

**НИТИ – ФЛАГМАН В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ОТРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЯЭУ**



*В.А. Василенко
Генеральный директор*

Основной задачей деятельности института являются комплексная отработка и испытания на стендах-прототипах новых конструкторских и технологических решений перспективных судовых ЯЭУ.

Разработанная в НИТИ технология комплексных испытаний судовых ЯЭУ позволяет как всесторонне обрабатывать ЯЭУ на стендах-прототипах до начала их использования на АПЛ, так и решать задачи сопровождения их в эксплуатации в течение всего жизненного цикла.

Наиболее важными направлениями работ при полномасштабных комплексных испытаниях ЯЭУ являются:

- подтверждение основных проектных характеристик ЯЭУ;
- разработка рекомендаций по улучшению конструкции, режимов работы и алгоритмов управления корабельных ЯЭУ, ориентированных на реальную модель эксплуатации;
- повышение надежности оборудования и систем ЯЭУ;
- повышение кампаний активных зон;
- повышение ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ.

При проведении натурного эксперимента возможно осуществление испытаний оборудования, предназначенного для использования в установках других типов, либо при модернизации обрабатываемой ЯЭУ. Возможно также проведение проверок новых технических решений, реализуемых в отдельных системах или оборудовании перспективных установок, исследование перспективных конструкционных материалов и отработка технологических процессов.

Высокая эффективность наземных стендов-прототипов корабельных ЯЭУ обусловлена уникальной системой сбора и обработки информации, а также высокой квалификацией персонала, что позволяет анализировать и обобщать данные о характере процессов, протекающих в ЯЭУ при нормальных и аварийных режимах работы. Это обуславливает высокое качество отработки стендовых установок, их требуемую безопасность и надежность и определяет пути улучшения экономических показателей ЯЭУ.

Экономический эффект в результате отработки на наземном стенде алгоритмов управления установкой, режимов ее использования, систем и средств обеспечения ядерной безопасности и системы диагностики ЯЭУ определяется снижением вероятности возникновения ядерных аварий, уменьшением их последствий и, как следствие, снижением потерь, обусловленных затратами на простой судов, их ремонт, локализацию и устранение экологических последствий.

Результаты испытаний установки ВАУ-6с

Первому в НИТИ стенду-прототипу ВАУ-6с принадлежит особая роль в становлении института как научно-исследовательского предприятия.

В процессе испытаний ЯЭУ ВАУ-6с научным и эксплуатационным персоналом НИТИ был проведен значительный объем исследовательских работ по физике активной зоны, динамике реактора и стенда в целом, химии и радиохимии теплоносителя, изучению радиационной обстановки и отработке режимов использования электроэнергетической установки. Ресурсные испытания подтвердили эксплуатационную надежность и соответствие характеристик ЯЭУ требованиям технических условий.

Важную роль в процессе испытаний сыграло использование разработанного в НИТИ комплекса автоматизированного сбора и обработки экспериментальной информации АНИС-6, что явилось одним из решающих факторов более глубокого понимания процессов, происходящих в установке, и выработке мер по улучшению переходных режимов.

Опыт отработки и исследований установки был использован в 1985-1986 гг. при проведении испытаний корабельного образца ВАУ-6 с участием персонала НИТИ на одной из дизельных подводных лодок Северного флота, а также при ремонте в 1990-1991 гг. турбогенератора корабельного образца установки силами персонала НИТИ по разработанной совместно с НИКИЭТ и привлечением Калужского турбинного завода технологии без выгрузки турбогенераторного блока из корпуса подводной лодки.

Стенд КМ-1

На стенде КМ-1 был выполнен большой объем исследований по технологии жидкометаллического теплоносителя (ЖМТ), отработке методов и средств контроля и поддержания качества сплава применительно к условиям эксплуатации, что послужило основанием для корректировки «Руководства по правилам обращения со сплавом». При испытаниях использовались хроматографы разработки ОХТМИ, позволившие детально изучить динамику процессов и выдать рекомендации по технологии ЖМТ для действующих и строящихся АПЛ.

Первая кампания стенда КМ-1 была завершена в марте 1986 г. Энерговыводка активной зоны составила 105,3 % от расчетного энергозапаса.

К сожалению, начало испытаний ЯЭУ стенда КМ-1 намного отстало от сдачи в эксплуатацию объектовой установки. Это обстоятельство привело к тому, что многие передовые технологические решения не были отработаны на стендовой установке (проблема тяжелого жидкометаллического теплоносителя, проблема прочности металлоконструкций, отработка вопросов базирования и др.).

Результаты испытаний ЯЭУ стенда КВ-1

К наиболее важным результатам испытаний и исследованиям, выполненным в течение первой кампании относятся:

- впервые в отечественной практике создана и комплексно испытана на наземном стенде КВ-1 ядерная энергетическая установка;
- подтверждена надежность оборудования установки, а также соответствие спецификационных характеристик ППУ и оборудования ПТУ проектным значениям, в том числе в условиях длительной непрерывной работы в реальных условиях эксплуатации;
- впервые в стране в реальных условиях эксплуатации проведены ресурсные испытания активной зоны ЯЭУ, получены необходимые характеристики и изменение характеристик в течение кампании. Получены количественные и качественные данные процесса разгерметизации ТВЭЛОВ с начала появления газовой неплотности и до достижения предельных значений;
- впервые сняты картограммы изменения радиационной обстановки в помещениях контейнера в процессе разгерметизации ТВЭЛОВ;
- экспериментально проверены, подтверждены и рекомендованы режимы работы ЯЭУ с естественной циркуляцией теплоносителя первого контура на более высоком уровне мощности по сравнению с предусмотренным по проекту;

Результаты основной кампании и предварительные итоги реализации режима «дожигания» создали уникальные условия, позволяющие на действующем стенде-прототипе осуществить комплекс мероприятий по фактической проверке и отработке элементов реальных активных зон, оборудования и систем на предельных (по сроку службы и ресурсу) режимах эксплуатации.

Одним из существенных научно-технических достижений следует отметить тот факт, что на ЯЭУ стенда КВ-1 были реализованы режимы с естественной циркуляцией теплоносителя по первому контуру, что, в свою очередь, значительно улучшило тактико-технические характеристики объектовых установок и дали возможность проектантам приступить к разработке ЯЭУ нового поколения с естественной циркуляцией теплоносителя первого контура на всех режимах работы установки.

Стенд КВ-2

В ЯЭУ стенда применены ППУ интегрального типа с естественной циркуляцией теплоносителя. Проводимые с 1996 года на стенде КВ-2 испытания позволили не только отработать энергоустановку, но и определить возможность приме-

нения ЯЭУ данного типа в судовой и стационарной атомной энергетике.

Экспериментально подтверждено автоматическое поддержание водного и газового режимов первого контура без ввода корректирующих добавок на всех эксплуатационных режимах работы ППУ, включая стоянку, ввод, разогрев, работу в стационарных режимах, а также расхолаживание. Подтверждена ранее обоснованная возможность длительной (до 8 мес.) эксплуатации ППУ с отключённой системой очистки первого контура.

Расчетные исследования динамики

Каждая стендовая установка НИТИ сопровождается всережимной математической моделью, которая является основой не только для проведения расчетных исследований, но и для создания полномасштабных тренажеров.

В расчётных исследованиях реакторных установок стендов-прототипов получен целый ряд новых результатов, среди которых, в первую очередь, можно отметить:

- определены причины генерации пакетов колебаний нейтронной мощности в малогабаритном кипящем реакторе как результат взаимодействия межканальных и общеконтурных колебаний расхода при неравномерном распределении энерговыделения по радиусу активной зоны;
- рассчитаны условия использования самопроточного конденсатора для реакторной установки стенда КВ-1 и выполнена экспериментальная проверка полученных результатов;
- определены условия подавления автоколебаний расхода и нейтронной мощности в реакторе стенда КВ-2 за счёт изменения величины начального давления газа в ПГКД;
- с использованием трёхмерной математической модели выяснена особенность течения теплоносителя при наклоне ПГБ стенда КВ-2 и определена причина увеличения давления в контуре при наклоне по сравнению со случаем без наклона при прочих равных условиях. Эта особенность обусловлена неравномерностью распределения расхода на поднятой и опущенной стороне ПГБ и, как следствие, увеличением температуры теплоносителя в приповерхностном слое и, соответственно, давления в контуре;
- получены расчётные оценки влияния дегазации теплоносителя на динамику реакторной установки стенда КВ-1 в режимах ЕЦ с повышенной температурой первого контура.

Для стенда КВ-2 специалистами НИТИ разработан расчетно-моделирующий комплекс (РМК), предназначенный для проведения расчетных исследований динамики ППУ, анализа и оптимизации законов регулирования, анализа экспериментальной и расчетной информации. Проверена работа РМК ЯЭУ стенда КВ-2 в соответствии с инструкцией по управлению ЯЭУ и другой эксплуатационной

документацией, в результате чего внесены необходимые изменения и доработки в алгоритмы управления отдельных систем.

Для автоматизации испытаний ЯЭУ института созданы первые в стране измерительно-вычислительные комплексы автоматизации натурных испытаний (ИВК АНИС), обеспечивающие сбор и обработку информации о работе систем и оборудования стендов.

На этих ИВК впервые реализован режим аварийной циклической регистрации параметров установки («черный ящик»), позволяющий регистрировать параметры до и после аварии.

Многолетний опыт создания ИВК для автоматизации сбора, обработки, представления и хранения экспериментальной информации при испытаниях стендовых ЯЭУ позволил НИТИ стать лидером по автоматизации экспериментальных исследований и испытаний энергетических установок и систем различного назначения не только в отрасли, но и за ее пределами.

На стенде КВ-1 внедрен регистратор аварийных параметров и событий РАС-1.

РАС-1 по функциям аналогичен «Черным ящикам» летательных аппаратов и предназначен для регистрации и хранения информации о состоянии технологического оборудования стендовой установки КВ-1 в условиях проектных и запроектных аварий для последующего анализа причин возникновения аварии и действий оперативного персонала.

Для обеспечения высокой надежности все основные блоки РАС-1 троированы и выполнены в виде герметичных контейнеров, а устройство записи и хранения информации имеет ударо-термостойкую оболочку, выдерживающую температуру более 1000 °С. РАС-1 регистрирует до 170 параметров циклами по 2 часа.

Для отработки алгоритмов управления ЯЭУ и подготовки операторов в НИТИ созданы полномасштабные (с реальными пультами) и функциональные (дисплейные) тренажеры для всех стендовых установок института, а также ряда внешних объектов. В истории создания тренажеров в НИТИ условно можно выделить 3 этапа.

Для 1-го этапа характерно использование отечественной вычислительной техники 60-х – 80-х годов, «ручное» выполнение уникальных разработок некоторых аппаратных средств и программного обеспечения.

Многоцелевой имитатор ДИАНА-550 стенда КМ-1 позволил решать следующие задачи:

- отработку особо опасных экспериментов на ЯЭУ стенда;
- исследование аварийных режимов работы ЯЭУ с учетом движения корабля;
- проверку принятых и выбор новых алгоритмов управления и защиты энергетической установки;
- тренировку операторов в период подготовки к проведению программ исследований.

Достижением первого этапа является созданный в 1986 году для учебного центра ВМФ комплексный полномасштабный тренажер электромеханической боевой части «Диана БАРС» Тренажер являлся уникальным по многим параметрам: объему моделирования, наличию 4-х взаимосвязанных локальных тренажеров, имитаторов реальных местных постов, возможностью обучения одновременно до 20 членов экипажа. За 22 года на тренажере прошли обучение 88 экипажей ВМФ.

2-й этап (90-е годы) характерен появлением зарубежной вычислительной техники – мощных компьютеров и ПЭВМ, снявших технические ограничения на творчество программистов и обеспечивших возможность создания функциональных тренажеров, в том числе с имитаторами местных постов.

3-й этап (с конца 90-х годов по настоящее время) характеризуется созданием собственной технологии автоматизации моделирования – технологии ТЕРМИТ, которая существенно повысила эффективность труда разработчиков и позволила перевести процесс создания тренажеров в НИТИ на качественно новый технологический уровень.

Практика использования комплекса ТЕРМИТ показала, что он многократно повышает производительность труда и сокращает сроки создания сложных расчётно-моделирующих комплексов и тренажеров за счет предоставления разработчику графического интерфейса и отработанных математических моделей элементов ЯЭУ. С применением данного комплекса в НИТИ в течение последних 10 лет разработано более 15 расчётно-моделирующих комплексов и тренажеров различного класса и назначения. Комплекс ТЕРМИТ по своим характеристикам не уступает лучшим зарубежным образцам систем подобного класса, а во многих аспектах и превосходит их.

В качестве примера эффективного использования РМК и тренажеров при отработке систем управления можно привести отработку КСУ ТС ЯЭУ на наземном стенде в НИТИ, когда тренажер ДИАНА-B2 использовался как задатчик реальной информации с установки. В процессе наладки и испытаний КСУ ТС, еще до начала натурных испытаний самой установки, было выявлено множество ошибок, недоработок в алгоритмах, монтаже и т. п.

За последнее время по заказу ряда предприятий (НПО «Аврора», СПМБМ «Малахит», ИПУ РАН и др.) в институте было создано и передано на эти предприятия целое семейство РМК для использования при отработке систем управления, диагностики, оптимизации проектно-технологических решений.

Созданные в НИТИ имитаторы послужили основой для создания тренажеров в учебных центрах ВМФ.

Оперативная диагностика является необходимым инструментом комплексных испытаний стендовых ЯЭУ, особенно при исследовании опытных активных зон вблизи границ допустимых изменений эксплуатационных параметров, когда дополнительные средства контроля используются в максимальной степени.

Разработка систем диагностирования с использованием математического моделирования позволяет в перспективном развитии добиться тонкой детализации структуры ЯЭУ как сложной системы и глубокого погружения в физику процессов в элементах оборудования и систем ЯЭУ в нормальных эксплуатационных, предаварийных и аварийных состояниях.

Вычислительная сеть и ЭВМ в обеспечение технологии испытаний ЯЭУ

В настоящее время вычислительная база института представляет собой мощную локальную вычислительную сеть, включающую около 100 серверов различного класса, в том числе супер-ЭВМ с сотнями процессоров, и около 1500 персональных ЭВМ, размещённых в различных зданиях и помещениях института и объединённых сетевыми средствами 1000 и 10000 Мбит.

Стоит особо подчеркнуть, что работы по проектированию, созданию и сопровождению вычислительной сети выполнены исключительно силами высококлассных специалистов НИТИ в области вычислительных машин, сетевого оборудования и программного обеспечения.

Нейтронно-физические исследования

Концепция проводимых в НИТИ испытаний ЯЭУ основывается на тщательной регистрации всех экспериментальных данных, получаемых при испытаниях на стендах института. Но не менее важной частью является расчетная подготовка к испытаниям, расчетная обработка и интерпретация экспериментальных данных. Для целей расчетного сопровождения испытаний в НИТИ разработаны и совершенствуются программные средства более высокого класса, чем применяемые при проектировании, так называемые программные средства улучшенной оценки.

Созданные в НИТИ комплексы программ нейтронно-физического расчета, основанные на оригинальных отечественных алгоритмах, особенно необходимы при определении показателей надежности активных зон путем испытания на надежность их составных частей.

Некоторые результаты в области нейтронно-физических исследований:

- впервые на энергетическом реакторе внедрен в практику физических исследований спектрометр нейтронов по времени пролета, позволяющий получать детальные спектры нейтронов в диапазоне от нескольких эВ до нескольких КэВ.
- созданы оперативные методики измерений температурного коэффициента реактивности, отравления реактора на фоне естественных переходных процессов в реакторе.
- разработана широкодиапазонная линейная аппаратура контроля состояния и измерений физических характеристик активных зон.
- создана технология расчетного нейтронно-физического сопровождения эксплуатации стендовых установок, а на этой основе правильная интерпретация полученных экспериментальных результатов, диагностирования

ние состояния активной зоны, восстановление полной картины по условиям испытания составных частей активной зоны.

НИТИ один из немногих в России имеет собственные разработки по созданию каналов контроля состояния активной зоны с использованием высокочувствительного импульсного режима работы камер деления (детектора нейтронов). Последняя разработка – Аппаратура Измерения средней Скорости Счета Импульсов Тока (АИССЧИТ) – занесена в государственный реестр, то есть прошла испытания на присвоение типа средств измерения. Совместно с Национальным исследовательским центром «Курчатовский институт» разработан широкодиапазонный (11 порядков) линейный канал контроля мощности реактора и реактивности – реактиметр ПВР-7, для которого в настоящее время разрабатываются методика и аппаратура его метрологической поверки.

Успехи в развитии расчетного направления работ для транспортных реакторов позволили, благодаря универсальности применяемых алгоритмов, аттестовать расчетные комплексы семейства САПФИР и РС для применения в гражданской атомной энергетике.

Главный конструктор РУ с ВВЭР в настоящее время применяет программное обеспечение разработки НИТИ в нейтронно-физических расчетах проектируемых ВВЭР.

Созданный (в соавторстве с классиком метода гомогенизации Лалетиным Н.И.) метод поверхностных гармоник для нейтронно-физических расчетов гетерогенных реакторов является крупным научным достижением в развитии детерминистских методов расчета, не имеет аналогов в мировой практике, внедрен в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» для расчетов активных зон ВВЭР и РБМК.

Теплофизические исследования

Благодаря разработанной технологии теплофизических исследований на основе прецизионных теплофизических экспериментов на маломасштабных стендах и математических моделях повышенной точности совместно с экспериментальными исследованиями на наземных стендах-прототипах были выявлены и исследованы новые теплофизические эффекты и реализованы предложения по оптимизации работы ЯЭУ, особенно на режимах частичной естественной циркуляции.

Разработаны оригинальные методы диагностики теплогидравлических параметров активных зон и реакторных установок наземных стендов, на которые получено более 20 свидетельств на изобретения.

Разработан теплогидравлический расчетный код (РК) улучшенной оценки «КОРСАР», принятый в 1999 году на основании выигранного тендера в качестве отраслевого кода Минатома России. Код зарегистрирован в Российском агентстве

по патентам и товарным знакам и аттестован в надзорных органах применительно к АЭС с ВВЭР.

Аттестация и принятие кода «КОРСАР» в качестве отраслевого позволила:

- избежать зависимость атомной отрасли РФ от зарубежных технологий математического моделирования динамики ЯЭУ;
- выполнять расчётное обоснование безопасности действующих и проектируемых отечественных установок с атомными реакторами в реалистичном приближении.

Расчетный код КОРСАР используется:

- ОАО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», ОАО «СПб АЭП» при проведении расчетов в обоснование безопасности большинства проектируемых и сооружаемых АЭС с ВВЭР: Балаковская АЭС, Балтийская АЭС, АЭС «Белене» (Болгария), АЭС «Бушер» (Иран), АЭС «Куданкулам» (Индия), Калининская АЭС (4-й энергоблок), Ленинградская АЭС-2, Нововоронежская АЭС (4-й энергоблок), Тяньваньская АЭС (Китай), АЭС с ВВЭР-1500;
- для обоснования безопасности и анализа испытательных режимов ЯЭУ транспортного назначения в ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»;
- для обучения студентов в СПб ГПУ (С.-Петербург), УГТУ-УПИ (Екатеринбург), ИЯЭ (Сосновый Бор).

Химико-технологические исследования

В рамках программ химико-технологических исследований выполнены важные для повышения надежности и безопасности объектов атомной энергетики научно-исследовательские работы. По результатам этих работ разработаны и внедрены в практику адаптированные к условиям ЯЭУ методы, методики, технические решения и технологии химического, радиохимического и радиоэкологического сопровождения эксплуатации ядерных установок на всех этапах их жизненного цикла (сопровождение подготовительных работ к испытаниям установок, сопровождение комплексных испытаний, сопровождение планово-предупредительных ремонтов, сопровождение вывода из эксплуатации ЯЭУ).

Технологии послемонтажной подготовки и направленного оксидирования внутриконтурных поверхностей реализованы на Игналинской, Чернобыльской и Курской атомных станциях, на Костромской ГРЭС и на ряде других объектов промышленной энергетики России, Латвии и Украины.

Технологии удаления медьсодержащих железооксидных отложений концерном «Росэнергоатом» оформлены в виде Руководящих документов и внедрены на энергоблоках с реакторами ВВЭР-440 и ВВЭР-1000.

«Безреагентная» технология дезактивации контура многократной принудительной циркуляции РБМК-1000 реализована на энергоблоках ЛАЭС-1 и позво-

лила сократить время проведения дезактивации на 120...150 часов.

Разработанные и усовершенствованные в НИТИ методики химического анализа и инструментальные средства радиохимического анализа внедрены на атомных ледоколах, в базовых лабораториях ВМФ, на исследовательских реакторах. Подготовленный НИТИ 2-х томный «Сборник методик выполнения измерений в пробах технологических сред АЭС (количественный анализ)» принят концерном «Росэнергоатом» в качестве официального руководящего документа для атомных станций с реакторами ВВЭР-440 и ВВЭР-1000.

К настоящему времени налажен выпуск установки «УРАН» для корабельных радиометров нового поколения (РКС-01с), изготовлено и поставлено ВМФ и судостроительным заводам 12 водно-химических лабораторий приборного типа (ВХЛПТ-Р) и 2 метрологических стенда для их калибровки (УСПР). ВХЛПТ-Р принята ВМФ на вооружение.

Технология автономной мембранно-сорбционной переработки жидких радиоактивных отходов позволила решить проблему ликвидации ЖРО, накопленных к середине 90-х годов прошлого столетия в хранилищах Тихоокеанского и Северного флотов, и снять напряженность, вызванную их потенциальной экологической опасностью.

Проведены многолетние исследования и анализ радиоэкологического состояния подземной гидросферы, сорбционных свойств кембрийских и вендских глин с целью обоснования возможности размещения регионального хранилища радиоактивных отходов и обследования технического состояния объектных наблюдательных сетей грунтовых вод на территории атомно-промышленного комплекса г. Сосновый Бор. Даны предложения по выбору опорных скважин регионального мониторинга на территории предприятий и между предприятиями, а также сформулирован регламент проведения контроля радиоэкологической обстановки в районе г. Сосновый Бор. В институте на основе результатов радиоэкологического мониторинга в 2009 году выпущен официальный документ «Экологическая политика ФГУП «НИТИ им. А.П.Александрова», в котором сформулированы цели, задачи и пути их решения для обеспечения эффективного, устойчивого, научно-обоснованного, социально и экономически сбалансированного развития нашего института.

Важным этапом в деятельности НИТИ явилось участие в организации и проведении работ по ликвидации аварийной обстановки в местах хранения отработанного ядерного топлива на базах Северного и Тихоокеанского флотов. Большинство участников работы были удостоены правительственных наград.

ВНЕДРЕНИЕ НАУЧНОГО И ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА НИТИ В АТОМНУЮ ЭНЕРГЕТИКУ НА РОССИЙСКОМ И МЕЖДУНАРОДНОМ УРОВНЕ

НПЦ АЭ

В 1992 г. в составе НИТИ образован Северо-западный научно-промышленный центр атомной энергетики (НПЦ АЭ). В соответствии с проектом в состав НПЦ АЭ должны были входить:

- головной энергоблок АЭС с ВВЭР-640;
- крупномасштабный интегральный стенд (КМС) для моделирования теплогидравлических процессов при нормальной эксплуатации и авариях на АЭС с ВВЭР;
- стенд для отработки проблем безопасности АЭС при тяжелых авариях с расплавлением активной зоны;
- учебно-тренажерный комплекс для подготовки персонала АЭС, включающий центр анализа кризисных ситуаций.

Однако, за последние 10 лет от идеи комплексного обоснования безопасности ВВЭР-640 отказались в связи с прекращением работ по проекту ВВЭР-640. В составе НПЦ остались только два подразделения: отдел КМС и отдел исследования тяжелых аварий.

