофазная металлургия .....	221
Обработка металлов давлением .....	229
Производство .....	244
<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ</b> .....	246
Термодинамические и диффузионные характеристики материалов ...	247
Коррозия и совместимость материалов с твердыми телами и газообразными средами .....	251

## *Оглавление*

---

Физико-механические свойства, критерии прочности и разрушения ....	258
Химико-аналитический контроль .....	265
Радиационная стойкость материалов.....	269
<b>ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ</b> .....	<b>273</b>
Информационно-вычислительный центр .....	273
Ученый и научно-технический совет института .....	280
Служба главного инженера .....	287
Капитальное строительство .....	302
Службы управления .....	306
<b>ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ В ЖИЗНИ ИНСТИТУТА</b> .....	<b>312</b>
<b>ХРОНОЛОГИЯ ЖИЗНИ НПО «Луч» (1960—2003 гг.)</b> .....	<b>330</b>
<b>КТО ЕСТЬ КТО</b> .....	<b>363</b>
<b>ВОСПОМИНАНИЯ</b> .....	<b>433</b>

Сдано в набор 24.11.03. Подписано в печать 12.05.2004.  
Формат 70×100<sup>1/16</sup>. Печать офсетная.  
Гарнитура «Таймс». Объем 28,5 п.л.  
Тираж 2000 экз. Заказ № 2445

Отпечатано в ОАО «Типография «Новости».  
105005, Москва, ул. Ф. Энгельса, 46.