Крупномасштабный стенд

Характерной особенностью КМС, в отличие от существующих за рубежом и в России интегральных стендов, является максимально полное воспроизведение поэлементной структуры натурной установки в составе моделей контейнмента, реакторной установки и систем безопасности при достаточно большом объемно-мощностном масштабе моделирования теплогидравлических процессов.

На КМС по заказу ОАО "СПбАЭП" проведены испытания моделей теплообменников-конденсаторов системы пассивного отвода тепла от защитной оболочки (СПОТ ЗО) проекта АЭС-2006 на площадке ЛАЭС-2.

Цель испытаний заключалась в обосновании производительности теплообменников-конденсаторов СПОТ 3О при условиях по температуре, давлению и концентрации неконденсирующихся газов в паровоздушной среде защитной оболочки, приближенных к условиям запроектных аварий (ЗПА).

Испытания проводились при достижении стационарных граничных условий в парогазовом объеме и в контуре принудительной циркуляции теплоносителя СПОТ 3О, при этом определялась величина мощности теплообменников-конденсаторов и компонентный состав парогазовой среды в гермообъеме КМС.

Одновременно с испытанием СПОТ 3О на стенде КМС проводились исследования поведения гелия (как имитатора водорода) при различных условиях в гермообъеме. Измерения концентрации гелия производились в 10 точках по всему объему контейнента стенда в условиях как в воздушной атмосфере контейнента, так и в экспериментах с подачей пара. Были исследованы процессы концентрации и перемешивания гелия в изотермических условиях при избыточном давлении воздуха в гермообъеме стенда, при осушенном контуре СПОТ 3О и с подачей гелия в точку ввода пара (низ гермообъема), и в точке с подачей гелия под купол защитной оболочки стенда. Все эксперименты при испытаниях СПОТ 3О сопровождалось исследованиями процессов концентрации и перемешивания гелия, при этом гелий в гермообъеме стенда подавался в точку ввода пара.

Полученные на стенде КМС экспериментальные данные по поведению гелия могут быть использованы в международных программах при решении проблемы водородной безопасности на АЭС.

Работы НИТИ по созданию устройства локализации расплава кориума (ловушки) при тяжелых авариях на АЭС с ВВЭР

Первая ловушка расплава была предложена в проекте ВВЭР-640.

Дальнейшие расчетно-экспериментальные исследования позволили обосновать отсутствие необходимости применения УЛР в данном проекте – организация охлаждения внешней поверхности корпуса реактора исключала вероятность проплавления корпуса реактора.

Однако, для энергоблоков большой мощности сооружение УЛР было настоятельной необходимостью, в частности, для энергоблоков Тяньваньской АЭС.

Разработка ловушки расплава для Тяньваньской АЭС в Китае началась в 1997 г., когда строительство станции шло полным ходом.

Для определения исполнителя работ был объявлен тендер, наверное, первый в нашем Министерстве. В тендере наряду с предложением, подготовленным НИТИ – СПБАЭП – ПКФ «Росэнергоатом», участвовали со своими предложениями РНЦ «Курчатовский институт», ОКБ «ГИДРОПРЕСС», РФЯЦ – ВНИИЭФ, ГНЦ ФЭИ и др.

Победу на тендере одержало предложение НИТИ – СПБАЭП – ПКФ «Ро-

сэнергоатом» с, так называемой, концепцией устройства локализации расплава (УЛР) кориума «тигельного» типа. Огромный объем экспериментальных и расчетных исследований и проектно-конструкторских работ был выполнен за три года. В начале 2001 г. технический проект УЛР передан на экспертизу МАГАТЭ и получил высокую оценку как концепции, так и уровня обоснования.

Уже в 2002 году ловушка, изготовленная на ОАО «Ижорские заводы» впервые в мире смонтирована на первом блоке Тяньваньской АЭС. Таким образом, всего за пять лет был осуществлен цикл от начала исследований до монтажа готового изделия, опередив монтаж ловушки для европейского франко-немецкого реактора EPR, которая начала разрабатываться на десять лет раньше.

Накопленный опыт по созданию УЛР позволил разработать и смонтировать усовершенствованные ловушки расплава для АЭС Куданкулам в Индии, для ЛАЭС-2, а также разработать УЛР для ВВЭР-1500. В настоящее время по контракту с Кореей ведутся исследования по созданию ловушки расплава для корейского реактора EU-APR-1400.

АСУП УКХ

Для Ленинградской атомной станции в рамках проекта по переводу ОЯТ РБМК-1000 на сухое хранение создана автоматизированная система управления подготовкой металлобетонных контейнеров с отработавшим ядерным топливом к сухому хранению (АСУП УКХ СМ-821)

Создание автоматизированной системы завершило многолетний процесс разработки и экспериментального обоснования российской технологии вакуумной осушки ОЯТ. В рамках этих работ обоснована технология проведения осушки, разработана концепция автоматизированной системы управления, создано программное обеспечение, изготовлен комплекс технических средств, выполнена наладка системы на Ленинградской атомной станции. Для подтверждения регламентов осушки проведена серия экспериментов с использованием штатного технологического оборудования.

В настоящее время система АСУП УКХ прошла все этапы приемки и готова к эксплуатации в составе ХОЯТ Ленинградской АЭС. Опыт, накопленный при создании АСУП УКХ СМ-821 на Ленинградской АЭС, в настоящее время используется при создании аналогичной системы для Смоленской АЭС.

Автоматизированная система радиационного контроля

Для Ляньюньганской (Тяньваньской) АЭС с двумя блоками ВВЭР-1000, сооруженной Россией в Китае, выполнен совместно с Генеральным проектировщиком СПбАЭП комплекс работ по созданию АСРК. На ФГУП «НИТИ им. А.П.

Александрова» Генеральным поставщиком АЭС – ЗАО «Атомстройэкспорт» возложены функции Главного конструктора и Комплектного поставщика АСРК.

Впервые в России, да, пожалуй, и в мире создана интегрированная по всему объёму задач цифровая автоматизированная система и комплекс «интеллектуальных» средств радиационного контроля и управления исполнительными механизмами нового поколения.

Созданная АСРК отвечает всем требованиям Российских и международных стандартов, имеет мировую новизну и защищена несколькими патентами.

В ходе реализации указанного проекта НИТИ отработал весь технологический цикл создания, изготовления, испытаний, поставки, шефмонтажа, пусконаладки, обучения персонала, ввода АСРК в эксплуатацию, ее гарантийного обслуживания и послегарантийного сопровождения.

АСРК первого блока Тяньваньской АЭС успешно функционирует более 7 лет, второго блока – более 5 лет.

В НИТИ разработана и функционирует Internet-технология, обеспечившая сопровождение и оперативную поддержку эксплуатации АСРК в гарантийный период. Технология основана на созданном полигоне Главного конструктора, включающем программно-технический комплекс верхнего уровня, программные имитаторы технических средств нижнего уровня (как отечественных, так и зарубежных), интегрированных в АСРК.

В НИТИ ведутся работы по созданию АСРК для двух новых Российских проектов СПбАЭП: 4-го блока Белоярской АЭС с реактором на быстрых нейтронах БН-800 и Ленинградской АЭС-2, которая сооружается в Сосновом Бору в рамках программы АЭС-2006.



*Памятник А.П. Александрову
установленный на территории института*

ПРЕДИСЛОВИЕ



17 июля 2012 года исполняется 50 лет со дня основания ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова». За полувековую историю своего существования НИТИ, созданный вначале как Государственная испытательная станция (ГИС), превратился в крупнейший научно-технологический центр комплексных испытаний корабельных ЯЭУ, доведения их на стендах-прототипах до требуемого уровня надежности и безопасности. Особенность института заключается во всеобъемлющем охвате концевых технологий создания корабельных ЯЭУ, концентрирующих в себе результаты работы многих научных и конструкторских коллективов.

В предлагаемой читателю книге обобщены основные результаты работы института за последние 20 лет по всем направлениям деятельности. Показаны практические разработки и результаты научно-исследовательских работ, которые явились базой в формировании научного авторитета института и его статуса.

Материалы книги подготовлены на основании документальных данных, изложенных в отчетах, протоколах, решениях и постановлениях. Безусловно, это обстоятельство в значительной степени снижает художественный стиль написания, но как говорится, историю нельзя ни исказить, ни излагать в произвольном виде.

В ранее изданной книге Э.С. Брянских «Подводная одиссея» НИТИ подробно изложена история создания Государственной испытательной станции – филиала Института атомной энергии им. И.В. Курчатова, который был образован в 1962 году. В 1966 году ГИС была переименована в Научно-исследовательский технологический институт. Книга заканчивается 1989 годом. К этому времени институт сформировался как крупный научно-инженерный центр по комплексным испытаниям на наземных стендах-прототипах корабельных ядерных энергетических установок (ЯЭУ). В институте прошли отработку установки различного типа, строился новый стенд КВ-2 с перспективной ЯЭУ. Получили широ-

кое признание в промышленности, ВМФ и других отраслях научные разработки НИТИ. Результаты научных исследований и разработок были использованы при создании различных систем управления и тренажёрных комплексов, моделировании физических и теплофизических процессов, автоматизации химического и радиохимического контроля технологических сред ЯЭУ.

Комплексные испытания и исследования ЯЭУ на стендах-прототипах (и в первую очередь на стенде КВ-1) позволили отработать установки и их отдельные системы до монтажа на кораблях, уточнить основные технические характеристики, усовершенствовать алгоритмы управления и регламент обслуживания, а также наработать значительный опыт проведения ремонтных и модернизационных работ. Большое значение для обеспечения безопасности работы ЯЭУ имели предварительные проверки характеристик на имитационных установках типа ДИАНА с использованием математических моделей и расчетно-моделирующих комплексов (РМК).

Разработанные в институте и внедренные на всех стендах-прототипах измерительно-вычислительные комплексы (ИВК АНИС) позволяли получать значительный объём экспериментальной информации в реальном масштабе времени, используя для этого не только штатные датчики, но и вновь смонтированные дополнительные датчики и сигнализаторы, объединённые в специальные системы экспериментальных измерений.

Начиная с момента создания и до 1991 года институт исполнял функции генерального застройщика города и эксплуатации всего городского жилищно-коммунального хозяйства. Эти хозяйственные городские функции были переданы в ведение исполкома Горсовета г. Сосновый Бор.

Казалось, настала более благоприятная обстановка для выполнения непосредственных задач института по научно-производственной деятельности. Но... грянула перестройка, в результате которой стали рушиться годами налаживаемые производственные связи между предприятиями, резко сократилось финансирование оборонного заказа, началась непродуманная и надолго затянувшаяся реорганизация управления народным хозяйством страны. Институт стал испытывать большие трудности с обеспечением финансирования капитального строительства и основной деятельности, началось массовое увольнение квалифицированных специалистов в связи с задержками выплаты заработной платы и ее низким размером, снизились до минимальных поставки в институт материалов, оборудования и запасных частей.

Особо тревожным являлось положение с кадрами в институте. Начиная с 1990 года, резко увеличился отток кадров (особенно в связи с повышением заработной платы на ЛАЭС). Увольнялись в основном квалифицированные сотрудники (даже на Сосновоборском машиностроительном заводе зарплата оказалась выше, чем в НИТИ).

Отрицательную роль сыграл и принятый закон о предприятии, которым были предусмотрены выборы всех руководителей – от начальника отдела до директо-

ра предприятия, что вносило нервность и неопределенность в работе любого руководителя, влекло за собой снижение требовательности к подчиненным и не способствовало укреплению трудовой дисциплины.

К чести института следует отметить, что в это трудное время основной костяк коллектива сохранился, научные и производственные подразделения продолжали выполнять свои функции, руководством института предпринимались серьезные усилия по нормализации положения и, в первую очередь, по выплате заработной платы, строительству жилья, комплектованию кадрами, выполнению большого объема работ по обеспечению безопасности на стендах-прототипах, предусмотренного мероприятиями, разработанными после Чернобыльской аварии.

Настоящая книга является продолжением «Подводной одиссеи» НИТИ имени А.П. Александрова и охватывает период деятельности института с 1990 по 2011 годы. Книга состоит из двух частей. Часть первая – это период деятельности института с 1990 по 2000 годы, вторая часть отражает научную и производственную деятельность НИТИ за 2001...2011 годы. Материал книги в основном изложен в хронологическом порядке, некоторые разделы представляют собой обобщенный материал.

В переходный период после распада Советского Союза и неоднократных структурных и кадровых изменений в руководстве отрасли объем технической, организационной и распорядительной документации «сверху» значительно сократился. Поэтому за период 1990...2002 гг. необходимую информацию по истории института пришлось собирать по крупицам, используя, в том числе, и хорошую память наших руководителей научных и производственных подразделений.

Автор выражает признательность за представленные материалы о научно-производственной деятельности подразделений руководителям: отделения динамических исследований – А.И. Колесникову и В.Н. Зимакову, отдела химико-технологических и материаловедческих исследований – А.А. Ефимову, Г.Г. Леонтьеву, отдела нейтронно-физических исследований – А.В. Ельшину, отдела теплофизических исследований – Ю.А. Мигрову, В.Б. Хабенскому, В.К. Засухе.

Автор выражает также благодарность первому заместителю генерального директора НИТИ Р.Д. Филину, сотрудникам отдела главного конструктора СКУ АЭС В.С. Батанину, Е.В. Куликовой, П.С. Суворову, сотрудникам отдела режима В.А. Рогову и Д.М. Веденину, начальнику группы отдела фондов Е.В. Гудиной за содействие в подборе необходимых материалов для книги, рецензировании ее и помощи при оформлении.

Особую благодарность хочется выразить генеральному директору института В. А. Василенко за постоянное внимание к работе по написанию книги, практические советы и пожелания о содержании этой книги и поддержку в таком непростом деле, как изложение истории института.



ЧАСТЬ ПЕРВАЯ (1990...2000 ГОДЫ)



КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТЕНДОВ-ПРОТОТИПОВ НА КОНЕЦ 1989 ГОДА

В связи с решением об ограничении работы установки ВАУ-6с второй кампанией оставшийся энергоресурс был использован для отработки отдельных режимов в обеспечение комплексных швартовых испытаний дизельной подводной лодки проекта 651Э с монтируемой на ней установкой ВАУ-6. При достижении максимальной энерговыработки 109,3 % от расчетного энергозапаса в сентябре 1988 г. была произведена выгрузка активной зоны реактора установки ВАУ-6с. После частичного демонтажа оборудования установка переведена в режим длительного хранения с консервацией отдельного оборудования и систем.

На стенде КМ-1 первая кампания реактора установки ОК-550 была завершена в марте 1986 г., при этом энерговыработка активной зоны составила 105,3 % от расчетного энергозапаса. После подготовки и наладки перегрузочного оборудования, приведения систем стенда в состояние готовности к выгрузке 15.08.1987 осуществлена выгрузка отработавшей выемной части (ОВЧ) с активной зоной из реактора установки. ОВЧ погружена в специальное хранилище, в котором обеспечивался отвод остаточных тепловыделений от активной зоны специальной системой охлаждения.

Начались подготовительные работы ко второй кампании ЯЭУ стенда КМ-1, но в соответствии с указанием 16-го ГУ МСМ эти работы были прекращены. Отдельное оборудование и системы были демонтированы, часть оборудования законсервирована. Высвобожденный персонал в основном переведен на стенд КВ-2. Так как остаточные тепловыделения от ОВЧ имеют длительный характер, то в здании 101 для обеспечения выполнения требований по ядерной и радиационной безопасности предусматривалось определенное количество эксплуатационного персонала, который осуществлял контроль температурного состояния

ОВЧ и обслуживание различных систем здания.

В октябре 1985 г. на стенде КВ-1 появились признаки разгерметизации твэлов активной зоны реактора установки ОК-650. Проведенные в дальнейшем проверки и испытания подтвердили негерметичность твэлов, и после достижения предельных значений активности в сентябре 1986 г. установка была выведена из действия при 55 %-ной энерговыработке.

В 1987 году произведена выгрузка отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) из реактора установки ОК-650 и дефектация всех ОТВС в вакуумно-испытательном контейнере.

На стенде КВ-1 начались значительные ремонтно-модернизационные работы по замене выработавшего технический ресурс оборудования, монтажу нового оборудования и систем в обеспечение ядерной безопасности, а также необходимая корректировка технической документации. Предстояло также выполнить большой объем работ по реконструкции здания 102 в связи с ужесточением требований по безопасности к обеспечивающим и локализирующим системам.

В качестве устройства для снятия нагрузки с главной турбины было решено смонтировать электрогенератор для замены вышедшего из строя гидротормоза. Получаемая электроэнергия предполагалась к использованию для собственных нужд и передачи в сеть Ленэнерго, после чего институт становился энергоснабжающей организацией.

На стенде КВ-2 продолжался монтаж оборудования ЯЭУ. Общая готовность стенда к проведению пусконаладочных работ составляла примерно 75 %.

На введенной в эксплуатацию имитационной установке ДИАНА-В2 проводилось обучения и подготовка инженеров управления ЯЭУ.

Для регистрации и обработки экспериментальных данных с ЯЭУ стенда КВ-2 создавался информационно-вычислительный комплекс нового поколения АНИС-В2.

Для обоснования безопасности и уточнения режимов испытаний был выполнен комплекс расчетных работ по переходным и аварийным процессам в ЯЭУ, по определению физических и теплогидравлических характеристик.

ПОДГОТОВКА И НАЧАЛО ИСПЫТАНИЙ СТЕНДА КВ-1 В ТРЕТЬЕЙ КАМПАНИИ



А.И. Хозичев
Начальник стенда КВ-1

Объём подготовительных, организационных и ремонтно-модернизационных работ по стенду КВ-1 был определен совместным решением ведомств в 1988 году.

Этим решением предусматривались:

- ревизия и ремонт с частичной заменой отдельных узлов комплексной системы управления (КСУ) «Сталь-1» и продление ее ресурса до конца третьей кампании;
- монтаж и введение в состав ЯЭУ стенда пульта аварийного расхолаживания (ПАР);
- замена двух трубных систем парогенераторов (ПГ) сборки 18 на ПГ сборки 182;
- ремонт, доработка и подключение штатного блока компенсаторов объема (КО);
- замена выемных частей блоков очистки и расхолаживания (БОИР) на вновь изготовленные модернизированные выемные части;

- замена гидротормоза на электрогенератор Т-25,6 для обеспечения снятия нагрузки с главной турбины и выработки электроэнергии;
- монтаж третьего обратимого преобразователя ОП-503-1Р (резервного) для обеспечения аварийного электроснабжения стенда КВ-1;
- монтаж системы аварийной проливки реактора с установкой насосов ЭНА-7;
- монтаж и наладка нового комплекса радиационного контроля КМК-1;
- модернизация ИВК АНИС и создание макетного образца регистратора аварийных событий (РАС-1М), прототипа так называемого «черного ящика».

Одной из основных задач модернизации стенда КВ-1 было доведение безопасности ЯЭУ до новых требований нормативных документов.

Отдельного разговора заслуживает система управления.

Учитывая нецелесообразность расходования крупных финансовых средств на создание новой единичной системы КСУ ТС, невозможность повторного изготовления имеющейся КСУ «Сталь-1» из-за прекращения выпуска более 40 % комплектующих изделий предприятиями электронной промышленности, было решено изготовление новой системы «Сталь-1» не производить.

Так как обслуживающий персонал стенда КВ-1 имеет большой опыт эксплуатации КСУ, имеется возможность создания диагностической аппаратуры для проверки технического состояния КСУ и проведения ремонта по результатам ревизии предлагалось продлить эксплуатацию имеющейся КСУ до конца третьей кампании.

Ход работ по подготовке стенда КВ-1 к работе в третьей кампании находился под контролем военно-промышленной комиссии (ВПК).

В целях дальнейшего повышения эксплуатационной надежности активных зон реакторов АПЛ и надводных кораблей, доведения ресурсных характеристик активных зон (а.з.) до заданных требований, ВПК своим решением от 22.06.1990 обязала МАЭП и МСП завершить в 1991 году модернизацию стенда КВ-1 и проведение ресурсных испытаний на стенде опытной «пестрой» а.з. начать с I квартала 1992 г.

К сожалению, это решение ВПК было практически невыполнимым, так как в стране, как уже было сказано выше, началась перестройка, Советский Союз стоял на пороге развала, хозяйственные связи рушились на глазах, да и финансирование работ сократилось до минимума.

Но, самое главное заключалось в том, что объём ремонтно-модернизационных работ оказался значительно большим, чем предполагалось, и только силами НИТИ выполнить его было невозможно. Требовалось привлечение специализированных монтажных предприятий. Для оказания технической помощи при производстве ряда ремонтных и модернизационных работ НИТИ обратился в МСП с соответствующей просьбой. Приказом по МСП от 13.07.1990 Ленинградскому Адмиралтейскому объединению (ЛАО) было поручено выполнить определенный объём работ по стенду КВ-1 в соответствии с перечнем. НИТИ заключил договор

с ЛАО, и уже к 30.04.1991 были выполнены следующие работы: заменены две трубные системы парогенераторов сборки 18 на трубные системы сборки 182СБ, проведен ремонт и подключение штатных компенсаторов объема (КО), изготовлена выгородка для ПАР, проведено освидетельствование баллонов воздуха высокого давления (ВВД).

При этом следует отметить существенную роль в организации и проведении работ старшего технолога ЛАО А.П. Шабаршина, назначенного ответственным сдатчиком по стенду КВ-1. Его профессиональное мастерство, чувство ответственности, оперативное взаимодействие с производственными подразделениями ЛАО способствовали своевременному и качественному выполнению сложнейших ремонтно-модернизационных работ.

Работы велись при непосредственном участии ремонтных служб КЭЭР и служб эксплуатации стенда КВ-1. Прежде всего, надо отдать должное начальнику службы (в дальнейшем отдела) ремонта и наладки механического оборудования А.В. Калинину, который не только в период подготовки стенда к третьей кампании, но и в дальнейшем, при проведении реконструкции здания 102, проведении межцикловых ремонтов, выполнении сложных работ по устранению дефектов и неисправностей в работе оборудования был палочкой-выручалочкой во всех делах. Для него не существовало (да не существует и сейчас) непреодолимых проблем и производственных вопросов, которые нельзя решить. Импульсивный, со взрывным характером, он мог громко и нелицеприятно высказать любому свое мнение, раскритиковать непродуманное предложение. Но уж если решение принято – можно быть спокойным, Калинин его выполнит с положительным результатом.

Большую помощь в подготовке к проведению ремонтных работ, приемке оборудования и систем после ремонта оказывал начальник группы эксплуатации ЭЭР-2 В.А. Цыганков. Он досконально знал состав и устройство всех механических систем контейнера, поэтому мог квалифицированно и непредвзято взаимодействовать с ремонтниками ЛАО и КЭЭР.

В соответствии с приказом Министра среднего машиностроения от июля 1987 г. ВНИПИЭТом был разработан рабочий проект реконструкции здания 102 с целью повышения надежности эксплуатации стенда КВ-1 и обеспечения безопасности его работы.

При первоначальном проектировании стенда КВ-1 в шестидесятые годы двадцатого века ВНИПИЭТ не имел достаточного опыта создания подобных стендов, отсутствовал опыт эксплуатации таких объектов, другими были нормы техники безопасности, пожароопасности и прочие спецтребования. В результа-



Цыганков В.А.

те длительной эксплуатации стенда КВ-1 морально устарело оборудование систем здания 102, к тому же значительная часть оборудования выработала технический ресурс, отдельные строительные конструкции пришли в неудовлетворительное состояние.

В связи с аварией на Чернобыльской АЭС была создана комиссия по обследованию технического состояния здания 102 и обслуживающих систем. По результатам работы комиссии были оформлены предложения по необходимой доработке систем и реконструкции здания. Поэтому и возникла необходимость выполнить проектные проработки с целью определения возможности доведения обеспечивающих и локализирующих систем здания до максимально возможного уровня безопасности и надежности, определения обоснованных объемов работ и размеров централизованных капвложений на реконструкцию и техническое перевооружение. Рабочим проектом, выпущенным в 1989 году, предусматривалась реконструкция и создание вновь следующих систем здания 102:

- система воздухо- и азотообеспечения;
- система выдержки газов;
- система общеобменной вентиляции, обеспечивающей функционирование электротехнических помещений
- система производственного водоснабжения;
- монтаж противопожарного водопровода, подключаемого к трубопроводу от новой насосной станции;
- замена распределительного щита 380 В на комплексную трансформаторную подстанцию;
- монтаж дополнительных преобразователей на 500 кВт переменного тока и 70 кВт постоянного тока;
- замена системы радиационного контроля на новую систему КМК-1;
- строительство пристройки к зданию 102 для размещения дополнительных систем вентиляции.

При детальном рассмотрении проекта реконструкции выяснилось, что стоимость работ значительно превышает выделяемую по капитальным вложениям сумму, а выполнение работ не укладывается в сроки, предусмотренные приказом Министерства.

По инициативе заместителя главного инженера КЭЭР В.М. Рыжова и начальника службы эксплуатации электрооборудования ЭЭР-2 Ю.М. Ефимова проект реконструкции был пересмотрен и предложен вариант пускового минимума реконструкции здания 102.

Суть предложения заключалась в следующем:

- пристройку к зданию 102 не выполнять, а разместить дополнительные системы вентиляции (в первую очередь систему вытяжной вентиляции аккумуляторной батареи) в помещениях здания, произведя необходимую перепланировку;

- в связи с отсутствием кольцевого пожарного водопровода на территории пром-площадки для обеспечения пожарной безопасности в здании 102 смонтировать повысительную насосную станцию с подключением ее к системе технического водоснабжения;
- не производить покрытие колонн и стоек фахверка специальным огнезащитным составом, т. к. вновь устанавливаемые лафетные стволы на отм. +12,0 м обеспечивают подачу воды в пределах всего центрального зала.

ВНИПИЭТом в октябре 1990 г. был выпущен рабочий проект пускового минимума реконструкции здания 102, впоследствии реализованный в установленные сроки. Стоимость работ по реконструкции не превысила утвержденного лимита. Самое главное, что при этом были учтены все нормативные требования по безопасности.

НИТИ в процессе эксплуатации стендов-прототипов всегда уделял первостепенное внимание вопросам ядерной безопасности. Приказом по институту было введено «Положение по обеспечению ядерной безопасности в НИТИ». Основным разработчиком этого положения являлся ответственный за контроль ЯБ на стендах В.Г. Рябчиков.

Используя опыт и результаты проведения испытаний в 1988 году транспортного упаковочного комплекта ТУК-18, в период с 12.06.1990 по 16.06.1990 была произведена перегрузка ОТВС из бассейна выдержки здания 102 в транспортные контейнеры ТК-18 с последующей их отправкой на переработку в ПО «Маяк». Эта работа также значительно способствовала обеспечению ядерной безопасности при хранении отработавшего ядерного топлива.

В 1991 году по стенду КВ-1 проводились ремонтно-модернизационные работы на установке в соответствии с совместным решением ведомств и утвержденным графиком.

Большую трудность в этот период представляла проблема заказа и поставки с заводов-изготовителей оборудования для замены выработавшего технический ресурс и срок службы.

Так как в составе ЯЭУ стенда КВ-1 в основном были применены опытные и изготовленные в единственном экземпляре образцы технологического оборудования, то такие предприятия, как «Пролетарский завод», завод «Компрессор», опытный завод ВНИИЭМ и другие в категоричной форме отказывались от изготовления новых насосов, компрессоров, преобразователей, ссылаясь на отсутствие технической документации, оснастки и т.д. Поэтому приходилось договариваться об изготовлении отдельных запасных частей, блоков и затем по результатам ревизии и доработок принимать решение о продлении срока службы и технического ресурса соответствующего оборудования.

Началась подготовка к загрузке активной зоны реактора для третьей кампании. Приказом по НИТИ была назначена рабочая группа по организации работ

по загрузке а.з. реактора стенда КВ-1. Руководителем группы – ответственным за загрузку назначен А.И. Хозичев, его заместителями В.М. Рыжов и Г.Л. Шитарев.

Была выполнена реконструкция и наладка технологических систем здания 102 (воздуха высокого давления, азота, вентиляции и др.). Произведена модернизация тренажёра ДИАНА-В1. Подготовлена программа испытаний стенда КВ-1 в третьей кампании. Осуществлялось техническое обслуживание оборудования и систем, проводились пусконаладочные работы и испытания прошедших модернизацию систем.

Приказом директора института от 19.11.1993 организационно оформлен допуск персонала к работам по загрузке активной зоны. Ответственным за загрузку был назначен А.И. Хозичев, его заместителем – В.С. Тамбовцев. Ответственными руководителями работ (руководителями бригад загрузки) назначены В.А. Цыганков, В.В. Шаров, Г.Л. Шитарев. Приказом назначены также ответственные представители физлаборатории (ОПФ), представители физлаборатории (ПФ), инженеры КИП аппаратуры контроля, слесари-механики, транспортировщики, дозиметристы и соответствующий сменный персонал.

После выполнения всех работ по модернизации систем ЯЭУ стенда и реконструкции систем здания 102 с 16 декабря 1993 г. была начата загрузка активной зоны. Контроль ядерной безопасности при загрузке осуществляла группа ЯБ согласно «Положению по обеспечению ядерной безопасности в НИТИ». Загрузка производилась в две смены, включая выходные дни, и была окончена 22.12.1993.

В связи с длительным циклом изготовления оборудования для выгрузки или частичной перегрузки ОТВС из реактора стенда КВ-1 в течение 1993 года был организационно решён вопрос об изготовлении для НИТИ комплекта перегрузочного оборудования ОК-300 ПБМ. На техническом совещании 01.04.1993 представителей предприятий ОКБМ, НИТИ, 1-го ЦНИИ МО РФ, 4939-го ВП МО были рассмотрены проработки ОКБМ по частичной перегрузке и необходимом объёме перегрузочного оборудования и возможность использования в НИТИ комплекта ОК-300 ПБМ, принадлежащего ТУ Северного флота.

Совещание решило:

- НИТИ и ОКБМ провести переговоры с Нижегородским машиностроительным заводом (НМЗ) о возможности изготовления нового комплекта ОК-300 ПБМ с учётом специфики стенда КВ-1;
- первому ЦНИИ МО РФ выяснить в ТУ СФ возможность передачи НИТИ во временное пользование изготовленного ранее и используемого на СФ комплекта ОК-300 ПБМ для выгрузки активных зон.

После того, как ТУ СФ категорически отказало передать НИТИ перегрузочное оборудование, было решено оформлять заказ на его изготовление в НМЗ. 21.04.1993 в НМЗ состоялось техническое совещание представителей предприятий НМЗ, ОКБМ и НИТИ, которое приняло следующее решение:

- ПО НМЗ по договору с НИТИ изготовить один комплект ОК-300 ПБМ в объёме согласно заказной спецификации института;
- ориентировочный срок поставки комплекта – 1995 год (в дальнейшем был уточнён договором);
- для обеспечения возможности НМЗ заказа материалов и комплектующих НИТИ должен решить вопрос о частичной предоплате.

Здесь необходимо отметить – несмотря на тяжёлое финансовое положение институт изыскал возможность сделать предоплату заводу, а НМЗ изготовил комплект ОК-300 ПБМ практически в сроки, указанные в договоре, благодаря чему в дальнейшем на стенде КВ-1 не было проблем ни с выгрузкой активной зоны, ни с частичной перегрузкой.

1994-й год стал завершающим в подготовке стенда КВ-1 к пуску и межведомственным испытаниям. В марте проведены гидравлические испытания основного разъёма реактора с установленной по штатному крышкой, подготовлена система безбатарейного расхолаживания (ББР) к проведению заводских испытаний. Произведена замена конденсатных насосов, смонтирована новая цистерна запаса питательной воды.

В апреле 1994 г. после проведения гамма-сканирования загружены в реактор экспериментальные тепловыделяющие сборки (ТВС) и нейтронно-физические зонды.

В августе 1994 г. закончен механомонтаж электрогенератора Т-25.6, предназначенного для снятия нагрузки с главной турбины и выдачи электроэнергии в сеть «Ленэнерго». Генератор с обеспечивающими системами был допущен к проворачиванию и дальнейшему проведению электромонтажных работ.

В сентябре проведены гидравлические испытания первого контура с реактором и обеспечивающими системами.

В октябре закончена ревизия аппаратуры КСУ ТС «Сталь-1», в результате чего система допущена к испытаниям в составе стенда КВ-1.

17 ноября 1994 г. совместным решением была назначена межведомственная комиссия по проведению МВИ стенда КВ-1 после модернизации в составе:

Председатель – В.П. Журавлёв;

Заместители председателя – О.Ю. Лейкин и В.Е. Воронин (НИТИ).

В состав комиссии вошли представители ОКБМ, ЦКБМТ «Рубин», НПО «Аврора», РНЦ «Курчатовский институт», 1-го ЦНИИ МО РФ, 4939-го ВП МО.

Учитывая длительный перерыв в работе стенда КВ-1 предписывалось первый ввод его в действие до мощности турбогенераторного режима провести в присутствии ответственных представителей ОКБМ, ЦКБМТ «Рубин», РНЦ «Курчатовский институт», НПО «Аврора», 1-го ЦНИИ МО РФ, 4939-го ВП МО.

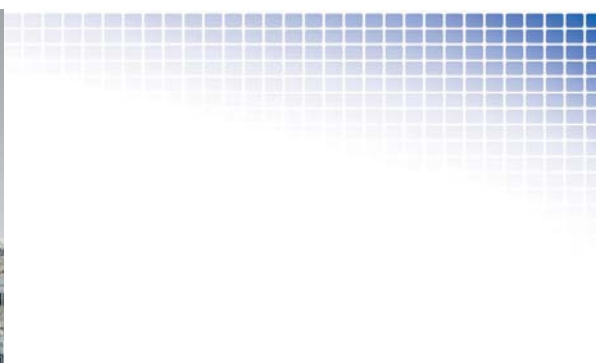
05.12.1994 был оформлен акт комиссии СЕМТО ГАН о разрешении на проведение физпуска, нейтронно-физических и теплотехнических измерений реактора стенда КВ-1.



Баранов В.Н.



Бодунов Е.М.



Ефимов Ю.М.



Задорин Б.Ф.



Киреев И.П.



Коломин В.В.



Коровушкин В.И.



Красильников Ю.Н.



Моисеев К.В.



Павлов В.И.



Селичев В.О.



Шкваровский Б.Г.



Ющенко Н.М.

Одним из условий возможности работы стенда КВ-1 в третьей кампании являлось требование по модернизации ИВК АНИС-650 и созданию макетного образца регистратора аварийных событий (РАС-1М), называемого по аналогии с авиацией «чёрным ящиком». К чести отделения динамических исследований специалисты этого подразделения с участием специалистов КЭЭР в сложнейших условиях недофинансирования, новизны создаваемого оборудования, жёсткого лимита времени сумели разработать, изготовить и сдать в начале декабря в опытную эксплуатацию РАС-1М.

На основании приказа директора института с 06.12.1994 был начат физпуск реактора стенда КВ-1, который завершился 20.12.1994. После окончания физпуска и получения удовлетворительных результатов был издан приказ директора НИТИ о проведении с 24.12.1994 межведомственных испытаний ЯЭУ стенда КВ-1.

26.12.1994 ЯЭУ стенда КВ-1 была выведена в турбогенераторный режим.

В подготовке и проведении межведомственных испытаний стенда КВ-1 принимало участие большое количество руководителей и специалистов КЭЭР. Всех их перечислить невозможно, но некоторые фамилии всё же следует назвать. Это: В.Е. Воронин, В.М. Рыжов, А.И. Хозичев, К.В. Моисеев, Д.И. Тригубов, В.О. Селичев, А.В. Калинин, Е.М. Бодунов, И.П. Киреев, Ю.Н. Красильников, В.А. Цыганков, Ю.М. Ефимов, Б.Ф. Задорин, В.Н. Баранов, Н.М. Ющенко, В.И. Павлов, С.М. Березин, В.И. Коровушкин, Б.Г. Шкваровский, В.В. Коломин, В.С. Сеничев, Ю.В. Юрченко.

Таким образом, длительный этап ремонтно-модернизационных работ и подготовки стенда КВ-1 к работе в третьей кампании был успешно завершён.

Министр Российской Федерации по атомной энергии В.Н. Михайлов своим приказом № 556 от 30.12.1994 за успешное осуществление ввода в действие и начало межведомственных испытаний модернизированной ЯЭУ стенда КВ-1 объявил благодарность директору НИТИ В.А. Василенко и главному инженеру В.П. Журавлёву. Комитету по экономике и прогнозированию Минатома предписывалось перечислить НИТИ из централизованного фонда Министерства десять миллионов рублей для премирования сотрудников института, принимавших активное участие в пусконаладочных работах и вводе в действие стенда КВ-1.

Излагая подробно ход работ по подготовке стенда КВ-1 к пуску и испытаниям после ремонта и модернизации, следует отметить о решении межведомственной секции Научно-технического совета Минатома России от 13.10.1994 «О состоянии и направлении дальнейших работ по теме «Тавот», в котором отмечалось:

- отработка активных зон для судовых реакторов требует создание стендов и условий, позволяющих представительно воспроизводить модели будущей реальной эксплуатации этих зон в составе АПЛ или НК. Такие условия и возможности имелись на стендах 27 ВМ (ФЭИ), 346 А и 346 Б (УЦ Пальдиски), КВ-1, КВ-2 и ВАУ-6с (НИТИ). Удобным полигоном для массовых испытаний элементной базы новых судовых активных зон являлись также атомные ледоколы.

По различным причинам к рассматриваемому периоду времени прекращена эксплуатация стендов 27 ВМ, 346 А, 346 Б, ВАУ-6с. В связи с этим такие вопросы как отработка и испытания новой элементной базы корабельных зон и подтверждение её показателей надёжности не обеспечиваются оставшимися стендовыми возможностями (НИТИ) и ледокольными реакторами. Требуется более совершенное нормативное и методическое обеспечение, включая комплексные ресурсные и факторные испытания и проверки (конструктивные, технологические, режимные и т.п.).

Разработкой темы «Тавот», заказанной и первоначально финансируемой ВМФ, имелось в виду восполнить экспериментальную базу для отработки новых корабельных активных зон и их составных элементов. Согласованным в 1991 году техническим заданием на эту тему предполагалось разработать применительно к условиям НИТИ следующие варианты:

- новый экспериментальный реактор на базе имеющейся инфраструктуры института (разработчик НИКИЭТ);
- модернизация имеющегося стенда КВ-1 (после третьей кампании) под задачи экспериментальной отработки новых активных зон и их составных элементов с дооснащением реактора экспериментальными петлями (разработчик ОКБМ).

Эскизным проектом ОКБМ, разработанным в 1994 году, предусматривалось оснащение реактора стенда КВ-1 восемью экспериментальными ТВС прямой выгрузки и пятью петлями для размещения в них экспериментальных ТВС и проведения радиационных испытаний материалов. Такая модернизация по мнению ОКБМ могла быть реализована в период 1998...2001 гг. и оценивалась в части ППУ в 6,4 млн. рублей (в ценах 1991 года).

Эскизный проект НИКИЭТ предусматривал создание нового экспериментального реактора в отдельном здании с использованием остальной инфраструктуры промплощадки НИТИ. Это решение по материалам НИКИЭТ могло быть реализовано к 2010...2015 гг. и оценивалось по проекту на ОКР в 121,5 млн. руб. и сооружение в 102 млн. руб. (в ценах 1991 года).

РНЦ «Курчатовский институт» разработал «Концепцию экспериментального ядерного реактора и испытаний в нём составных частей корабельных активных зон».

Секция НТС решила:

- одобрить основные принципы, заложенные в разработанной РНЦ «Курчатовский институт» «Концепции экспериментального ядерного реактора». РНЦ «Курчатовский институт» отдельно дать экспертное заключение по ресурсной возможности корпуса реактора стенда КВ-1 после третьей кампании.
- проект ОКБМ по приспособлению стенда КВ-1 для экспериментальной отработки корабельных активных зон рассматривать как модернизацию стен-

да КВ-1, т.е. статус этого стенда как прототипа корабельной ЯЭУ сохраняется и порядок разработки должен быть сохранен таким же, каким был на стенде КВ-1 до того.

- работы НИКИЭТ по разработке нового реактора для отработки корабельных активных зон целесообразно продолжить. Наряду с продолжением конструкторских проработок следует обратить особое внимание на аспекты, имеющие общий характер (нормативно-технические вопросы, методики испытаний и исследований и т.п.).

В дальнейшем в конце третьей кампании ЯЭУ стенда КВ-1 было принято другое решение: по окончании третьей кампании провести внутрореакторную дефектацию ОТВС, произвести частичную перегрузку и продолжать работу стенда для определения максимально возможной кампании активной зоны. Но об этом будет изложено в дальнейшем.

Межведомственные испытания, начатые 24.12.1994, были завершены 23.01.1995. Учитывая положительные результаты испытаний, подтвердившие в целом соответствие технических характеристик ЯЭУ стенда проектным значениям, совместным решением 16 ГНТУ и Главного управления кораблестроения (ГУК) ВМФ от 01.02. 1995 были определены задачи стенда в третьей кампании. В частности в решении было записано:

1. Акт и материалы МВК по проведению испытаний ЯЭУ стенда КВ-1 с ППУ ОК-650 БК после дооборудования и модернизации в обеспечение третьей кампании утвердить.
2. НИТИ с учётом рекомендаций МВК разработать дополнение к программе испытаний, исследований и работ на стенде в третьей кампании на основе предложений заинтересованных организаций.
3. Для решения оперативных вопросов и анализа результатов при проведении ресурсных испытаний активной зоны организовать рабочую группу, состав которой утвердить в 16 ГНТУ Минатома России по согласованию с ГУКом.
4. Ход испытаний ЯЭУ стенда КВ-1 в третьей кампании периодически, не реже 1 раза в год, рассматривать в НИТИ с участием представителей заинтересованных организаций.
5. Финансирование работ по указанному решению осуществлять в следующем порядке:
 - за счёт средств ВМФ:
 - работы по устранению замечаний и реализации предложений МВК, связанных с разработкой, изготовлением, монтажом и испытаниями оборудования и приборов ЯЭУ, относящиеся к корабельной номенклатуре;
 - исследования и испытания по утверждённой программе.
 - за счёт средств Минатома России – работы по изготовлению оборудования и систем, приборов по зданию 102, инженерного обеспечения стен-

да некорабельными системами и конструкциями.

После завершения межведомственных испытаний и утверждения акта МВИ был составлен перечень замечаний по результатам испытаний. Работы по этому перечню были оперативно выполнены, и с 04.03.1995 по 30.03.1995 осуществлён контрольный ввод ЯЭУ стенда КВ-1 в действие и нейтронно-физические измерения реактора.

В соответствии с приказом директора института от 31.03.1995 на основании результатов МВИ и измерений нейтронно-физических характеристик с 31 марта 1995 г. начата эксплуатация стенда КВ-1 в третьей кампании.

В течение 1995 года проведены два цикла ресурсных испытаний активной зоны реактора. При выполнении отдельных режимов ресурсных испытаний, связанных с глубоким термоциклированием оборудования ППУ с апреля 1995 г. стали появляться случаи нестабильной течи паровых коллекторов ПГ сборки 182, поэтому во 2-м (1995) и 3-м (1996) циклах испытаний из программы были исключены режимы, способствующие разуплотнению паровых коллекторов ПГ.

В октябре 1995 г. проведены испытания по определению места негерметичности второго контура установки при снятом блоке защиты. При этом обнаружено визуальное запаривание реакторной выгородки при штатном выводе установки из действия и промывке ПГ влажным паром. По результатам испытаний было принято решение о замене медных прокладок в узлах уплотнения крышек паровых коллекторов ПГ-3.

К сожалению, проведённая работа не дала положительного результата. Стало очевидным, что без проведения специальных исследований определить неплотность ПГ и конкретную причину разуплотнения не представлялось возможным. Рабочая группа по ресурсным испытаниям активной зоны реактора стенда КВ-1 20.12.1995 приняла решение: с целью исключения дальнейшего увеличения неплотности ПГ до выяснения причин её появления проводить испытания ЯЭУ во 2-м и 3-м циклах, исключив переходные режимы, предусмотренные программой испытаний.

В начале 1996 года на стенде КВ-1 был проведён межцикловый ремонт, в процессе которого выполнены регламентные работы на системах и оборудовании, а также устранены дефекты, выявленные в период 2-го цикла испытаний (кроме неплотности крышек паровых коллекторов парогенераторов).

С 13.03.1996 по 28.06.1996 проведён 3-й цикл ресурсных испытаний активной зоны 11-7. Установка отработала по программе ресурсных испытаний 2378 часов, при этом (в связи с неготовностью электрогенератора Т-25,6) мощность ЯЭУ не превышала величины, установленной рабочей группой по проведению испытаний.

1996-й год стал очень важным для стенда КВ-1 в связи с завершением строительно-монтажных работ, подготовкой к проведению пусконаладочных ис-

пытаний по блоку генератор-трансформатор и вводом в работу турбогенератора Т-25,6 на сеть «Ленэнерго».

В приказе директора НИТИ № 50 от 05.09.1996 были определены основные организационно-технические мероприятия по подготовке к вводу в действие Т-25,6.

В частности предписывалось:

- станду КВ-1 с генератором Т-25,6 присвоить условное диспетчерское наименование блок-станция «Сосновоборская» (сокращённое название БС «СБ») для применения данного наименования в оперативных взаимоотношениях с «Ленэнерго»;
- для координации работ по вводу БС и трансформатора Т-3 на подстанции 169 в работу и для решения возникающих при этом вопросов назначить рабочую группу в составе: руководитель В.М. Рыжов, зам. руководителя И.И. Чечиков; члены группы: А.И. Хозичев, Ю.М. Ефимов, В.Д. Дудник, В.А. Котлярчук, Ю.Г. Кубашин, Ю.С. Кремса, Е.П. Шихов;
- подготовить указание по НИТИ о назначении лиц, ответственных за техническое состояние и безопасную эксплуатацию блок-станции, лиц руководящего оперативного персонала;
- составить программу подготовки и провести обучение персонала смен в связи с возложением на них дополнительных обязанностей по оперативному управлению блок-станцией;
- подготовить необходимые документы для получения лицензии на производство и передачу электрической энергии.

В дальнейшем при подготовке и оформлении всей организационно-распорядительной документации, кадровых назначениях и взаимодействии с «Ленэнерго» с целью оптимизации вопросов эксплуатации блок-станции начальником БС «СБ» был назначен А.И. Хозичев, введён дополнительный пост по контролю за работой генератора, а все взаимоотношения с диспетчерской службой «Ленэнерго» стал выполнять оперативный персонал станда КВ-1.

С 20.01.1997 по 05.07.1997 на стенде проведен 4-й цикл испытаний.

При первоначальных пусках электрогенератора Т-25,6 и выводе его на номинальные обороты выявилась недопустимая вибрация линии вала от главной турбины до генератора. В соответствии с предложениями Кировского завода была произведена установка специальных грузов на промвал между турбиной и генератором и последующая его балансировка. 18.02.1997 выполнены контрольные измерения уровней вибрации промвала в штатных точках контроля на холостом ходу работы генератора. Величины вибрации главного турбинного агрегата с промвалом не превысили допустимых значений и генератор был допущен к работе по прямому назначению в составе станда КВ-1 для снятия нагрузки с главной турбины и выработки электроэнергии.

В течение 1997 года на стенде проводились исследования температурного

состояния трубопроводов и коллектора системы компенсации давления (КД), которые позволили количественно оценить влияние режимов эксплуатации ЯЭУ на долговечность системы КД. Испытания по термометрированию блоков очистки и расхолаживания (БОиР) показали наличие колебаний температуры элементов трубной системы теплообменников первого-третьего контуров во всех переходных и стационарных режимах.

Контроль и оценка состояния активной зоны проводились в соответствии с требованиями «Руководства ... РТК-83». Комплексный анализ результатов измерения активности продуктов деления в пробах теплоносителя однозначно свидетельствовали о герметичности оболочек ТВЭЛов, а состояние активной зоны оценивалось как «нормальное».

В 1997 году были завершены работы по изготовлению опытного образца штатного регистратора аварийных событий (РАС-1), предназначенного для сбора, хранения и обработки данных об аварийных ситуациях на ЯЭУ стенда КВ-1 в обеспечение требований ПБЯ. РАС-1 смонтирован в специальной выгородке и проведены необходимые работы по его подключению к штатным системам стенда.

В конце 1997 года экспериментально проверены условия подготовки и работы оборудования ЯЭУ, обеспечивающие проведение гидравлических испытаний при повышенной свыше 100 °С температуре воды первого контура. Это необходимо в связи с ростом энерговыработки реактора и, соответственно, увеличением флюенса (интегрального потока нейтронов на корпус реактора). За счет работы двух ЦНПК на большой скорости теплоноситель был разогрет до 138 °С за 11 часов.

В 1998 году проведены два цикла ресурсных испытаний активной зоны реактора. Результаты измерений, проводимые в течение года, показали, что нейтронно-физические характеристики с течением кампании изменяются в соответствии с проектными значениями и удовлетворяют требованиям ПБЯ. Проведённые контрольные теплогидравлические расчёты активной зоны по полученным экспериментальным данным и фактическим полям энерговыделения подтвердили соответствие наблюдаемых в ходе ресурсных испытаний изменений теплотехнических характеристик экспериментальных ТВС изменению нейтронно-физических параметров а.з. (выгоранию, положению компенсирующих решёток и т.д.), что в свою очередь свидетельствовало об отсутствии каких-либо нарушений в работе экспериментальных каналов.

Продолжались ресурсные испытания трубной системы парогенератора ПГ-2 сборки 185. Эта трубная система была изготовлена специально для стенда КВ-1. К началу февраля 1998 г. назначенный ресурс трубной системы ПГ-2 был выработан. В период межциклового ремонта с 20.07.1998 по 19.08.1998 по рекомендации ОКБМ выполнен комплекс организационно-технических мероприятий в обеспечение продления ресурса. По результатам выполненных работ ОКБМ при-

нято решение о возможности дальнейшей эксплуатации трубной системы сборки 185 сверх достигнутого проектного значения.

В январе 1998 г. при работе ГТА на холостом ходу произошёл отказ в работе регулятора скорости. При этом появилась повышенная вибрация и шум в районе привода импульсного насоса системы регулирования и защиты ГТА. Было принято решение о замене штатного шестеренчатого импульсного насоса на винтовой масляный насос ВМН-II с приводом непосредственно от вала генератора Т-25,6 через втулочно-пальцевую муфту. После определённой наладки система РУЗ ГТА была допущена к работе в качестве штатной. Основными инициаторами и непосредственными исполнителями этой довольно-таки сложной работы были А.И. Хозичев, В.А. Цыганков, А.В. Калинин, В.П. Колесников.

Ввод генератора Т-25,6 в эксплуатацию в качестве нагрузочного устройства главной турбины позволил проводить ресурсные испытания ЯЭУ стенда КВ-1 на высоких уровнях мощности вплоть до номинальной, при этом в 1998 г. в сеть «Ленэнерго» было выдано ~ 32000 МВтч электроэнергии.



Калинин А.В.



Колесников В.П.

В 1998 году учёными и специалистами НИТИ разработана методология ранней физико-химической диагностики межконтурной плотности оборудования корабельных ЯЭУ при работающем и остановленном реакторе. Сконструирована, изготовлена, смонтирована и испытана на стенде КВ-1 простая и надёжная система контроля плотности ПГ, обладающая более высокой чувствительностью по сравнению с действующей штатной системой контроля. Разработка являлась полностью применимой к внедрению на АПЛ с участием специалистов института.

При вводе в действие установки 19.11.1998 вышел из строя переборочный сальник промежуточного вала между главной турбиной и электрогенератором. Вследствие трения вала о конструкции сальника произошёл его перегрев, что привело к искривлению вала и увеличению вибрации сверх допустимых значений. По этой причине мощность ЯЭУ стенда была ограничена 30 % $N_{\text{ном}}$. После деформации промежуточного вала в районе переборочного сальника предпринималось несколько попыток его балансировки, но, к сожалению, однозначного положительного результата так и не было получено. Поэтому институт был вынужден обратиться на Кировский завод (завод «Киров-Энергомаш») с просьбой об изготовлении нового вала.

В 1999 году на стенде проведены три цикла испытаний ЯЭУ и два межци-

кловых ремонта. Продолжались пусконаладочные работы по системе технической диагностики (СТД) паротурбинной установки вместе с линией вала, после чего СТД была допущена к проведению измерений и опытной эксплуатации. По просьбе эксплуатационного персонала стенда отображение информации по вибросостоянию основного оборудования и линии вала было выведено на пульт управления ЯЭУ и пульт начальника смены.

В соответствии с методическими указаниями ОКБМ проведены эксперименты по термометрированию компенсаторов объёма в условиях имитации изменённого алгоритма управления компенсирующими решётками системы управления и защиты реактора.

В период с июля по октябрь 1999 г. проведён большой объём работ по освидетельствованию оборудования с целью продления технического ресурса и срока службы по паротурбинной установке и вспомогательным системам ППУ. Срок службы оборудования продлён до конца 2004 года.

Трубная система ПГ-2 (сборка 185) по уточнённому расчёту ОКБМ удовлетворяла требованиям норм на прочность до конца третьей кампании.

Приказом директора НИТИ 21.10.99 была назначена межведомственная комиссия по приёмке опытного образца регистратора аварийных событий (РАС-1). Председателем комиссии утвержден представитель I ЦНИИ МО РФ С.А. Петров, его заместителями – директор НИТИ В.А. Василенко и руководитель 4939 ВП МО Б.И. Лозыченко. При проведении межведомственных испытаний РАС-1 на ЯЭУ стенда КВ-1 информация регистрировалась параллельно устройством РАС-1 и макетным образцом РАС-1М из комплекса АНИС-В1. После испытаний РАС-1 введен в штатную эксплуатацию.

В 2000 г. на стенде проведено два цикла испытаний, но затем с 21.07.2000 стенд был выведен в длительный ремонт. Во-первых, требовалось провести капитальный ремонт турбогенератора Т-25,6 в связи со значительным уменьшением сопротивления изоляции обмоток ротора генератора. Во-вторых (и это самое главное), согласно расчётного анализа циклической прочности системы компенсации давления (СКД), выполненного ОКБМ с учётом результатов проведенных институтом исследований фактического температурного состояния СКД, была спрогнозирована возможность зарождения трещин на внутренних поверхностях наиболее напряжённых узлов системы.

Техническим решением № 41-44-00 от 28.07.2000 предприятия ОКБМ, НИТИ и ЦКБ МТ «Рубин» решили:

- провести ремонт трубопроводов водяного тракта системы компенсации давления, для чего демонтировать и затем восстановить трубопровод водяного тракта блока КО с использованием вновь изготовленных угольников и коллектора;
- выполнить ревизию сварных соединений СКД;
- разработать необходимую документацию на ремонт трубопроводов;

– изготовить и поставить комплект деталей и узлов, в том числе для последующего проведения термометрии СКД.

Учитывая важность результатов испытаний ЯЭУ стенда КВ-1 и, в первую очередь, ресурсных испытаний активной зоны реактора по подтверждению назначенного энергозапаса, НИТИ в августе 2000 г. подготовил проект решения Управления кораблестроения ВМФ (УКор) и Департамента по атомной энергетике Минатома РФ «О выполнении работ по ремонту коммуникаций системы компенсации давления на стенде КВ-1».

Проект решения был подписан руководителем Департамента по атомной энергетике и затем направлен на утверждение начальнику УКор А.Ф. Шлемову. Предполагая, что решение будет несомненно утверждено начальником УКор, и, понимая, что предстоящая работа является длительной и весьма трудоёмкой, НИТИ в сентябре 2000 г. приступил к ремонту системы компенсации давления и к ноябрю выполнил примерно 50 % демонтажных работ с обеспечением безопасного поддержания ЯЭУ стенда в период ремонта.

В сопровождавшем проект решения письме на имя А.Ф. Шлемова институт объяснил важность данной работы, необходимость её проведения в кратчайшие сроки и возможность получения практических результатов.

К сожалению, руководство УКор заняло неконструктивную позицию, обвинив в своем ответе институт в самоуправстве и некомпетентности, и возвратило проект решения без утверждения. Как выяснилось впоследствии на личной встрече В.П. Журавлёва и В.М. Рыжова с начальником одного из отделов УКор В.Н. Косицыным, основной причиной отказа от утверждения проекта решения было отсутствие финансирования этой работы по линии ВМФ.

*Пульт начальника смены
стенда КВ-1*



Несмотря на отказ УКор от утверждения предложенного проекта решения НИТИ был вынужден продолжать начатые работы за счёт собственной прибыли, и как показали дальнейшие результаты проведённых исследований сварных соединений трубопроводов СКД – это нужно было делать обязательно во избежание серьёзной аварийной ситуации, но об этом будет рассказано в дальнейшем.

Проведенное в сентябре 2000 г. техническое освидетельствование аккумуляторной батареи выявило значительное количество неисправных аккумуляторов. При гарантийном сроке службы АБ 2,5 года фактический срок службы составил 7 лет. АБ полностью исчерпала свой ресурс, её работоспособность не могла быть восстановлена и она подлежала демонтажу и утилизации.

Учитывая значительную наработку и срок службы технологического оборудования стенда КВ-1 и в целях более тщательного технического освидетельствования оборудования и систем, указанием главного инженера института была назначена комиссия по продлению срока службы оборудования стенда под руководством А.И. Хозичева. Заместителями председателя комиссии назначены К.В. Моисеев и Д.И. Тригубов. В комиссию были включены руководители и специалисты отделов ремонта и наладки КЭЭР и эксплуатационных подразделений ЭЭР-2.

Проведённая комиссионно совместно с НПО «Аврора» в период август-октябрь 2000 г. ревизия КСУ ТС «Сталь-1» подтвердила значительную наработку аппаратуры КСУ (по отдельным системам превышающую расчётный технический ресурс в 2-3 раза). С учётом постоянного и квалифицированного регламентного контроля за техническим состоянием КСУ, своевременной заменой отдельных элементов системы, проверки работоспособности аппаратуры с помощью стендов контрольно-проверочной аппаратуры комиссия признала КСУ ТС «Сталь-1» работоспособной и допустила её к дальнейшей эксплуатации до 2002 года.

ОКОНЧАНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ И ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СТЕНДА КВ-2



В.Я. Георге
Начальник стенда КВ-2

На стенде КВ-2 продолжались монтажные работы, но, к сожалению, ход этих работ не мог обеспечить выполнение в срок и сдачу заказчику оборудования и систем.

23.01.1990 на заседании межведомственного координационного совета (МКС) по межотраслевой системе целевого управления созданием стенда КВ-2 под председательством заместителя Министра судостроительной промышленности Л.Н. Резунова отмечалось, что работы ЛАО по монтажу стенда ведутся крайне неудовлетворительно. Фактически эти работы отстают от утвержденного графика на восемь месяцев.

МКС в своем решении предложил директору ЛАО В.Л. Александрову включить в план 1990 года работы по завершению монтажа стенда в III кв. как товар-

ную продукцию, а начальнику ЦКБ МТ «Рубин» И.Д. Спасскому усилить группу технического сопровождения стенда.

МКС дал ряд поручений руководителям предприятий по принятию мер для ликвидации «узких» мест со сроками их исполнения:

- Балтийскому заводу выполнить ремонт теплообменника сборки 15 в июне 1990 г.;
- НПО «Аврора» поставить приборную часть СУЗ «Алиот-2» во II кв. 1990 г.;
- Брянскому заводу технологического оборудования поставить подвески ионизационных камер ПИК-24-1 в июне 1990 г.;
- ПО «Ижорский завод» обеспечить поставку станины специзоляции на крышке ПГБ в феврале 1990 г.

Несмотря на это решение МКС, утвердившего график со сроком окончания работ по монтажу ЯЭУ в III квартале 1990 г., строительство стенда КВ-2 затянулось еще на несколько лет. К концу 1990 года было закрыто всего 54 построечных удостоверения из 133.

Следует отметить, что еще в 1990 году НИТИ высказал свое опасение по поводу работоспособности сигнализатора уровня МАС-1, предназначенного для ППУ реактора стенда КВ-2.

Письмом от 10.05.1990 на имя главного конструктора ОКБМ Г.Ф. Носова и главного конструктора ЦКБМТ «Рубин» по стенду КВ-2 Э.Р. Поляка институт сообщил, что техническое решение об использовании сигнализатора уровня МАС-1 и протокол технического совещания по результатам испытаний МАС-1 на стенде ОКБМ от 26.03.1990 НИТИ не утверждает, так как он не принимал участия в разработке ТЗ, рассмотрении конструкторской документации и проведении испытаний. Проверку работоспособности сигнализатора в динамических режимах в составе ППУ можно провести только при наличии в ПГБ других приборов измерения уровня.

По мнению института, применение МАС-1 для ПГБ не обосновано, более того, прибор не может работать в составе блока. Эти опасения НИТИ в дальнейшем полностью подтвердились при проведении МВИ и ресурсных испытаний ЯЭУ стенда.

30.04.1991 межведомственной секцией научно-технического совета МАЭП была рассмотрена программа научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ и ресурсных испытаний на стенде КВ-2. Секция отметила, что на стенде продолжается монтаж основного оборудования и систем (закрыто 80 построечных удостоверений из общего числа 133). Пароконденсационная установка (ПКУ) испытана паром от котельной. Сформированы сдаточная команда и испытательная партия. Создан тренажёр ДИАНА-В2, организована подготовка операторов с использованием тренажёра. Завершено изготовление активной зоны. Для оперативного решения технических вопросов на стенде сформирована группа ответственных представителей предприятий.

Межведомственная секция указала на недостатки, имеющиеся при завершении работ по стенду:

- НИТИ не завершил укомплектование операторского персонала эксплуатации;
- НПО «Буревестник» прекратило работы по созданию прибора «Барьер»;
- ЛАО допустило отставание в выполнении монтажных работ по графику, утвержденному МСП и МАЭП;
- НИТИ не согласовал и не оформил состав межведомственной комиссии по проведению испытаний;
- требуется проведение дополнительного анализа достаточности мер, принятых в обеспечение ядерной безопасности ЯЭУ стенда КВ-2.

Основными приоритетными задачами при испытаниях ЯЭУ секция определила следующие:

- возможность работы на естественной циркуляции (ЕЦ) теплоносителя первого контура во всем диапазоне мощности;
- проверка паровой системы компенсации давления;
- функционирование моноблочной компоновки оборудования первого контура;
- оптимизация режимов пуска, разогрева, ввода и вывода установки при наклоненном положении моноблока;
- отработка водно-химического и газового режимов;
- исследование радиационной обстановки;
- отработка вопросов эксплуатации ЯЭУ и базового обеспечения при эксплуатации;
- испытания нового опытного оборудования, средств и методов контроля состояния ЯЭУ.

Как было указано выше, для оперативного решения на месте технических и организационных вопросов при монтаже стенда КВ-2 была образована рабочая группа.

Группа создана в январе 1991 г. по совместному решению 16 ГНТУ МАЭП и ГУК ВМФ. Окончательный состав рабочей группы был оформлен совместным приказом руководителей ЛАО, ЦКБМТ «Рубин» и НИТИ в составе:

- руководитель - В.Е. Воронин – НИТИ;
- зам. руководителя – В.В. Колмо – 208 ВП МО;
- зам. руководителя – В.А. Таланов – ЛАО.

В течение года группа провела 20 заседаний, на которых были рассмотрены многочисленные вопросы состояния монтажных работ по стенду КВ-2, приняты решения по отдельным проблемным и спорным вопросам, намечены конкретные мероприятия по устранению недостатков.

В связи с получением институтом активной зоны для реактора стенда КВ-2

приказом по НИТИ от 05.03.1991 была назначена комиссия по ее приемке в составе:

Ю.Т. Орехов – ответственный руководитель работ (ОР);

Г.Л. Шитарев – заместитель ОР;

В.П. Колесников, А.А. Побережный – ответственные исполнители работ.

Н.А. Виногоров, Д.А. Симуткин, Ю.С. Гапешко, А.Н. Пименов – представители физ. лаборатории.

А.Г. Артмонов – ответственный за приемку и хранение активной зоны.

Приказом по НИТИ № 116 от 24.06.1991 назначена комиссия по аттестации персонала для загрузки а.з. реактора стенда КВ-2 под председательством В.П. Журавлева. Заместителем председателя являлся Ю.Т. Орехов.

Приказом по НИТИ № 119 от 24.06.1991 сформированы бригады по загрузке а.з. реактора стенда КВ-2. Ответственным за загрузку назначен Ю.Т. Орехов, заместителем – Ю.А. Грознов. Ответственными исполнителями работ назначены В.П. Колесников и А.А. Побережный. Ответственными представителями физ. лаборатории назначены Н.А. Виногоров и Д.А. Симуткин.

Исполнителями работ (ИР) назначены специалисты отдела ремонта механического оборудования и эксплуатационного подразделения ЭЭР-3.

Основными работами по мере готовности являлись следующие:

– заполнение водой парогенерирующего блока (ПГБ);

– проверка хода компенсирующих групп (КГ);

– гидравлические испытания первого контура;

– монтаж приводов исполнительных механизмов (ИМ СУЗ) и проверка их на самоход в нормальном состоянии контейнера.

В 1992 году на стенде КВ-2 производилось обслуживание систем и оборудования, принятых в эксплуатацию, велась подготовка к проведению пуска и межведомственных испытаний стенда. Проводилась подготовка персонала на рабочие места, в том числе и с помощью тренажёра ДИАНА-B2.



Орехов Ю.Т.



Грознов Ю.А.



Шитарев Г.Л.

Приказом по НИТИ 13.04.1992 была назначена комиссия по проверке готовности стенда КВ-2 к проведению загрузки реактора в составе: В.П. Журавлев (председатель), В.Е. Воронин (зам. председателя); члены комиссии: В.Я. Георге, Ю.Т. Орехов, А.В. Калинин, В.Д. Дудник, В.Н. Егоров, А.В. Ельшин, В.Г. Рябчиков, И.А. Гопалов, А.А. Гайдай.

Для обеспечения выдачи избыточной электрической мощности турбогенераторов стенда КВ-2 в сеть Ленэнерго принято техническое решение о реализации в ЭЭС системы автоматической стабилизации и защиты (САС и З), которую должен был разработать ЦНИИСЭТ. При этом НИТИ должен получить разрешение Ленэнерго на подключение турбогенераторов с системой САС и З в сеть Ленэнерго.

В целом ход монтажных работ по стенду КВ-2 был неудовлетворительным. За 1992 год закрыто всего 13 построечных удостоверений.

В ходе монтажа возникла необходимость провести ряд испытаний оборудования, не предусмотренных в технологических процессах:

- проверка работы приводов компенсирующих групп в режиме «самохода»;
- тарировка уровнемера МАС-1 в ПГБ;
- тарировка уровнемера ФЕУ-Д5 в главном конденсаторе и расходной цистерне питательной воды.

Все эти проверки привели к необходимости доработки оборудования.

21.05.1992 состоялось совещание представителей предприятий, участвующих в создании стенда КВ-2, по рассмотрению хода работ и графика завершения строительства стенда.

Совещание констатировало:

1. Решение МСП, МАЭП и ГУК ВМФ от декабря 1991 г. по завершению монтажа стенда КВ-2 в I квартале 1992 г. не выполнено.
2. Ижорским заводом сорваны обязательства по окончанию монтажа станины специзоляции, что не позволяет готовить ПГБ ТМ-4 к загрузке а.з.
3. ГП «Адмиралтейские верфи» не сдало насосное помещение 1-го контейнера под наладку, поэтому не обеспечиваются испытания технологических систем.
4. При наладке и испытаниях систем «Андромеда-2» и «Ирис-2» выявлено большое количество недоработок и замечаний, устранение которых ведется недопустимо медленно.
5. Предприятия – участники работ в связи с нерешенностью вопросов финансирования не приступили к разработке документации согласно «Программы-перечня работ по испытаниям ЯЭУ стенда».

Совместное решение ведомств от 16.07.1992 «О порядке внедрения результатов проработок для повышения безопасности стенда КВ-2» подытожило рабо-

ту по анализу безопасности, выполненную ЦКБ МТ «Рубин», ОКБМ, НПО «Аврора» и ВНИПИЭТ. Анализ систем безопасности и систем, важных для безопасности, показал, что стенд КВ-2, разработанный с соблюдением ОСТ В 95.958-82, в основном соответствует требованиям правил ПБЯ-В.08-88. Вместе с тем, решением предписывалось ЦКБМТ «Рубин» и ВНИПИЭТ провести дополнительный анализ безопасности и выпустить это дополнение в качестве ТОб, как этого требуют правила ПБЯ-В.08.88.

В 1992 году был закрыт договор между ГУК ВМФ и ЦКБ МТ «Рубин», по которому осуществлялось финансирование НИТИ и проектных организаций. Дальнейшее финансирование по линии ВМФ стало производиться по договору между НИТИ и ГУК ВМФ.

За год проведено 25 заседаний рабочей группы по стенду КВ-2. Все решения были направлены на ускорение монтажных работ, устранение различных недостатков в проектах и технологических процессах, обеспечение проведения пусконаладочных работ на сданных системах и оборудовании. В июне 1992 г. проведены пусконаладочные испытания систем и оборудования 2-го контейнера паром от котельной. Опробована работа пароконденсационной установки (ПКУ), турбогенераторов, электрооборудования, систем автоматики и контроля. Испытания проводились с использованием ИВК АНИС-В2.

К устранению замечаний вместе с НИТИ были привлечены КТЗ, ЦКБМТ «Рубин», НПО «Аврора». В декабре 1992 г. окончены испытания всей парогенераторной установки (ППУ, ПКУ) и ЭЭС от постороннего источника пара в объёме программы заводских испытаний.

Для стенда КВ-2 1993-й год стал исключительно важным: 10.02.1993 был подписан акт о готовности стенда к загрузке активной зоны реактора.

В соответствии с приказом директора, 01.03.1993 начата загрузка реактора. Ответственным за загрузку являлся главный инженер стенда Ю.Т. Орехов, его заместителями Ю.А. Грознов и Г.Л. Шитарев. Этим же приказом были назначены ответственные руководители работ, ОПФ, ПФ и весь персонал бригад загрузки и физического контроля, а также необходимый сменный персонал.

Хотя работы по загрузке проводились в две смены без выходных и праздничных дней, учитывая особенности реактора стенда КВ-2, вся процедура загрузки проходила довольно длительное время и под особым контролем группы ядерной безопасности и 4939 ВП МО. Загрузка завершена в конце апреля 1993 г., после чего полости ПГБ были осмотрены с помощью перископа, замечаний не зафиксировано. Затем было выполнено стопорение экранной сборки и заварка загрузочных люков.

В сентябре 1993 г. выяснилось, что для уплотнения стойки поворотно-стопорного устройства (сборка 03) требуются прокладки из специального никеля, которого на тот момент не было ни в НИТИ, ни на заводе «Адмиралтейские

верфи». После долгих поисков необходимый никель был найден на Нижегородском металлургическом заводе и в декабре доставлен в НИТИ.

Таким образом, к концу 1993 года стенд КВ-2 был подготовлен к гидравлическим испытаниям ПГБ.

В начале 1994 года начаты гидравлические испытания ПГБ, но, к сожалению, почти сразу же вышел из строя насос высокого давления, входящий в состав гидравлического стенда, изготовленного ЛАО. Поэтому гидравлические испытания ПГБ пришлось проводить с использованием штатных насосов подпитки первого контура.

Несмотря на то, что НПО «Аврора» заявляло о готовности системы «Андромеда-2» к испытаниям ещё в конце 1993 года, в новом, 1994 году выяснилось, что график работ по этой системе сорван, и требуется как минимум три месяца на устранение замечаний и доработку системы.

Во время подгонки на посадочное место центрального блока биологической защиты бригадой монтажников Ижорского завода обнаружены неплотности заполнения внутренних полостей бетоном. Это в свою очередь потребовало ремонта центрального блока и, естественно, значительно увеличило срок окончания монтажных работ.

В конце апреля 1994 г. начат второй этап гидравлических испытаний ПГБ. В ходе испытаний была обнаружена течь по разъёмам заглушек на стойках речных механизмов СУЗ, что потребовало перемонтажа разъёмных соединений узлов уплотнения.

В связи с неоплатой институтом выполненных работ, в июле 1994 г. прекратили работу на стенде КВ-2 ЛАО и электромонтажное предприятие «ЭРА», а также ЦКБМТ «Рубин». Руководству НИТИ и, в первую очередь, директору В.А. Василенко пришлось приложить колоссальные усилия для того, чтобы возобновить работы на стенде.

В августе вышло совместное решение ведомств о назначении межведомственной комиссии по испытаниям стенда КВ-2.

Председателем комиссии был назначен Б.П. Папковский, его заместителями: О.Ю. Лейкин – 1-й ЦНИИ МО РФ, Е.Н. Орехов – ЦКБМТ «Рубин», Г.Ф. Носов – ОКБМ, В.Е. Воронин – НИТИ.

Научным руководителем был назначен Г.А. Гладков из РНЦ «Курчатовский институт».

Для обеспечения возможности продолжения работ на стенде КВ-2 НИТИ взяло на себя подготовку и проведение гидравлических испытаний ПГБ, которые были завершены 30.08.1994 специалистами института. Приёмка осуществлялась представителями 4939-го ВП МО, замечаний со стороны представителя заказчика не было.

В ноябре 1994 г. бригадой монтажников АО «Ижорские заводы» были уста-

новлены все выемные блоки биологической защиты над ПГБ.

В конце года проведены паровые испытания стенда КВ-2 от котельной института. Выявлены замечания по различным системам стенда, устранение которых потребовало дополнительного времени.

В 1995 году на стенде КВ-2 производилось устранение замечаний, выявленных в ходе паровых испытаний от котельной института. После назначения ответственным сдатчиком от государственного предприятия «Адмиралтейские верфи» В.С. Чиркова значительно активизировались работы по окончанию монтажа систем и закрытию построечных удостоверений.

Очень остро встал вопрос с поставкой анионита АВ-17 ТЧ. Приобретённый предприятием «Адмиралтейские верфи» анионит АВ-17 ТГ по своим характеристикам не подходил для ЯЭУ стенда. И только в конце года после долгих поисков и согласований удалось, наконец, разместить заказ на изготовление и получить необходимый анионит с одного из Кемеровских заводов.

В августе 1995 г. был подписан акт о завершении монтажных работ на стенде, выполняемых предприятием «Адмиралтейские верфи», после чего начались заводские испытания систем и оборудования с закрытием соответствующих удостоверений.

19.12.1995 рабочая комиссия по проверке и подготовке стенда КВ-2 к испытаниям подтвердила готовность НИТИ к проведению физпуска и межведомственных испытаний.

29.12.1995 был подписан акт о готовности ЯЭУ стенда КВ-2 к проведению испытаний по утверждённой программе.

В ИВК АНИС-В2 завершилось в полном объёме создание всех аналоговых и дискретных измерительных каналов для обеспечения испытаний ЯЭУ стенда КВ-2.

31.01.1996 начаты межведомственные испытания, которые были завершены 07.03.1996.

Фактически 1-й цикл испытаний начат сразу после окончания МВИ, т.е. с 7.03.1996. Были завершены проводимые на МВИ нейтронно-физические измерения при работе установки на мощности, а также проведены исследования устойчивости циркуляции теплоносителя первого контура. При исследовании устойчивости циркуляции в реакторе последовательно увеличивалось исходное давление газа с целью определения оптимального значения.

Исследованы динамические характеристики установки при различных исходных состояниях ППУ.

Проводилось исследование водно-химического режима первого контура, распределение температур и напряжений в корпусе ПГБ в стационарных и переходных режимах работы ЯЭУ.

Была подтверждена правильность проектно-конструкторских решений, обеспечивающих не только достижение основных проектных характеристик, но и

возможность их дальнейшего улучшения. Опытная эксплуатация ЯЭУ стенда КВ-2 в 1996 г. показала её высокую надёжность, простоту управления и обслуживания оборудования, низкое электропотребление.

В октябре 1996 г. ОКБМ предложило НИТИ выдвинуть двух представителей института на соискание Премии Правительства Российской Федерации за создание интегрального реактора, проведение комплексных испытаний, исследований и отработки в условиях, максимально приближённых к реальным. Научно-технический совет НИТИ рассмотрел и поддержал это предложение и выдвинул от НИТИ кандидатуры В.А. Василенко и В.Е. Воронина, которые в дальнейшем и стали лауреатами Премии Правительства Российской Федерации. За ввод стенда в эксплуатацию и проведение испытаний большая группа сотрудников института была награждена государственными наградами, ряду сотрудников были присвоены почетные звания России.

В 1997 году на стенде проведен второй цикл опытной эксплуатации, в течение которого определялись оптимальные параметры исходного состояния ЯЭУ перед пуском, проводилось исследование динамических характеристик установки, исследования влияния процессов газовыделения в системе очистки и расхолаживания, регулярные нейтронно-физические и теплотехнические измерения.

Из-за несанкционированного падения одной из компенсирующих групп (КГ) на механический упор без электродинамического торможения некоторые пункты программы испытаний остались невыполненными.

В 1998 г. проведены два цикла испытаний на различных уровнях мощности.

20.03.1998 контейнер с ППУ был повернут на угол 15° , затем проведены «холодные» заводские испытания систем и оборудования ЯЭУ по специальной программе.

Повороту контейнера на угол 15° предшествовали значительные подготовительные работы по системам, трубопроводам, переходным трапам, настилам, кабельным трассам и т.п.

После проверки основных технических характеристик установки в исходном состоянии при повернутом на угол 15° положении контейнера были начаты испытания ЯЭУ. Впервые в отечественной практике проведены испытания ЯЭУ с наклонением отсека ППУ на угол 15° во всём диапазоне мощностей. Было установлено, что работа ЯЭУ практически не отличается от работы установки в вертикальном положении отсека ППУ. При этом нейтронно-физические характеристики соответствовали проектным величинам и техническим условиям. Подтверждена устойчивость циркуляции теплоносителя первого контура и отсутствие колебаний фактической мощности во всём диапазоне изменения мощностей.

После выполнения испытаний ППУ в наклонённом на угол 15° положении контейнер был повернут в исходное (вертикальное) положение для продолжения дальнейших испытаний в соответствии с программой.

В результате испытаний ЯЭУ стенда и расчетных исследований на математической модели были выданы рекомендации по доработке каналов измерения мощности и оптимизации автоматического управления компенсирующими группами главной системы управления (КГ ГСУ) «Алиот-2».

При проведении плановых гидравлических испытаний парогенерирующего блока и первого контура в сентябре 1998 г. была обнаружена неплотность во фланцевых соединениях разъемов исполнительных механизмов (ИМ) СУЗ. Для устранения неплотности пришлось демонтировать специзоляцию в районе фланцевых соединений, а также кабельные трассы, соединительные коробки и некоторые датчики системы АЭК.

По рекомендации ОКБМ проведены определённые операции попарного отворачивания гаек, чистка и смазка резьбовых поверхностей шпилек и последующая затяжка гаек штатным моментом. Проведённые затем гидравлические испытания подтвердили отсутствие течи по фланцевым соединениям. Необходимо отметить большой вклад в устранение этого дефекта начальника группы Г.Л. Шитарева, ведущего инженера В.П. Колесникова, слесарей-ремонтников П.С. Дайнеко, С.В. Масленникова, а также представителя 4939-го ВП МО В.И. Нетленова.

Восстановление специзоляции, монтаж трубопроводов и кабельных трасс, проверка работоспособности восстановленных систем были окончены в январе 1999 г.

В соответствии с программой испытаний ЯЭУ стенда КВ-2 в период с 25.02.99 до 01.10.99 непрерывно отработала в режиме «автономного похода» более 5000 часов. Энерговыработка за это время составила 14,9 % от расчётного энергозапаса.

Устранение выявляемых в процессе испытаний неисправностей проводилось без прекращения испытаний с использованием одиночного ЗИП. Некоторые вынужденные остановки в основном были связаны с заменой прокладок для устранения течей и отдельных модулей в системах автоматики.

В результате анализа экспериментальной информации, полученной в процессе испытаний, были сделаны следующие выводы:

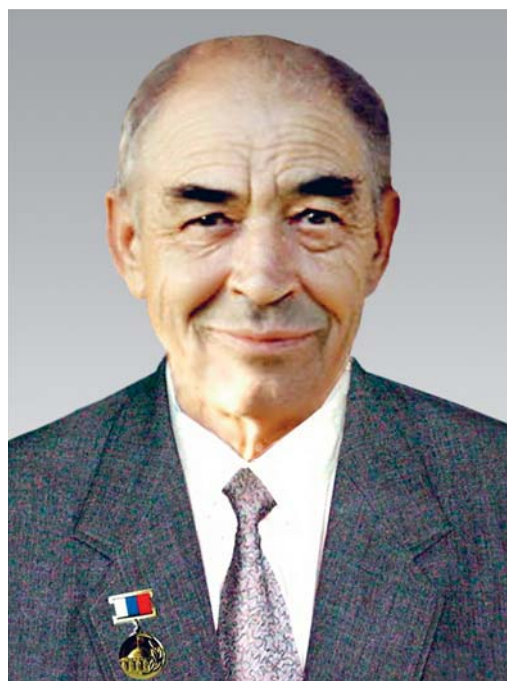
- подтверждена герметичность твэлов активной зоны, состояние которой оценивается как «нормальное»;
- стационарные теплогидравлические и динамические характеристики не изменились по сравнению с зафиксированными на предыдущих этапах эксплуатации;
- водно-химический и газовый режимы основных технологических контуров ЯЭУ соответствовали установленным нормам качества;
- экспериментально подтверждена возможность непрерывной работы оборудования и систем ЯЭУ без регламентных работ по обслуживанию и контролю в течение 5000 часов;
- определено оптимальное значение исходного давления газа в ПГБ;



**ЛАУРЕАТЫ
ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



Василенко В.А.



Воронин В.Е.

- резервирование каналов в СУ «Андромеда-2» позволяет работать определённое время с неисправным модулем. Замена неисправного модуля в приборе центральном программно-логического устройства (ПЦ ПЛУ) или модуля гальванической развязки (МГР) может быть произведена после сброса АЗ в режиме «нерасхолаживания». Перерыв в работе установки на энергетическом уровне мощности при этом составляет примерно 1,5 часа.

В результате доработок, выполненных по замечаниям МВК, ГАН и рабочей группы по стенду КВ-2, повысилась надёжность и безопасность работы ЯЭУ, улучшились её эксплуатационные характеристики.

В течение 2000 года на стенде проведены два цикла испытаний ЯЭУ.

При этом в очередном цикле испытаний:

- проведены дополнительные исследования по уточнению динамических характеристик установки;
- проведена отработка системы контроля плотности парогенераторов с помощью дозированного «впрыска» теплоносителя первого контура во второй;
- выполнены исследования режимов расхолаживания третьим контуром и «нерасхолаживания» вторым контуром;
- проведены испытания по проверке роста давления в ПГБ в режимах с вводом положительной реактивности;
- выполнены тензометрические измерения ППУ и испытания ППУ с осушенными парогенераторами.

В периоды межцикловых ремонтов выполнены значительные работы по обеспечению надёжности работы установки и её безопасности.

Одной из серьёзнейших неисправностей на стенде КВ-2 с момента его пуска являлась нестабильная работа сигнализаторов уровня МАС-1П в ПГБ. Более того, когда вышел из строя один из сигнализаторов, контроль за уровнем стал осуществляться только по двум сигнализаторам, работающим по схеме 2 из 3-х, что могло привести к срабатыванию АЗ при неисправности любого оставшегося в работе МАС-1П. Проблема замены неисправного сигнализатора усугублялась тем, что изготовитель – московский НИИТеплоприбор фактически прекратил своё существование и не имел возможности изготовить новые сигнализаторы, тем более, что в их составе применялись элементы, не выпускаемые серийно нашей промышленностью.

По предварительной договорённости в 1999 году НИТИ отправил один неисправный сигнализатор МАС-1П в ОКБМ для ремонта специалистами опытного производства ОКБМ. В феврале 2000 г. ОКБМ направил в НИТИ и НИИТеплоприбор программу и методику проведения ремонта МАС-1П, затем в сентябре 2000 г. в адрес этих же предприятий был направлен акт о выполнении 1-го этапа ремонта сигнализатора МАС-1П, а также техническое решение по результатам 1-го этапа ремонта.

В акте были отмечены значительные повреждения деталей сигнализатора как по механической, так и по электрической части, а проведённая проверка электронного блока показала его полную неработоспособность. Внутризаливочная жидкость закоксовалась до твёрдости канифоли и практически не поддавалась отмывке известными растворителями. Из акта и предлагаемого технического решения можно было сделать заключение о практической невозможности выполнения ремонта сигнализатора.

В конечном итоге Минатом РФ обязал изготовить новые сигнализаторы уровня ОКБМ, выделив для этого специальное финансирование, но процесс этот затянулся на долгие-долгие годы, в результате чего некоторые последующие циклы испытаний ЯЭУ стенда КВ-2 проводились только с двумя сигнализаторами МАС-1П.

С 10.09.2000 по 29.12.2000 в рамках 6-го цикла испытаний выполнены:

- исследования теплофизических характеристик парогазового компенсатора давления с определением исходного давления в ПГБ при работе с отключёнными ПГ-1,2 и ПГ-1,4, а также при работе 4-х ПГ;
- контроль герметичности оболочек ТВЭЛов на работающем реакторе;
- внеочередная проверка скоростей «самохода» КГ;
- испытания по отработке схемы измерения «нейтронных шумов».

Энерговыработка а.з. реактора на конец 2000 года составила 47,5 % от расчётного энергозапаса, состояние активной зоны оценивалось как «нормальное».

По состоянию на конец 2000 года системы, входящие в КСУ ТС «Ковар-2», выработали назначенный срок службы, при этом СЦП «Косинус-2» и СУ «Андромеда-2» выработали и назначенный технический ресурс. По результатам проведённой ревизии систем было принято решение о продлении срока службы и технического ресурса, а также о необходимости ремонта и доработки СУ «Андромеда-2» с целью исключения несанкционированных команд управления.



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАБОТЫ



*Первый заместитель генерального директора Р.Д. Филин
с руководителями научных подразделений*

ОТДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ОДИ)



*Колесников А.И.
Начальник ОДИ*

В 1990 году ОДИ завершена разработка и отладка математической модели ЯЭУ стенда КВ-2 для исследования аварийных режимов. Проведены расчетные исследования истечения теплоносителя при повреждении трубопровода осушения, несанкционированном перемещении компенсирующей группы и т.п.

Разработана математическая модель для определения температурных полей и термических напряжений в корпусе реактора при разогреве. Ведущими специалистами по расчетным исследованиям динамики установки являлись В.И. Некрасов, Г.Е. Лущик и др.

По ЯЭУ стенда КВ-1 завершена модернизация комплексной модели для рас-

четных исследований динамики, учитывающая включение в состав установки электрогенератора для снятия нагрузки с главной турбины и выдачи электроэнергии во внешнюю сеть.

Выполнены расчетные исследования по совершенствованию алгоритмов управления. Основными исполнителями являлись С.П. Витин, Е.А. Клушин, С.И. Смех, Л.И. Спиридонова.

Проведены интенсивные работы по техническому перевооружению научных подразделений. Началось создание общеинститутской сети коллективного пользования, включающей в себя ЭВМ VAX-8820, две micro VAX-3600, четыре micro VAX-3900 и более сорока пользовательских алфавитно-цифровых и графических терминалов в зданиях 108, 108а и 103, объединенных вычислительной сетью ETHERNET. Наиболее активное участие в работе принимали В.А. Василенко, В.П. Черных, В.Г. Гордеев, А.Е. Шмаров, С.В. Спиридонов, В.П. Талалаев, Ю.Л. Лукашев.

Находилась в стадии завершения модернизация переносного малогабаритного ИВК мини-АНИС для обеспечения испытаний ВАУ-6 на дизельной ПЛ пр. 651Э. Руководителем работ являлся С.Д. Коновалов.

В вычислительном центре Академии наук СССР (г. Ленинград) выполнена модернизация внешней памяти ЭВМ БЭСМ-6 (замена магнитных барабанов на полупроводниковую память). Основные исполнители Ю.А. Морозов, В.И. Иконников, В.С. Чемерис, Маличев В.В.

Создан головной образец микропроцессорной системы сбора данных (МССД), который затем был налажен и смонтирован в НИКИЭТ. Ведущими специалистами по этой работе были А.Ф. Коршунов, В.В. Соловьев, С.В. Батраков.

НТС НИТИ на заседании 19.03.1990 одобрил разработанную программу конверсии института, в том числе в направлении тренажеростроения и создания АСУ ТП различного назначения. НТС избрал В.Н. Зимакова на должность начальника отдела динамики и прикладной математики, а В.А. Василенко – на должность начальника отдела систем автоматизации.

Тематика работ научных подразделений отражала перестроенный характер окружающей действительности. Она стала более разнообразной, что, к сожалению, приводило к многотемью. Подразделения учились зарабатывать. ОДИ по договору с НПО «Авро-ра» разработало эскизный проект тренажера «КАЛЛАО» с использованием ЭВМ типа VAX и ПЭВМ. В качестве устройств ввода-вывода предусматривалось использование модулей, разработанных специалистами отделения В.И. Аксеновым, В.М. Приваловым, А.И. Семёновым.

Проведена модернизация технических средств тренажера «ДИАНА-Барс» в учебном центре ВМФ. Замена ферритовой оперативной памяти и внешней памяти (магнитные



Зимаков В.Н.

барабаны) ЭВМ БЭСМ-6 на полупроводниковую позволила существенно увеличить надёжность и долговечность тренажёра.

Продолжались работы по развитию локальной вычислительной системы института с включением в ее состав ЭВМ VAX-6420 и более 100 ПЭВМ.

В Ленинградском отделении АЭП для обеспечения расчетных исследований нестационарных процессов АЭС нового поколения внедрена система автоматизации моделирования динамики САМСОН, разработанная под руководством А.А. Шаленинова.

В.Н. Зимаковым и Д.В. Лялюевым разработаны алгоритмы расчета динамики гидравлических сетей с однофазным несжимаемым потоком теплоносителя, которые в дальнейшем были использованы в системе автоматизации гидравлических расчетов.

С участием С.А. Щербатых, Ю.Д. Бакулина, А.П. Егорова разработан новый быстроедействующий комплекс программ для расчета теплофизических свойств воды и пара SPJ, обеспечивающий высокую точность в широком диапазоне аргументов.

В январе 1991 г. МСП, МАЭП и ВМФ было принято совместное решение «О создании и внедрении на АПЛ бортовой системы информационной поддерж-



Лукашѐв Ю.Л.



Талалаев В.П.



Спиридонова Л.И.



Спиридонов С.В.



Морозов Ю.А.



Шмаров А.Е.



Аксенов В.И.



Семѐнов А.И.

ки решения задач борьбы за живучесть». Решение предусматривало разработку и сдачу в 1991...1992 гг. на стенде по согласованной программе двух опытных образцов бортовой системы информационной поддержки решения задач борьбы за живучесть со всеми видами обеспечения для АПЛ (шифр «БИМС» – бортовая информационно-моделирующая система). Один образец системы должен быть установлен на АПЛ, второй – в учебном центре ВМФ. Основными исполнителями работ были определены НИТИ и СПМ БМ «Малахит».

В 1992 г. выполнены значительные работы по разработке математических моделей, моделирующих комплексов, алгоритмов и программ расчета.

Для отработки алгоритмов управления и диагностирования создана первая очередь моделирующего комплекса ЯЭУ для АПЛ нового поколения, руководителем и основным исполнителем которого являлся С.П. Витин.

Началось создание первой очереди моделирующего комплекса для АЭС НП-500 (реактор ВВЭР-640) с дисплейным пультом управления и проведение исследований алгоритмов управления энергоблоком. Основные разработчики В.Н. Зимаков, В.И. Некрасов, Г.Е. Лущик.

Разработана математическая модель динамики основных технологических систем реакторной установки ПИК для Петербургского института ядерной физики (ПИЯФ), г. Гатчина, и выполнены расчеты нормальной эксплуатации. В работе участвовали В.Н. Зимаков, Д.В. Лялюев, Ю.Д. Бакулин, В.В. Ивличев и др.

Продолжались работы по развитию системы автоматизации моделирования динамических процессов. Система автоматизации «РАДИУС», основанная на сборке модели из моделей элементарных процессов, и система «САМСОН», автоматизирующая получение программной реализации модели по заданному математическому описанию, широкого распространения не получили из-за сложности и высоких требований к квалификации пользователя. Поэтому были начаты работы по реализации третьего варианта, не требующего знания методов математического описания объектов и умения программировать. В этом варианте Д.В. Лялюевым и А.А. Шалениновым создавался пакет автоматизации моделирования гидравлических систем.

В институте начала создаваться новая локальная сеть АСУ на основе аппаратных средств ARCNET и сетевого автоматического обеспечения NOWELL, а также проводилось широкое внедрение ПЭВМ в функциональных подразделениях института (бухгалтерия, плановый отдел и др.). Основные разработчики А.И. Леженко, Н.К. Куликов, А.В. Амосов.

На ЭВМ VAX создана универсальная управляющая оболочка, ставшая основой тренажеров и моделирующих комплексов разработки НИТИ. Создатели оболочки В.П. Черных, Ю.Л. Лукашев, Д.Н. Ловчая, О.А. Крицак.

Впервые в институте разработаны алгоритмы и программа совместного расчета динамики нейтронно-физических процессов в двумерном двухгрупповом приближении и теплогидравлических процессов в активной зоне реактора в многоканальном приближении. Основные исполнители А.П. Егоров, В.И. Гусев,

М.В. Иванова, С.А. Щербатых.

В 1993 году продолжалась разработка и усовершенствование микропроцессорных модулей для ИВК. На базе микропроцессорной модульной системы сбора данных МССД-2 и ПЭВМ изготовлен и сдан в эксплуатацию локальный ИВК «ТЕРМ-2» для экспериментального теплофизического стенда. Ведущие специалисты этой работы – В.В. Соловьёв, С.В. Батраков, А.Ф. Коршунов.

Следует особо отметить работу по созданию системы БИМС. Впервые в нашей стране совместно с СПМБМ «Малахит», Военно-морской академией имени Н.Г. Кузнецова и Учебным центром ВМФ была создана, прошла межведомственные испытания и установлена на АПЛ типа «Барс» система борьбы за живучесть корабля – бортовая информационно-моделирующая система (БИМС). Система БИМС с помощью ПЭВМ обеспечивает информационную поддержку руководителя борьбы за живучесть корабля при авариях, связанных с поступлением воды в прочный корпус, при пожарах, наддуве помещений, поступлении пара в помещения корабля. В системе была сосредоточена и определённым образом структурирована информация о корабле и его системах, важных при борьбе за живучесть, алгоритмы действий в конкретных ситуациях на основе документации разработчиков систем и руководств по борьбе за живучесть.

Кроме того, в состав БИМС включён ряд расчётных и прогнозных задач, позволяющих оценить опасность текущего состояния аварийного корабля, выработать прогноз развития аварийной ситуации. Такими задачами являлись: расчёт плавучести, остойчивости и непотопляемости, расчёт аварийного всплытия, моделирование пожара в одном или нескольких помещениях, расчёт наддува помещений при разгерметизации системы воздуха высокого давления, расчёт параметров среды при запаривании.

В составе БИМС разработана обучающая система, включающая в себя четыре дисплейных тренажёра по управлению пароэнергетической и электроэнергетической установками, общекорабельными системами, пространственным маневрированием корабля.

В основу разработанных тренажёров, расчётных и прогнозных задач положены математические модели, использующие уравнения физических процессов, проходящих в помещениях корабля и во всех его технических системах, а также модель движения корабля в трёхмерном пространстве с пересечением свободной поверхности.

Совершенно новой и важной особенностью системы БИМС является подсистема психофизиологического обследования корабельных специалистов, обеспечивающая контроль за состоянием членов экипажа, изучение динамики их психофизиологического состояния, профессиональный отбор, а также анализ психологической совместимости членов экипажа.

Основным исполнителем этой работы от НИТИ является В.А. Ефимов.

По результатам опытной эксплуатации системы БИМС в 1994 году на одной из АПЛ был установлен усовершенствованный образец этой системы. Такие же

образцы этой системы установлены в учебном центре ВМФ и в СПМБМ «Малахит».

В июле 1994 г. принято совместное решение ВМФ, Госкомитета РФ по оборонным отраслям промышленности и Минатома РФ о внедрении системы БИМС на все строящиеся АПЛ типа «Барс» и в учебные центры ВМФ.

Специалистами ОДИ совместно с ОНФИ для обеспечения испытаний ЯЭУ стенда КВ-1 был разработан, изготовлен и сдан в эксплуатацию локальный ИВК «Зонд» для внутриреакторных нейтронно-физических измерений на базе микропроцессорной модульной системы сбора данных (МССД) и ПЭВМ.

Одним из условий возможности проведения пуска и испытаний ЯЭУ стенда КВ-1 было создание регистратора аварийных событий (РАС-1М). Он был создан на базе троированной микропроцессорной модульной системы (МССД) и трёх ПЭВМ ведущими специалистами ОДИ В.В. Соловьёвым, С.В. Батраковым, А.Ф. Коршуновым, В.И. Иконниковым, В.В. Зарубиным.

В связи с отсутствием финансирования на создание нового ИВК АНИС-В1, обеспечивающего вывод экспериментальной информации от всех датчиков ЯЭУ, его функции при пуске установки и первоначальных испытаниях в минимально необходимом объёме выполняли ИВК «Зонд» и РАС-1М.

Для вывода из эксплуатации морально устаревших средств вычислительной техники и расширения функциональных возможностей начала проводиться модернизация тренажёра по управлению ЯЭУ стенда КВ-2 (ДИАНА-В2). ЭВМ СМ-2М и ПС-2000 заменялись на ЭВМ VAX и ПЭВМ. В составе тренажёра создавался пульт руководителя обучения.

В 1995 году ОДИ в дополнение к РАС-1М и СВРК «Зонд», составившим основу ИВК АНИС-В1, была разработана и введена в эксплуатацию экспериментальная система контроля температур компенсаторов объёма и блока очистки и расхолаживания (СКТ БОИР и КО) на базе МССД. С использованием МССД был разработан и сдан в эксплуатацию ИВК «Расплав» для стенда по исследованию поведения кориума при тяжёлых авариях, а также ИВК «СКАТ-И» для теплофизического стенда Центрального котлотурбинного института им. Ползунова.

Создан расчётно-моделирующий комплекс (РМК) для АПЛ 4-го поколения на базе высокопроизводительной ЭВМ Alpha Station и поставлен в НПО «Аврора» для отработки комплексной системы управления. Основные исполнители – С.П. Витин, Ю.Л. Лукашов, В.П. Талалаев, С.В. Окунцов, С.В. Крицак.

Выполнен большой объём исследований по обоснованию структуры и параметров основных регуляторов энергоблока АЭС НП-500 на расчётно-моделирующем комплексе.

В 1996 году ОДИ на стенде КВ-2 вело подготовку к сдаче в эксплуатацию разработанной в НИТИ системы сбора информации по тензометрии с использованием аппаратуры VXI.

Начато создание системы поддержки инженеров управления и экспериментаторов в составе VAX, терминала вычислительного связи с объектом и ПЭВМ,

подключенных к сети ETHERNET. Эта система должна была обеспечить доступ инженера управления и начальника смены стенда КВ-2 ко всей экспериментальной информации, собираемой ИВК АНИС-В2 и представляемой на экранах ПЭВМ в виде таблиц, мнемосхем, динамических графиков, вычисляемых параметров и т.п. по их выбору.

Параллельно с экспериментальными исследованиями на стенде КВ-2 выполнялись расчётные исследования динамики в режимах пуска и разогрева, работе ППУ на энергетических уровнях мощности, при расхолаживании, работе установки с парциальным составом оборудования и при срабатывании аварийной защиты. Были исследованы случаи возникновения автоколебаний расхода и нейтронной мощности в первом контуре и определены условия достижения стабильной работы реактора. В работе участвовали В.Н. Зимаков, Г.Е. Лущик, М.П. Солоха и др.

С вводом в эксплуатацию ЭВМ Alpha Server 4100 значительно возросли мощности локальной вычислительной сети института. Были сданы в эксплуатацию операционная система SCO Unix и система управления базами данных Oracle 7.3.

В 1996 году находилась в стадии завершения разработка концепции и отдельных элементов технологии создания моделей и тренажёров ТЕРМИТ, основными исполнителями которой являлись А.А. Шаленинов, В.Г. Коротаев, Д.В. Лялюев, А.М. Чупалов.

В 1997 году специалистами ОДИ осуществлён перевод ИВК АНИС-В1 и АНИС-В2 на ЭВМ VAX, а измерительных подсистем – на аппаратуру VXI. При выполнении этой работы после долгих споров и обсуждений было принято важное стратегическое решение: отказаться от дальнейшего развития программно-технических средств собственной разработки (МССД) и перейти на создание систем автоматизации различного назначения (ИВК, системы управления, тренажёры) с использованием только серийно выпускаемых и хорошо зарекомендовавших себя программно-технических средств.

На базе аппаратуры VXI был разработан технический проект ИВК для крупномасштабного стенда (КМС) института.

Для ЯЭУ стенда КВ-2 выполнен расчётный анализ внутриреакторных процессов при несимметричной работе компенсирующих групп и расчёты по оптимизации алгоритмов управления, а также разработаны рекомендации по корректировке алгоритмов экстренного снижения мощности. Основными исполнителями этой работы являлись В.Н. Зимаков, Г.Е. Лущик, М.П. Солоха.

Продолжена модернизация локальной вычислительной сети института, позволившая в десятки раз увеличить производительность вычислительной системы, увеличить её надёжность, обеспечить необходимыми ресурсами по памяти архивы экспериментальной информации. Введены в эксплуатацию дополнительно 170 ПЭВМ, Alpha Server 4000, Alpha Server 1000.

В 1998 году разработаны математические модели технологических систем крупномасштабного стенда и системы управления в объёме первого этапа строи-

тельства. Модели объединены в расчётно-моделирующий комплекс, с помощью которого разработаны предложения по организации дисплейного пульта управления.

Завершено создание комплекса ТЕРМИТ-Д, обеспечивающего автоматизацию разработки моделей систем автоматики, теплогидравлических и электрических сетей. Разработчики – А.А. Шаленинов, Д.В. Кудрявцев, Д.В. Лялюев.

В среде UNIX разработано базовое программное обеспечение рабочего места инструктора, обеспечивающее управление моделирующими комплексами и тренажёрами и работающее совместно с комплексом ТЕРМИТ.

Для программного расчётного кода КОРСАР (код улучшенной оценки для расчётных исследований нестационарных теплогидравлических процессов) разработан графический редактор «ГРОТ», который обеспечивал визуализацию ввода и вывода расчётной информации и её графическое представление на экране дисплея.

Для учебных центров ВМФ разработан вариант системы информационной поддержки борьбы за живучесть корабля (БИМС-У). Системы БИМС-У были поставлены в учебные центры Северного и Тихоокеанского флотов и в Главное управление кораблестроения.

В 1998 году проведена комплексная модернизация локальной вычислительной сети института с использованием 100-мегабитных коммутаторов, оптоволоконного кабеля и специального программного обеспечения. Это позволило резко увеличить пропускную способность сети. Основными исполнителями работы являлись В.П. Черных, Н.К. Куликов, А.Е. Шмаров.

Завершён первый этап модернизации ИВК АНИС-В1. Модернизация позволила значительно повысить надёжность вычислительного комплекса, качество измерений, возможности регистрации, обработки, представления и хранения экспериментальной информации.

Введены новые режимы регистрации информации, в частности, режим непрерывной регистрации с малой частотой (с периодом опроса каналов 10...15 с), позволивший сохранять информацию за всё время работы установки. Установлены пульта отображения экспериментальной информации в системе КИНО на рабочих местах начальника смены и инженера управления установкой.

В измерительную систему ИВК АНИС-В1 введены дополнительные каналы измерения параметров генератора Т-25,6.

В 1999 году специалистами ОДИ для большего удобства использования полномасштабный тренажёр ДИАНА-В1 был перенесён из административного здания института в здание стенда КВ-1. После очередной модернизации тренажёр расширил свои функциональные возможности: пульт управления был дополнен стойкой управления вновь смонтированным турбогенератором Т-25,6; на отдельных ПЭВМ организованы пульта руководителя обучения и местные посты. Математические модели тренажёра разработаны заново с использованием технологии ТЕРМИТ. Основным исполнителем работ являлся С.П. Витин.

Сотрудниками ОДИ С.П. Витиным, С.В. Окунцовым, В.В. Владимировым и



Егоров А.П.



Гусев В.И.



Ивличев В.В.



Батраков С.В.



Коришунов А.Ф.



Куликов Н.К.



Зарубин В.В.



Иконников В.И.



Крицак С.В.



Солоха М.П.



Соловьёв В.В.



Чемерис В.С.

другими был создан графический интерфейс инженера-исследователя, который обеспечивал просмотр экспериментальной информации в любом сочетании параметров, произвольное изменение масштабов графиков и направление их просмотра, совмещение расчётной информации с экспериментальной.

По заказу Петербургского института ядерной физики (ПИЯФ) г. Гатчина с использованием технологии ТЕРМИТ разработан и сдан в эксплуатацию функциональный тренажёрно-моделирующий комплекс для исследовательского реактора ПИК. Комплекс мог использоваться и как учебное средство, и как инструмент для различных исследований, например, алгоритмов управления. Основными разработчиками являлись Ю.Д. Бакулин, Д.В. Лялюев, В.Н. Зимаков, В.В. Ивлиев.

На международной выставке «Тренажёрные технологии-99» (ВВЦ, Москва) инструментально-моделирующий комплекс ТЕРМИТ получил диплом 1-й степени.

Для крупномасштабного стенда под руководством А.А. Черткова разработан технический проект измерительно-вычислительного комплекса на базе аппаратуры VXI.

По заказу ЛАЭС создан и сдан заказчику программно-аппаратный комплекс «База данных по состоянию технологических каналов, каналов СУЗ и графитовой кладки реакторов РБМК». Руководитель работ А.М. Чупалов.

После очередной модернизации ИВК АНИС-B2 система сбора информации была переведена на аппаратуру VXI, а обработка и регистрация осуществлялась на Alpha Server 1000. Связь между ними осуществлялась с помощью ETHERNET – коммутатора. В программное обеспечение ИВК АНИС-B2 были включены программы учёта наработки оборудования.

В 2000 году в ОДИ разработана программа расчёта динамики нейтронных полей в ядерном реакторе в трёхмерном двухгрупповом приближении. Программа предназначалась как для тренажёрных, так и для исследовательских задач. Такие же подходы были использованы и при разработке модели пространственной кинетики реактора в программном комплексе КОРСАР. Основными разработчиками являлись А.П. Егоров, В.И. Гусев, А.В. Дорогунцев, М.В. Иванова.

Разработана также концепция создания усовершенствованной версии системы автоматизации создания тренажёров ТЕРМИТ, связанная с переходом в среду Windows NT и начаты работы по её реализации.

По решению конкурсной комиссии ВМФ Управление кораблестроения заключило контракт с НИТИ на создание функциональных тренажёров для семи проектов кораблей с использованием технологии ТЕРМИТ.

В рамках работ по развитию стендовой базы ОДИ были разработаны концепция и основные технические решения по созданию системы управления технологическими системами стендового комплекса (СУ ТС СК). Как субподрядчик НИТИ в этой работе принимало участие НПО «Аврора».

Для ЛАЭС была изготовлена и испытана система сбора данных на бойлерной районного теплоснабжения и разработан проект системы управления на комплексе по переработке отходов.

**ЛАБОРАТОРИЯ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ЛТФИ),
с 1996 года – ОТДЕЛ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ОТФИ)**



*Мигров Ю.А.
Начальник ОТФИ*

Для ЛТФИ 1990 год с полным основанием можно считать поворотным с точки зрения ее участия в выполнении НИР по гражданской тематике в атомной энергетике.

По заказу Ленинградского института «Атомэнергопроект» в ЛТФИ под руководством В.Б. Хабенского начаты научно-исследовательские работы по обоснованию проекта АЭС нового поколения с ВВЭР-500 (в последующем стал называться ВВЭР-640) сразу в двух направлениях:

- обеспечение безопасности длительного расхолаживания реактора через аварийный бассейн в проектных и запроектных авариях с потерей тепло-

носителя первого контура (основные исполнители Ю.А. Мигров, С.Н. Волкова, И.В. Чернов, В.В. Кутьин);

- экспериментальные и теоретические исследования теплофизических процессов, характерных для тяжелой аварии ВВЭР-640 (исполнители В.С. Грановский, А.А. Сулацкий, М.Б. Сулацкая, С.М. Шмелев, В.К. Ефимов, О.Д. Черный).

По стендовой тематике института продолжались работы по анализу результатов теплотехнических испытаний ЯЭУ стенда КВ-2. Совместно с ОНФИ завершена разработка объединенного комплекса программ статического нейтронно-физического и теплогидравлического расчета водо-водяных реакторов применительно к стендовым установкам. Основные исполнители А.Г. Саженин, С.В. Лебедев, В.С. Грановский.

В 1991 году начаты работы по созданию программного комплекса «PARNAS», предназначенного для численного моделирования нестационарных теплогидравлических процессов в элементах оборудования энергоблока АЭС с ВВЭР-640 при длительном пассивном отводе остаточного тепла реактора через бассейн в авариях с потерей теплоносителя первого контура. Основные исполнители Ю.А. Мигров, С.Н. Волкова, И.Г. Данилов, В.В. Кутьин, И.В. Чернов, А.А. Сулацкий.

На маломасштабных моделях проведены экспериментальные исследования и разработана теоретическая модель для расчета теплообмена при пленочном кипении воды на поверхности расплава применительно к тяжелым авариям ВВЭР-640. Исполнители В.С. Грановский, С.М. Шмелев.

По ЯЭУ стендов-прототипов осуществлялась разработка и отладка программы диагностики теплотехнического состояния активных зон (стенды КВ-1 и КВ-2, разработчики С.В. Лебедев и А.Г. Саженин).

В 1992 году продолжались работы по созданию программного оборудования комплекса «PARNAS».

Изготовлено оборудование и завершен монтаж стенда ИСТ (ЕЦ) в НПО ЦКТИ. Проведены его пусконаладочные испытания. Основные исполнители В.К. Ефимов, Ю.Г. Вербицкий, А.Т. Щеников.

Сооружена экспериментальная установка «Петля», и начаты работы по



Волкова С.Н.



Грановский В.С.



Ефимов В.К.

исследованиям кризиса теплообмена на модели днища корпуса реактора ВВЭР-640. Исполнители С.М. Шмелев, О.Д. Черный.

Совместно с ОНФИ начаты расчеты стационарных режимов ЯЭУ стенда КВ-2 по объединенному комплексу программ. Основной исполнитель А.Г. Саженин.

Завершена разработка программного комплекса «PARNAS» и выполнен значительный объем работ по его верификации на основе экспериментальных данных, включая результаты комплексных испытаний стенда ИСТ (ЕЦ).

Начаты работы по созданию программного комплекса «MELVES» в обеспечение численного моделирования процессов удержания расплава в корпусе реактора ВВЭР-640 при тяжёлых авариях. Основные исполнители В.С. Грановский, С.В. Ковтунова, А.А. Сулацкий.

Завершена разработка рабочей методики теплотехнических испытаний ЯЭУ стенда КВ-2. Исполнители А.Г. Саженин, В.С. Грановский.

Завершена подготовка технической документации на программный комплекс «PARNAS» и осуществлена передача комплекса на аттестацию в ГАН РФ.

Осуществлялось совершенствование программного комплекса «MELVES» и с его помощью была обоснована возможность удержания расплава кориума в корпусе реактора ВВЭР-640 при тяжёлых авариях.

По стенду КВ-1 выполнены теплотехнические испытания и начаты работы по формированию банка экспериментальных данных в обеспечение ресурсных испытаний элементной базы активной зоны. Исполнитель С.В. Лебедев.

В связи с принятием руководством института решения о создании системного теплогидравлического расчётного кода нового поколения КОРСАР лабораторией теплофизических исследований осуществлялась разработка технического задания на проект КОРСАР.

Были начаты работы по обоснованию конструкции, систем измерений и программы экспериментальных исследований строящегося крупномасштабного стенда. Основные исполнители Ю.А. Мигров, С.Н. Волкова, В.К. Ефимов.

В 1995 году завершено создание объединённого комплекса программ (PARNAS, КУПОЛ, SPAS, SPOT) для численного моделирования процессов пассивного отвода остаточных тепловыделений ВВЭР-640 к конечному поглотите-



Ковтунова С.В.



Лебедев С.В.



Сулацкая М.Б.



Шмелёв С.М.

лю. На основании этого комплекса выполнен цикл расчётов в обоснование безопасности расхолаживания реактора через бассейн в авариях с разгерметизацией первого контура.

В ходе подготовки к испытаниям ЯЭУ стенда КВ-2 выполнен цикл расчётов в обоснование прочности корпуса ПГБ (исполнители В.С. Грановский и С.В. Ковтунова). Совместно с ОНФИ выполнены статические нейтронно-физические и теплогидравлические расчёты активной зоны реактора, в том числе при несимметричной работе оборудования.

После окончания МВИ стенда КВ-2 выполнен комплексный анализ результатов испытаний. Впервые было показано существенное влияние теплоинерционных свойств корпуса и крышки реактора на параметры ППУ в переходных режимах. В обеспечение дальнейших испытаний стенда КВ-2 выполнены следующие работы:

- разработана программа расчетно-экспериментальных исследований естественных статических характеристик ЯЭУ;
- разработана методика градуировки внутриреакторных термодатчиков;
- выполнен цикл расчётов по верификации программных средств, предназначенных для численного моделирования статических теплогидравлических процессов в ПГБ. Основными исполнителями являлись В.С. Грановский, А.Г. Саженин, С.В. Лебедев.

По стенду КВ-1 совместно с ОНФИ выполнен цикл работ по верификации программных средств сопряжённого нейтронно-физического и теплогидравлического расчёта активной зоны реактора на основе результатов проведённых испытаний установки.

По утверждённому техническому заданию под руководством Ю.А. Мигрова были начаты работы по проекту КОРСАР, в том числе:

- разработана структура расчётного кода и принципы его функционирования в режиме гибкой топологической схемы;
- разработан язык кодирования входных данных и программные средства интерпретатора языка для обеспечения создания программного интерфейса пользователь-расчётный код;
- начата разработка программных средств функционального наполнения кода КОРСАР. Основными исполнителями работ по проекту КОРСАР являлись И.Г. Данилов, Ю.В. Юдов, С.Н. Волкова, А.Н. Ковалёв, В.В. Кутьин.

В 1996 году ЛТФИ преобразована в отдел теплофизических исследований (ОТФИ). В составе отдела образованы три лаборатории. На заседании НТС 12.07.1996 избраны:

- начальником отдела – Ю.А. Мигров;
- заведующим лабораторией испытаний стендовых установок – В.С. Грановский;
- заведующим лабораторией экспериментальных исследований – В.К. Ефимов;
- заведующей лабораторией теплогидравлических процессов – С.Н. Волкова.

17.10.1996 решение НТС было подтверждено приказом директора института

с изменением названия лаборатории теплогидравлических процессов на лабораторию моделирования теплогидравлических процессов.

Наиболее важными работами ОТФИ в 1997 г. являлись:

- создание первой рабочей версии теплогидравлического расчётного кода нового поколения КОРСАР;
- разработка концепции внекорпусной ловушки расплава применительно к АЭС с ВВЭР-1000, которая по результатам проведённого по инициативе руководства Минатома тендера была признана наилучшей в отрасли и рекомендована для реализации в проектах АЭС нового поколения;
- аттестация программного комплекса «PARNAS» в ГАН РФ;
- разработка проекта программы исследований и её расчётное обоснование для крупномасштабного стенда;
- участие в разработке СЭИ и ИВК АНИС КМС.

На основе экспериментальной установки «Петля» в 1997 г. создан стенд «КЕДР» для исследования теплогидравлических процессов наружного охлаждения корпуса ВВЭР в условиях естественной циркуляции теплоносителя.

Ведущими специалистами отдела В.С. Грановским и А.А. Сулацким была разработана теоретическая модель для расчёта критического теплового потока на наружной поверхности корпуса ВВЭР.

В 1998 году выполнены проектные расчёты и завершены работы по обоснованию возможности удержания расплава активной зоны в корпусе реактора при тяжёлых авариях применительно к проекту АЭС нового поколения с ВВЭР-640. Основными исполнителями являлись В.С. Грановский, А.А. Сулацкий, С.В. Ковтунова.

Завершены экспериментально-расчётные работы по обоснованию безопасности ВВЭР-640 на стадии длительного пассивного расхолаживания реактора через бассейн в авариях с потерей теплоносителя первого контура.

По ЯЭУ стенда КВ-2 разработана методика достоверности каналов измерения теплогидравлических параметров и градуировки термодатчиков, а также выполнен анализ результатов испытаний установки при различных исходных давлениях газа в ПГБ и при наклонении контейнера с ППУ.

В 1999 году по инициативе руководства Минатома в отрасли был объявлен тендер на разработку и верификацию системного теплогидравлического кода для моделирования аварийных и нестационарных процессов для АЭС с ВВЭР. Тендер проводился отраслевым центром Минатома по расчётным кодам для АЭС и реакторных установок (ОЦРК).

О своём участии в тендере заявили три предприятия: РНЦ «Курчатовский институт» (код SERPENT), ВНИИАЭС (код БАГИРА) и НИТИ (код КОРСАР).

В результате детального анализа условий выполнения тендерных требований комиссия ОЦРК, в которую входили специалисты ведущих предприятий и организаций отрасли, в декабре 1999 г. рекомендовала Минатому использовать код КОРСАР в качестве базового для разработки системного расчётного кода нового поколения, по своим характеристикам не уступающего лучшим зарубежным аналогам.

Таким образом, в результате победы в тендере, код КОРСАР приобрёл статус отраслевого. В НИТИ основным разработчиком и исполнителем работ по коду КОРСАР стал отдел теплофизических исследований.

На основе разработанной концепции в ОТФИ совместно с НПЦ АЭ в 1999 году были начаты расчётные работы по обоснованию внекорпусной ловушки расплава применительно к проекту Ляньюньганской (впоследствии Тяньваньской) АЭС с ВВЭР-1000, сооружаемой в Китае по российскому проекту. Основные исполнители этой работы В.С. Грановский, А.А. Сулацкий, С.М. Шмелёв.

По заданию ОАО «КБСМ» и ЛАЭС в 1999 году сотрудниками ОТФИ и КЭЭР были начаты научно-исследовательские работы по обоснованию технологии сухого хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) РБМК-1000.

Для этих целей в здании 101 на фундаменте демонтированного гидротормоза предлагалось разместить металлобетонный контейнер (МБК), оснастить его соответствующими имитаторами каналов реактора и подвести необходимые технологические среды (вода, воздух, вакуумирование, электроэнергия и т.д.).

В работе участвовали В.С. Грановский, Ю.А. Мигров, М.Б. Иванов, В.М. Рыжов, А.В. Калинин, В.Д. Дудник и другие специалисты ОТФИ и КЭЭР.

В 2000 году в ОТФИ выполнен значительный объём работ по развитию и верификации первой базовой версии отраслевого расчётного кода КОРСАР с подготовкой к концу года первой редакции верификационного отчёта. Были начаты работы по адаптации расчётного кода применительно к моделированию динамики корабельных ЯЭУ.

Выполнен цикл расчётов температурного и напряженно-деформированного состояния теплообменника устройства расплава а.з. АЭС с ВВЭР-1000 применительно к проекту Тяньваньской АЭС в Китае. Ответственный исполнитель В.С. Грановский.

На ЯЭУ стенда КВ-2 выполнен цикл работ по повышению достоверности измерений теплогидравлических параметров ПГБ. При этом была разработана и реализована в процессе испытаний стенда рабочая программа по градуировке термодатчиков.

Проводились теплотехнические испытания ЯЭУ на стенде КВ-1 с анализом и обработкой полученных экспериментальных данных.

Под руководством заведующего лабораторией В.К. Ефимова в короткий срок была сооружена маломасштабная установка «ОВАЛ», предназначенная для экспериментальных исследований процессов вакуумного осушения контейнера с ОЯТ реактора РБМК-1000, и получены первые экспериментальные результаты. Был разработан программный комплекс для численного моделирования температурного режима контейнера при осушке и длительном хранении ОЯТ РБМК-1000.

По техническому заданию НИКИЭТ и РНЦ «Курчатовский институт» в отделе были возобновлены работы по численному моделированию аварийных режимов в обоснование безопасности установки «ЛАН» на основе кода КОРСАР. Ответственный исполнитель В.Г. Коротаев.

ОТДЕЛ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ



*Ефимов А.А.
Начальник ОХТМИ*

В 1988...1989 гг. был проведен промышленный эксперимент по очистке воды бассейнов выдержки отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС), выгрузке аварийных ОТВС и восстановление аварийных объектов на Северном и Тихоокеанском флотах. Указом Президента СССР от 06.08.1990 24 специалиста НИТИ, в том числе 12 человек из отдела химико-технологических и материаловедческих исследований (ОХТМИ) были награждены высокими государственными наградами.

В 1990 году ОХТМИ разработана технология промывки котельного оборудования с применением растворов молочной кислоты и перекиси водорода. Эта технология успешно прошла промышленные испытания на котлах типа ДЕ-10 на

рыбокомбинате «Ауда» в г. Рига и была принята в эксплуатацию. Исполнители А.А. Ефимов, Л.Н. Москвин, Б.А. Гусев, Е.Ю. Журавлева.

В этом же году Научно-исследовательский институт атомных реакторов (НИИАР, г. Димитровград) выдвинул на соискание премии Совета Министров СССР работу «Разработка и внедрение способов и технологий дезактивации петлевых установок исследовательских и опытных реакторов» и предложил включить в число претендентов трёх сотрудников НИТИ. Научно-технический совет института решением от 19.02.1990 включил в состав соискателей от НИТИ А.К. Андрианова, В.В. Кривобокова, Л.Н. Москвина. К сожалению, эта работа не прошла по конкурсу и не была утверждена в правительстве СССР.

Разработанные в ОХТМИ ионообменные фильтры, в которых часть шихты переведена в ферроцианидную форму, были использованы при очистке радиоактивной воды в количестве 1540 м³ из трюмов «опытового» судна «КИТ» при его подъёме со дна Ладожского озера.

Применение высокоселективного неорганического ионообменника позволило повысить эффективность очистки воды и увеличить ресурс работы всех фильтров очистки. Исполнители В.Н. Епимахов, В.В. Четвериков, М.П. Глухова.

Для ПО «Красноленинскнефтегаз» (г. Нягань, Тюменской обл.) выполнены комплексные исследования образцов труб со сквозными коррозионными разрушениями трубопроводов, транспортирующих газожидкостную среду с мест нефтедобычи к дожимным насосным станциям Талинского месторождения, а также физико-химического состава отложений с рабочих колес погружных центробежных насосов перекачки жидкости. Полученные результаты использовались в дальнейшем в качестве исходных данных для разработки технологических решений по снижению коррозионных потерь и продлению ресурса погружных насосов и запорной арматуры в нефтегазодобывающем управлении «Талинскнефть». Исполнители А.А. Ефимов, Б.А. Гусев, О.Ю. Пыхтеев, И.В. Мирошниченко, В.В. Мартынов.

В разработке и внедрении автоматизированной системы управления технологическим процессом для ПО «Красноленинскнефтегаз» принимали участие отдел динамических исследований и конструкторский отдел.

Для автоматизации экспрессного радиохимического анализа на принципах совмещения операций выделения радионуклидов и приготовления источников радиоактивных излучений разработано несколько типов установок радиохимического анализа УРАН (УРАН-05М, УРАН-07, УРАН-013), которые могли быть установлены как в лабораториях, так и непосредственно на линиях пробоотбора технологических сред, включая пробоотборные линии первого контура и линии водных сбросов АЭС, а также блоков выделения радионуклидов БХ-138, фильтродержателей ФД-70 и ФД-35. Установки УРАН-07 были изготовлены и поставлены для кораблей и береговых баз ВМФ по заказу министерства обороны.

По заданию Ровенской и Калининской АЭС завершена разработка концепции и технических проектов подсистем информационной поддержки персонала



Алешин А.М.



Вилков Н.Я.



Глухова М.П.



Кобеков В.В.



Кривобоков В.В.



Крюков Ю.В.



Мартынов В.В.



Мирошниченко И.В.



Некрестьянов С.Н.



Сергеев Н.А.



Орленков И.С.



Четвериков В.В.

при реализации функций контроля и управления водно-химическим режимом в составе АСУ ТП действующих АЭС с ВВЭР.

Сформулированы требования и разработаны эскизы видеокладов человеко-машинного интерфейса автоматизированного рабочего места начальника смены химцеха, проработаны принципиальные структуры дерева неполадок для решения задач диагностирования причин типовых аномалий. Исполнители Н.Я. Вилков, Ю.В. Крюков, И.А. Недорезов, А.К. Андрианов, В.В. Кривобоков.

Специалистами ОХТМИ А.А. Ефимовым, Б.А. Гусевым, О.Ю. Пыхтеевым и другими был выполнен полный физико-химический анализ состава воды Черного моря и отложений солей из турбокомпрессоров металлургического завода «Искандерун» (Турция) и катионного состава ингибиторов коррозии оборудования и трубопроводов химкомбината «Азот» г. Гродно (Белоруссия).

По заданию НПЦ АЭ выполнен термодинамический расчёт химических реакций взаимодействия расплава кориума с корпусной сталью с применением специально разработанной программы. Из более 100 гипотетически возможных химических реакций выделены только четыре термодинамически разрешённые реакции, причём три из них протекают с понижением энтальпии, а одна – с повышением энтропии системы.

По техническому заданию ЛТФИ исследованы химический состав и структура первых экспериментально полученных во ВНИПИЭТ образцов шихты $UO_2 + ZrO_2 + Fe_2O_3$ и гарнисажа слитков расплава кориума. Выполнены термодинамические расчёты возможных химических реакций при температурах до 1900 °С, которые позволили выделить ряд реакций, протекающих с выделением газообразных продуктов, создающих пористую структуру при охлаждении образцов расплава. Основные исполнители О.Ю. Пыхтеев, В.М. Краснощёков, А.А. Ефимов, В.В. Мартынов.

Для совершенствования технологии обращения с ЖРО, поступающими со станков-прототипов ЯЭУ, разработана схема их автономной переработки, основанная на принципе выделения радионуклидов на мембранных фильтрах и селективных сорбентах. Эта схема была ранее реализована в методиках радиохимического анализа. Отличие заключалось в том, что если для методик радиохимического анализа было достаточно использование микрофильтров и селективных сорбентов с полнотой выделения радионуклидов на уровне 99 %, то для технологии очистки ЖРО обязательным условием эффективной работы, обеспечивающей снижение содержания радионуклидов в фильтрате до уровней нормативных требований на сброс, требуется полнота выделения 99,9999 % . С учётом этих более жёстких требований выбрана окончательная схема процесса переработки ЖРО и конструкция модульной мембранно-сорбционной установки (ММСУ).

Промышленные испытания, проведённые на ЖРО танкера наливного типа ТНТ-5 на Тихоокеанском флоте, показали, что ММСУ производительностью 0,5 м³/час обеспечивает очистку ЖРО с солесодержанием около 10 г/л и удельной активностью $3,7 \cdot 10^4$ Бк/л до санитарных норм, допускающих слив очищен-

ной воды в открытые водоёмы. Основными исполнителями этой работы являлись В.Н. Епимахов, С.В. Глушков, С.Н. Некрестьянов, В.Г. Ильин, В.В. Кобеков.

Завершён анализ данных реальной эксплуатации энергоблоков ВВЭР (более чем за 10 реакторо-лет) в части исследования ВХР. Этот анализ показал, что некорректное соблюдение ВХР в целом снижает безопасность и технико-экономическую эффективность эксплуатации объектов атомной энергетики. Обоснована идея о необходимости учёта стохастичности внутриконтурных физико-химических процессов, которая впервые была озвучена в совместном с сотрудниками Калининской АЭС докладе и получила положительную оценку на отраслевом совещании по ВХР и химконтролю в г. Удомля.

По теме «Гамма», являющейся продолжением темы «Радиохимия», разработано техническое задание на создание в НИТИ информационно-вычислительной системы эксплуатационного контроля и диагностики состояния технологических сред и оборудования ЯЭУ (система «Дуэт»). В дальнейшем по этому направлению были разработаны алгоритмы математического описания отдельных систем первого и второго контуров ЯЭУ стендов-прототипов, дано математическое описание сорбирующего иона в системе «ионообменная смола/водный теплоноситель». Разработана приближённая математическая модель, описывающая изменение концентрации сорбирующего иона в условиях работы штатного фильтра очистки. Выполнен расчёт накопления продуктов деления в первых контурах ЯЭУ. Впоследствии с использованием математических моделей было создано программное обеспечение автоматизированных рабочих мест (АРМ) системы «Дуэт»: радиационно-технологического контроля, лабораторного химического контроля, лабораторного спектрометрического контроля, радиационного контроля окружающей среды. Исполнители А.А. Ефимов, О.Ю. Пыхтеев, Б.А. Гусев, И.С. Орлёнков и другие.

Завершён цикл исследований механизмов коррозии конструкционных сталей для атомной энергетики. Установлены границы электрохимических потенциалов, в которых скорость растворения металла не зависит от их значений. Дано объяснение такому явлению. Ранее считалось, что коррозия протекает только по электрохимическим законам, т.е. переход металла в раствор определяется потенциалом электрода. Исполнители А.А. Ефимов, О.Ю. Пыхтеев, Л.Н. Москвин.

В 1996 году лабораторией радиохимического и радиоэкологического контроля ОХТМИ выполнены работы по очистке от илистых и коррозионных отложений и дезактивации баков Б-10 и Б-11 для хранения ЖРО. Со дна баков удалены илистые отложения в объёме около 1,65 м³ с удельной активностью от 10¹⁰ до 10⁹ Бк. Также со стен и крыши баков удалены слабофиксированные коррозионные отложения, в том числе деструктурированное масло. Проведённые работы позволили подготовить внутренние поверхности баков для эксплуатации в составе модульной мембранно-сорбционной установки переработки и концентрирования ЖРО.

В этой работе основное участие принимали В.Н. Епимахов, А.М. Алёшин, С.В. Глушков, А.В. Лавров и другие специалисты ОХТМИ, а также персонал

группы приёмки и хранения ЖРО в здании 105 во главе с Н.А. Сергеевым.

Завершён цикл работ по исследованию эффективности очистки водного теплоносителя от примесей продуктов коррозии с помощью высокоградиентной магнитной фильтрации. Эти работы были начаты ещё в 1985 г. по инициативе Е. П. Рязанцева и Л.Н. Москвина. В ходе их выполнения были обоснованы оптимальные условия работы и конструкции высокоградиентных магнитных фильтров по накоплению на матрицах ферро-, пара- и диамагнитных частиц. Основным исполнителем Б.А. Гусев.

Накопленные к 1996 году результаты исследований и разработок по методам и средствам автоматизации контроля водно-химического режима на объектах атомной энергетики позволили специалистам ОХТМИ принять активное участие в создании подсистем автоматизированной системы химического контроля (АСХК) в составе АСУ ТП строящихся и вновь проектируемых АЭС с ВВЭР. Проектный опыт в основном приобретался при разработке решений для АСХК АЭС нового поколения с реактором ВВЭР-640, первого блока Ростовской АЭС и строящегося 3-го блока Калининской АЭС, а также при участии в экспертизе проектных решений, предложенных Московским АЭП для АЭС «Бушер» (Иран) и объединением «Хартрон» (Харьков) для АЭС с ВВЭР Украины (по специальному заданию Минатома РФ).

Помимо измерений в режимах «on line» и «off line» проектом АСХК для АЭС с ВВЭР-640 предусматривалось использование автоматизированного ионного хроматографа для контроля ВХР первого контура в «сторожевом» режиме «at line» с коммутацией линий отбора проб технологических сред из базовых точек контроля. Проектное предложение основывалось на методических проработках, накопленных к тому времени в ОХТМИ. Освоение современного метода ионной хроматографии начиналось молодыми сотрудниками отдела А.А. Чирковым и Н.В. Ворониной, позднее к этим работам были подключены Л.В. Епимахова и В.С. Гурский.

В 1997 году в отделе разработана комплексная технология по концентрированию ЖРО с помощью мембранно-сорбционной установки и цементированию концентрата на модульной установке цементирования. Основная цель этой работы состояла в создании простой в обслуживании, высокоэффективной, малогабаритной, мобильной, многофункциональной, безопасной для персонала, населения и окружающей среды, недорогой установки концентрирования ЖРО сложного физико-химического состава, с очисткой воды до санитарных норм, допускающих слив в открытые водоёмы. Технология была также ориентирована для использования в ЯЭУ корабельного назначения. Существовавшие до того времени технологии и установки переработки ЖРО имели серьёзные недостатки: низкая эффективность очистки, сложность и громоздкость оборудования, высокое энергопотребление, высокая стоимость изготовления и эксплуатации.

Мембранно-сорбционная технология предусматривала прежде всего замену устаревших коагуляционно-сорбционных технологий очистки, используемых в

ВМФ (суда атомного технологического обеспечения «Амур» и «Пинега»), и типовой стационарной дистилляционно-сорбционной технологии, используемой на АЭС.

Был завершён многолетний цикл исследований поведения растворённых форм продуктов коррозии железа в водном теплоносителе. Изучены свойства и направленность химических превращений продуктов взаимодействия ионно-дисперсных форм существования железа с водой. В работе принимали участие О.Ю. Пыхтеев, А.А. Ефимов, Л.Н. Москвин.

В 1998 году специалистами ОХТМИ совместно с КЭЭР, ЭОРБ и КО велись работы по созданию модульной мембранно-сорбционной установки для концентрирования ЖРО и её монтажу в здании 105, а уже к концу года были переработаны первые 46,5 м³ жидких радиоактивных отходов.

В этом же году был завершён цикл коррозионно-химических исследований механизма термохимического оксидирования поверхности перлитных сталей в ацетатных растворах. Полученные результаты легли в основу усовершенствованной технологии высокотемпературной очистки вторых контуров ЯЭУ транспортного назначения от железооксидных медьсодержащих отложений с одновременной пассивацией очищенных поверхностей. Идеология использования уникальных физико-химических свойств ацетата аммония нашла практическое воплощение в разработанных в ОХТМИ технологиях очистки оборудования от остатков жидкометаллического теплоносителя и оксидов его компонентов путём обработки парами ацетата аммония и удаления золовых отложений с одновременной пассивацией труб конвективного пучка тепловых котлов путём обработки ацетатными растворами. Основными исполнителями этой работы являлись А.В. Лавров,



Модульная мембранно-сорбционная установка (ММСУ)

А.А. Ефимов, А.К. Андрианов, В.В. Кривобоков.

Специалисты отдела принимали активное участие в разработке предложений по унификации алгоритмического и информационного обеспечения подсистем АСХК в составе АСУ ТП АЭС с ВВЭР, создании автоматизированной системы химконтроля для первого блока Волгодонской АЭС.

Решения по структуре, информационному обеспечению и организации человеко-машинных интерфейсов пользователей АСХК подсистемы АСУ ТП энергоблоков с ВВЭР на основе анализа функций персонала по контролю и управлению ВХР разрабатывались совместно со специалистами ОГК СКУ АЭС В.Р. Аксёновым и В.Г. Михалицыным.

В 1999 году в ОХТМИ завершено исследование процессов формирования водных сбросов и газо-аэрозольных выбросов с одного из стендов-прототипов института за период с 1994 по 1999 гг. Исследование включало в себя комплексное обследование радиационного и химического состояния сливов отработанных морских и пресно-конденсатных вод, а также всех каналов формирования газо-аэрозольных выбросов со стенда. Получены обобщённые данные по изотопному составу и уровням активности сбросов и выбросов, подтверждена высокая информативность гамма-спектрометрических методов контроля. Определены долевые вклады в объём и активность основных источников формирования водных сбросов. Рассчитаны дозовые нагрузки на население г. Сосновый Бор от воздействия выбросов и сбросов с ЯЭУ стенда-прототипа. Даны рекомендации по совершенствованию организации радиационного контроля газо-аэрозольных выбросов и сбросов, поступающих в результате эксплуатации стенда и обоснована экологическая безопасность его работы. Основными исполнителями работы являлись В.Н. Епимахов, Е.Б. Панкина, Г.Г. Леонтьев.

По заданию концерна «Росэнергоатом» выполнен анализ коррозионного состояния первых контуров АЭС с ВВЭР за период с 1989 по 1999 гг. Выяснилось отсутствие заметной корреляции между нормируемыми показателями водно-химического режима и содержанием железа в теплоносителе на всех энергоблоках АЭС, входящих в структуру концерна. За 10 лет эксплуатации АЭС с ВВЭР не отмечены случаи массового отказа оборудования по причине развития локальных видов коррозии.

Впервые было указано на ключевую роль продуктов гидролиза железа на формирование конечных форм существования продуктов коррозии в контурах АЭС с ВВЭР, предложена новая схема организации коррозионного мониторинга на эксплуатирующихся энергоблоках АЭС. Основные исполнители А.А. Ефимов, О.Ю. Пыхтеев, Б.А. Гусев. В работе принимали участие В.Ф. Тяпков, В.А. Юрманов, С.Ф. Ерпылева из ВНИИАЭС.

Здесь нужно сделать небольшое лирическое отступление. 28 декабря 1999 г., будучи Премьер-Министром России, наш институт посетил В.В. Путин, которому до вступления в должность исполняющего обязанности президента России оставалось всего три дня. Начальник ОХТМИ А.А. Ефимов передал В.В. Путину пригла-

шение на новогодний «миллениум» отдела, но в связи с кратковременностью визита и чрезмерной занятостью премьер-министра был получен деликатный отказ.

Проведённый в 2000 году анализ результатов исследования процессов гидролитической полимеризации ионов железа (III) в совокупности с аналогичными результатами по гидролизу алюминия (III), свинца (II), бериллия (II) и других металл-ионов, выполненными в СПбГУ, позволил сделать неожиданный вывод о существовании (независимо от элемента) нейтральных гидроксокомплексов с числом атомов металла около 24 в молекуле полимера, имеющих фуллереноподобную структуру. Такой комплекс является необходимым звеном в формировании частиц ультрадисперсных гидроксидов. Применительно к теории коррозии этот факт позволил выяснить механизм формирования самопроизвольно образующихся оксидных защитных плёнок на поверхности сталей, в образовании которых принимают участие только наночастицы полимерных продуктов гидролиза, содержащих (3...13) атомов железа в молекуле полимера, т.е. частицы с положительным зарядом. Все остальные полимеры, имеющие нейтральный заряд, образуют твердофазные частицы в водной фазе. Именно эти твердофазные частицы в контурах ЯЭУ циркулируют по тракту передвижения потоков теплоносителя, образуя первичные и вторичные отложения продуктов на внутриконтурных поверхностях. Основные исполнители работы А.А. Ефимов, О.Ю. Пыхтеев, Л.Н. Москвин, Б.А. Гусев от НИТИ, а также К.А. Бурков, М.Г. Осмоловский, Ю.В. Сидоров от СПбГУ. Работа заняла призовое место в конкурсе научных работ НИТИ.

В 2000 году проведена сертификация и приёмка в эксплуатацию опытного образца комплекса по переработке ЖРО в составе модульной мембранно-сорбционной установки очистки ЖРО и модульной установки цементирования концентрата.



Панкина Е.Б.



Олейник М.С.

Комплекс был задействован для переработки до 300 м³/год низкоактивных (до 3,7·10³ Бк/л) малосолевых (до 1 г/л) ЖРО, поступающих в здание 105 от стендов-прототипов института. Это позволило исключить передачу ЖРО на переработку в Ленспецкомбинат «Радон». Контроль финишной воды на химические ингредиенты показывал, что в

целом содержание контролируемых параметров ниже соответствующих нормативов на сброс во внешнюю среду. Сотрудники ОХТМИ В.Н. Епимахов, С.В. Глушков, Е.Б. Панкина, М.С. Олейник были отмечены на конкурсе лучших инженерных работ.

По заданию ЛАЭС выполнен анализ многолетних эксплуатационных результатов контроля коррозионной и радиационной обстановки на энергоблоках РБМК-1000. Выявлены особенности механизма формирования отложения в «за-

стойных зонах» и извлечения из них твердофазных частиц продуктов коррозии («рыхлых отложений»). Выданы рекомендации по дезактивации (в части рецептуры дезактивирующих растворов) и по технологии безреагентных отмывок «на ходу» основных контуров РБМК-1000.

В 2000 году введена в эксплуатацию информационно-вычислительная система (ИВС) «Дуэт», в соответствии с которой разработана концепция и техническое задание на создание автоматизированной системы химического и радиохимического контроля радиационного состояния активных зон ЯЭУ транспортного назначения.

Были решены организационно-технические вопросы мелкосерийного производства водно-химических лабораторий приборного типа (ВХЛПТ-Р) для ВМФ. Функционально ВХЛПТ-Р состоит из трёх приборов: концентромера, кислородомера и хлоридомера, объединённых в единую электрическую и гидравлическую схему, собранную на общей несущей раме. ВХЛПТ-Р предназначена для непрерывного и периодического измерения в объектовых условиях показателей качества воды высокой чистоты вторых контуров ЯЭУ транспортного назначения, принятых на вооружение ВМФ.

ВХЛПТ-Р получила сертификат Госстандарта России и Минобороны об утверждении типа средств измерений военного назначения. Основными разработчиками ВХЛПТ-Р являлись А.Г. Шматко, Ю.А. Олейникова, В.П. Гарголин.



Водно-химическая лаборатория приборного типа (ВХЛПТ-Р)

**ОТДЕЛ
НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ОНФИ)**



*А.В Ельшин
Начальник ОНФИ*

В 1993 году отделом нейтронно-физических исследований завершены длительные работы по созданию программного обеспечения для нейтронно-физического расчёта ядерных реакторов. Программа САПФИР ВВЭР для расчёта ячеек водо-водяных реакторов была аттестована ГАН РФ с получением соответствующего паспорта. Это был первый аттестационный паспорт на программное средство, разработанное в НИТИ совместно с ИАЭ. Основные исполнители работы В.Г. Артёмов, П.В. Писарев, А.В. Ельшин, А.С. Иванов.

В связи с предстоящей загрузкой активных зон ЯЭУ стендов КВ-1 и КВ-2 проведена подготовка программных и аппаратных средств для физического контроля загрузки и физических измерений во время физпуска. В этой работе основное участие принимали В.Ф. Борисов, Б.С. Вишняков, С.А. Гутов.

Основной работой ОНФИ в 1994 г. была подготовка и участие в физпуске реактора стенда КВ-1. Специалисты отдела согласно приказа по институту были назначены в качестве ОПФ, ПФ, инженера по контрольно-измерительной аппаратуре.

Проведено γ -сканирование ТВС стенда КВ-1. Определены реальные неравномерности загрузки топлива в ТВС, реальные длины активных частей ТВС. В дальнейшем эти результаты были использованы в расчётной модели активной зоны. Работа выполнялась персоналом КЭЭР под руководством В.П. Харина.

Проведено также γ -сканирование четырёх экспериментальных ТВС реактора стенда КВ-2 с определением основных технических характеристик активных частей ЭТВС.

В 1995 г. отдел вёл подготовку и проведение физпуска реактора стенда КВ-2. Ответственным руководителем физпуска был назначен начальник ОНФИ А.В. Ельшин.

В 1996 г. ОНФИ осуществлял нейтронно-физические измерения на реакторах стендов КВ-1 и КВ-2. В частности на стенде КВ-1 было введено в состав ИВК автоматизированное рабочее место физика на основе измерительной аппаратуры СВРК «Зонд» и РАС-1М. Разработанная система шумовых исследований КШИ «Каскад» также была подключена к измерительным каналам СВРК «Зонд».

В 1997 г. завершены верификационные расчёты для подготовки программного обеспечения физических расчётов транспортных реакторов. Переданы в ГАН РФ на аттестацию комплексы программ для нейтронно-физического расчёта водо-водяных реакторов – BMVC_T&RC (НИТИ) и САПФИР_BVR&RC (НИТИ и РНЦ КИ). В конце года все четыре комплекса программ получили аттестационные паспорта.

В этом же году началось сотрудничество НИТИ (ОНФИ) на договорной основе с ЛАЭС по трём направлениям: расчётное сопровождение производства кобальта, создание и обоснование расчётно-экспериментальной методики контроля подкритичности бассейнов выдержки хранилищ отработавшего ядерного топлива, создание программного обеспечения для учёта и контроля ядерных материалов. Основными исполнителями работ являлись А.В. Ельшин, В.Г. Артёмов, А.С. Иванов, А.С. Карпов, П.В. Писарев.

В 2000 г. в ГАН РФ была аттестована программа САПФИР_95, разработанная специалистами ОНФИ В.Г. Артёмовым, А.В. Ельшиным, А.С. Ивановым, А.С. Карповым и другими. Это единственная в России программа, предназначенная для нейтронно-физического расчёта ячеек трёх типов тепловых российских реакторов: водо-водяных энергетических, водо-водяных транспортных и РБМК.



Артёмов В.Г.



Борисов В.Ф.



Иванов А.С.

**ОТДЕЛ ГЛАВНОГО КОНСТРУКТОРА
СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ АЭС
(ОГК СКУ АЭС)**



*В.Р. Аксенов
Начальник ОГК СКУ АЭС*

Приказом директора института № 181 от 22.11.1995 в связи с назначением НИТИ Главным конструктором систем контроля и управления атомных станций (СКУ АЭС) с ВВЭР-640 был создан отдел Главного конструктора (ОГК) СКУ АЭС с подчинением его директору института.

В составе отдела образованы лаборатории:

- технология управления АЭС и подготовки персонала ЯЭУ;
- комплексирование и испытания СКУ АЭС;
- издание технической и информационной документации.

Начальником отдела был назначен В.Р. Аксёнов. Заместителями главного конструктора назначены Б.С. Попов, В.И. Дмитренко.

В 1996 году отделом Главного конструктора СКУ АЭС в основном производилась разработка концепции создания систем контроля и управления АЭС с ВВЭР-640.

В период с 26.02.1996 ... 02.03.1996 в г. Эрлангене (Германия) состоялось совещание специалистов АО «Сименс», СПб АЭП и НИТИ, на котором был создан координационный совет. Задачами этого совета являлись подготовка материалов по вопросам создания СКУ АЭС, назначение рабочих групп по разработке СКУ и контроль за выполнением рабочими группами поставленных координационным советом задач.

На основании протокола совещания директором института был издан приказ, предписывающий руководителям ОДИ, ОХТМИ, ОЭИ МСИ и ОГК СКУ АЭС создать рабочие группы по следующим направлениям работ:

- СКУ реакторного, турбинного и вспомогательного отделений энергоблока;
- СКУ электрической части АЭС;
- АСРК;
- АСХК и др.

Общая координация работ возлагалась на начальника ОГК СКУ АЭС В.Р. Аксёнова.

Специалистами отдела В.Н. Михайловым и В.Г. Михалицыным совместно с АО «Электросила» велись работы по созданию системы контроля и диагностики генератора с полным водяным охлаждением, а Е.В. Нехорошко, С.В. Батаниной и Е.В. Ключниковым совместно с ВНИИА были выполнены работы по изучению особенностей применения функциональных модулей ТПТС51 для управления технологическим оборудованием АЭС.

В 1997 году отдел разработал и согласовал с концерном «Росэнергоатом» техническое задание на систему контроля и управления АЭС с ВВЭР-640. Систе-



Батанина С.В.



Ключников Е.А.



Скрябова В.И.



Нехорошко Е.В.

ма контроля и управления для АЭС разрабатывалась как интегрированная система автоматизации с использованием дисплейных пультов управления. Разработка выполнялась в кооперации с предприятиями: СПБАЭП, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», РНЦ «Курчатовский институт», ЛМЗ, АО «Электросила», ВНИИА и др.

В результате был выпущен первый в России технический проект цифровой СКУ АЭС с ВВЭР-640. Проект прошёл процедуры рассмотрения в организациях Минатома России, защиты на заседании ведомственной комиссии и утверждён расширенным научно-техническим советом НИТИ с участием заинтересованных предприятий. Основными разработчиками проекта от НИТИ являлись В.Р. Аксёнов, В.Г. Михалицын и В.И. Скрыбова.

Для выпуска проектной документации в отделе главного конструктора была разработана система автоматизированного оформления технической документации и технология выпуска презентационных материалов. Исполнители В.С. Батанин, Е.В. Куликова, Л.Л. Карабутова.

В 1998 году спроектированы блочный и резервный щиты управления АЭС с ВВЭР-1000. Это была первая в России детальная проработка основных пунктов управления АЭС на базе дисплейных средств и мозаичных панелей производства НИИИС. Работа выполнялась в тесном сотрудничестве со специалистами НИИИС, ОКБ «Атомтехэнерго». Результаты выполненной работы вошли в состав технического проекта АСУ ТП АЭС «Бушер». Основными исполнителями от НИТИ являлись Ю.Н. Кудицкий, Е.А. Смоленцев, А.А. Сидорчук, В.И. Дмитренко.



Смоленцев Е.А.

В 1999 году ОГК по заказу института «Атомэнергопроект» разработал программный пакет, обосновывающий автоматизированное проектирование мозаичных панелей (САПР МП) для пунктов контроля и управления АЭС. САПР обеспечивает возможность проектирования панелей на элементной базе НИИИС, фирмы Siemens, а также позволяет конечным пользователям дополнять данными элементами внутренние базы. В результате САПР МП был использован в АЭП (г. Москва) как основное средство для формирования заданий заводоизготовителям мозаичных панелей для АЭС «Бушер», блока № 3 Калининской АЭС, АЭС «Куданкулам». Основными исполнителями данной работы являлись В.Г. Михалицын, И.Н. Сергеева.

В 2000 году по заказу СПБАЭП специалистами отдела разработана «Концепция управления энергоблоком с реакторной установкой (РУ) «Брест-ОД-300», а также требования к человеко-машинному интерфейсу пункта управления энергоблоком с РУ «Брест-ОД-300». Идея создания РУ «Брест-ОД-300» принадлежала НИКИЭТ. Основная особенность этой установки заключалась в том, что в качестве теплоносителя первого контура предполагалось использовать свинец. В

дальнейшем после тщательного анализа возможности применения свинца в чистом виде в качестве теплоносителя первого контура это предложение было признано необоснованным и практически невозможным, и все последующие перспективные предложения стали прорабатываться с использованием уже отработанного на практике теплоносителя – эвтектического сплава свинец-висмут.

В этом же году разработан и введен в эксплуатацию функциональный тренажёр «Местные посты управления электроэнергетической системой стенда КВ-1». Тренажёр является составной частью имитационной установки ДИАНА-В1М и обеспечивает обучение персонала стенда в части задач управления и контроля ЭЭС, выполняемых с местных постов, а также отработку взаимодействия с оперативным персоналом стенда. Основными исполнителями этой работы являлись В.И. Дмитренко, А.А. Шаленинов, Е.Б. Клушина.

НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЦЕНТР АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (НПЦ АЭ)



Ю.Н. Анискевич
Начальник НПЦ АЭ

В 1991 году в рамках работ по конверсии впервые была озвучена идея о создании на базе НИТИ научно-промышленного центра атомной энергетики.

На заседании НТС 13.02.1991 были рассмотрены предложения о создании опытно-промышленной АЭС нового поколения. Научно-технический совет института решил:

1. Поддержать проект АЭС нового поколения средней мощности с реакторной установкой (РУ) В-407, выполненный Ленинградским отделением «Атомэнергопроект» (ЛО АЭП), в конкурсе на размещение в промзоне г. Сосновый Бор.
2. Совместно с ЛО АЭП выступить с инициативой объединения предприятий и организаций прежде всего г.г. Сосновый Бор и Ленинграда, а так-

же других городов с целью достижения победы в конкурсе проектов АЭС и последующего проектирования и создания головного блока на основе НП-500.

3. Поручить члену НТС Засухе В.К. в кратчайший срок подготовить проект протокола о намерениях с заинтересованными предприятиями, совместно с ЛО АЭП организовать совещание руководителей этих предприятий для рассмотрения и подписания протокола.
4. Директору НИТИ Прохорову Ю.А. после принятия сессией Сосновоборского горсовета решения о проведении конкурса проектов АЭС повышенной безопасности и размещения принятой АЭС в г. Сосновый Бор, обратиться к Министру АЭП СССР с предложением строительства головного блока АЭС на площадке НИТИ и выделении необходимого финансирования для проектно-изыскательских работ.

В 1992 году продолжалось организационное оформление вопросов создания НПЦ АЭ в НИТИ.

30.01.1992 первым заместителем Министра атомной энергетики и промышленности Б.В. Никипеловым подписан приказ № 30 «О сооружении в НИТИ крупномасштабного стенда (КМС) для моделирования аварийных процессов АЭС нового поколения», в котором было отмечено, что в целях экспериментального обоснования создаваемого проекта АЭС нового поколения средней мощности с реактором ВВЭР-640 разработан технико-экономический расчет (ТЭР) на строительство КМС моделирования аварийных процессов.

ТЭР был утвержден в сумме 63,2 млн. руб. (в ценах 1991 г.). Установлены сроки сооружения КМС – 1992...1995 гг.

Приказом директора НИТИ № 134 от 11.06.1992 в институте с 01.07.1992 образовано новое структурное подразделение НПЦ АЭ в составе трёх единиц с непосредственным подчинением главному инженеру института. Первыми сотрудниками этого подразделения стали В.К. Засуха и Г.С. Кирин.

17.09.1992 вышло распоряжение Правительства РФ №1728-Р, в котором предписывалось в целях повышения эффективности проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на обеспе-



Засуха В.К.



Кирин Г.С.



Хабенский В.Б.

чение безопасного развития атомной энергетики, реализации государственной научно-технической программы «Экологически чистая энергетика» в части создания АЭС нового поколения средней мощности, а также подготовки высококвалифицированных специалистов для атомной энергетики:

1. Одобрить предложение Минатома России, органов исполнительной власти Ленинградской области, городов Санкт-Петербург и Сосновый Бор о создании на базе НИТИ этого Министерства Северо-Западного научно-промышленного центра атомной энергетики.
2. Минатому России выполнить в 1993 году технико-экономическое обоснование (ТЭО) развития инженерно-экспериментальной базы указанного центра, включающей крупномасштабные стенды для моделирования аварийных процессов и головной блок АЭС средней мощности нового поколения с учебно-тренажёрным комплексом.
3. Минэкономики России, Минфину и Минатому осуществлять финансирование разработки ТЭО инженерно-эксплуатационной базы, указанной в п. 2 настоящего распоряжения, за счет государственных централизованных капитальных вложений, в том числе в 1992 году за счет лимита капитальных вложений, выделенных Минатому России на текущий год.

Во исполнение распоряжения Правительства России Министр РФ по атомной энергии В.Н. Михайлов издал приказ № 454 от 06.11.1992 «О создании на базе НИТИ Северо-Западного НПЦ АЭ», согласно которого НИТИ назначался заказчиком по сооружению СЗ НПЦ АЭ. Генпроектировщиком НПЦ АЭ был назначен Ленинградский институт «Атомэнергопроект» (АЭП), генпроектировщиком по объектам жилищно-гражданского строительства и социальной сферы - ВО ВНИПИЭТ.

НИТИ и АЭП необходимо было разработать и представить на утверждение в IV квартале 1992 г. ТЗ на разработку ТЭО. 26-е и 9-е Главные управления Минатома должны были обеспечить финансирование работ за счёт государственных централизованных капитальных вложений.

17.12.1992 первым заместителем Министра РФ по атомной энергии В.Ф. Коноваловым было утверждено задание на разработку ТЭО строительства СЗ НПЦ АЭ на базе НИТИ в г. Сосновый Бор.

Сроки строительства: начало – 1994 г., окончание – 2000 г.

Состав НПЦ:

1. Стендовый комплекс, включающий крупномасштабные стенды моделирования аварийных процессов АЭС (КМС) и тяжёлых аварий (СТА);
2. Учебно-тренажёрный комплекс (УТК) с производством тренажёров для серийных АЭС, имеющий в своём составе научно-методический информационный центр «Энергетика и экология»;
3. Головной энергоблок АЭС нового поколения средней мощности с реакторной установкой В-407 с необходимой инфраструктурой.

В 1993 г. в институте были приняты серьёзные усилия по реализации реше-

ния Правительства Российской Федерации о создании на базе НИТИ Северо-Западного Научно-промышленного центра атомной энергетики.

07.04.1993 Министр РФ по атомной энергии В.Н. Михайлов подписал приказ № 242 о назначении НИТИ эксплуатирующей организацией головного энергоблока АЭС нового поколения, входящего в СЗ НПЦ АЭ.

В декабре 1993 г. начальником НПЦ АЭ был назначен Ю.Н. Анискевич. В эти годы значительно ужесточились нормы и правила в атомной энергетике, что явилось прямым следствием Чернобыльской аварии. Проект НПЦ стал первым, прошедшим все процедуры рассмотрения и согласования по новым правилам Госатомнадзора, а это более пятидесяти инстанций, начиная от местного уровня и кончая федеральным и международным

В обоснование создания СЗ НПЦ АЭ в НИТИ были разработаны различные документы организационного, научно-технического, социально-экономического и экологического характера.

Так, в отчёте (авторы В.А. Василенко, В.Б. Хабенский, Р.Д. Филин) была подробно изложена роль НПЦ АЭ в г. Сосновый Бор в программе по созданию энергоблока средней мощности повышенной безопасности.

Сочетание в едином центре головного опытно-промышленного блока АЭС, уникальных теплофизических стендов безопасности, учебно-тренажёрного комплекса, центра анализа аварийных ситуаций, мощного научно-инженерного отделения с квалифицированными специалистами в различных областях атомной науки и техники позволит выполнить с большой полнотой и достоверностью не только обоснование высокого уровня безопасности новых энергоблоков, подготовить эксплуатационный персонал к работе на головном и серийных блоках, но и в короткие сроки качественно провести отработку блока, а также проводить постоянное совершенствование технологии эксплуатации, диагностики и ремонта оборудования. Это позволит, в свою очередь, проводить работы по модернизации блока с целью дальнейшего повышения уровня безопасности и экономичности, проверке и отработке новых решений для блоков АЭС следующего поколения.

Обоснованием создания НПЦ АЭ в НИТИ являются следующие факторы:

- НИТИ располагает высококвалифицированными научными кадрами, имеющими более чем 20-летний опыт расчётных и экспериментальных исследований корабельных ЯЭУ на стендах-прототипах, и квалифицированным техническим персоналом, накопившим богатый и уникальный опыт эксплуатации ЯЭУ, в том числе опыт управления установками в нормальных и аварийных режимах, технического обслуживания, ремонта и модернизации оборудования;
- В НИТИ накоплен значительный опыт разработки, создания и использования систем сбора, обработки и хранения экспериментальной информации с помощью вычислительной техники. Наличие такого опыта представляет широкие возможности для создания, отладки и верификации расчётных

- программных комплексов, отработки вопросов создания АСУ ТП АЭС нового поколения;
- НИТИ обладает развитой инфраструктурой, которая позволяет обеспечить теплофизические стенды электроэнергией, охлаждающей водой, тепловой энергией, воздухом различного давления, инертными газами и т.д. Затраты, необходимые для подключения вновь создаваемых стендов к имеющимся сетям и системам будут неизмеримо меньше, чем разработка и создание новых сооружений при размещении их на «пустом» месте;
 - в г. Сосновый Бор имеется мощная строительная организация – СУС, в состав которой входят строительные и монтажные подразделения, имеющие опыт сооружения основных технологических зданий ЛАЭС и НИТИ;
 - г. Сосновый Бор расположен в достаточной близости к Санкт-Петербургу и имеет с ним налаженные транспортные связи. Учитывая, что изготовление основного оборудования НПП будет размещено на заводах С.-Петербурга, это существенно облегчит сопровождение оборудования в ходе эксплуатации и уменьшит транспортные расходы, что в итоге приведёт к сокращению сроков отработки энергоблока.

Особенность Санкт-Петербургского региона состоит в том, что практически на 100 % работники всех специальностей для атомной энергетики могут быть подготовлены в данном регионе.

Для Соснового Бора стратегия развития города в плане сохранения его как научного и индустриального центра атомной энергетики определяется двумя главными факторами:

- надёжной и безопасной эксплуатацией действующих энергоблоков ЛАЭС и своевременным решением вопроса о строительстве замещающих мощностей на базе энергоблоков АЭС нового поколения, отвечающих современным международным требованиям безопасности;
- использованием научно-технического и производственного потенциала предприятий Соснового Бора и Санкт-Петербургского (Ленинградского) региона путём создания на базе НИТИ СЗ НПП АЭ.

Атомная энергетика как отрасль, использующая самую современную передовую технологию, требует для своего функционирования высокообразованных специалистов различного профиля: ядерная физика, теплофизика, теплогидравлика, вычислительная техника и программирование, тренажёры, АСУ, техническая диагностика и многое другое.

Возможность получить профессию и работу по специальности, не покидая родных мест, является важным положительным социальным фактором как для молодых людей, вступающих в трудовую деятельность, так и для их родителей.

Проблемы занятости населения являются первостепенными и для администрации г. Сосновый Бор. В городе долгие годы создавались и эксплуатируются объекты атомной энергетики. В процессе строительства этих объектов созда-

на мощная база стройиндустрии, позволившая построить и сдать такие важные предприятия, как НИТИ, ЛАЭС, филиал ГОИ и др.

Если не задействовать эти строительно-монтажные предприятия на строительстве нового, мощного предприятия, каким является НПЦ АЭ, это может привести к значительному увеличению безработицы в городе, сокращению и даже ликвидации отдельных строительных подразделений, что впоследствии будет очень трудно восстановить.

Если учесть, что Минсредмаш, как основной строитель города, вкладывал в социальную сферу намного меньше финансов, чем это регламентировалось существующими нормами, то улучшить ситуацию с объектами социально-бытовой сферы может только дополнительное выделение средств на эти цели при составлении сметно-финансовых расчётов на строительство НПЦ.

К основным объектам социально-бытовой сферы, которые необходимо построить (реконструировать) в г. Сосновый Бор относятся: резервный водовод из закрытого (подземного) источника водоснабжения, очистные сооружения, объекты жилищного строительства, объекты культуры, объекты городского здравоохранения и т.д.

07.02.1995 коллегия Министерства Российской Федерации по атомной энергии рассмотрела вопрос «О ходе выполнения работ по разработке проектов АЭС нового поколения».

Было отмечено, что завершена разработка:

- материалов базового проекта АЭС нового поколения с реакторной установкой средней мощности В-407 (ВВЭР-640) в объёме, необходимом для получения лицензии;
- технико-экономического обоснования (ТЭО) строительства Северо-Западного научно-промышленного центра атомной энергетики с головным энергоблоком АЭС нового поколения с реакторной установкой В-407 на площадке НИТИ в г. Сосновый Бор. Указанное ТЭО утверждено Министерством в установленном порядке.

Выполняются НИР в обоснование проектных решений по проекту АЭС нового поколения, включая разработку нового оборудования, применяемого в этом проекте.

Головными разработчиками разработаны рабочие программы НИОКР, а вновь разрабатываемое и дорабатываемое оборудование предусматривается для внедрения на действующих и строящихся АЭС.

Из проектов АЭС нового поколения, разработка и внедрение которых предусмотрено научно-технической подпрограммой «Экологически чистая энергетика» (основное направление «Безопасная атомная энергетика»), входящей в Федеральную целевую программу «Топливо и энергетика», наибольшую готовность по состоянию разработки и возможности получения разрешения на строительство имеет проект АЭС нового поколения с РУ средней мощности В-407. Базовый проект АЭС разработан. Документация технического проекта РУ В-407 разработана в объёме, позволяющем начать изготовление основного оборудования

реакторной установки. Предварительный отчёт по обоснованию безопасности (ПООБ) головного блока с ВВЭР-640 прошёл международную экспертизу – общества GRS и «Сименс» (Германия). В ноябре 1994 г. Госатомнадзор России принял заявку на получение разрешения на строительство головного блока. Готовность документации по этому проекту позволяет с 1995 г. приступить к строительным работам на площадке с пуском головного энергоблока в 2001 г.

Сооружение в России головного энергоблока нового поколения позволит создать благоприятные условия для экспорта отечественного оборудования и энергоблоков. Потенциальными заказчиками энергоблоков средней мощности являются Китай, Индия, Иран, Белоруссия, Украина. К проекту АЭС с ВВЭР-640 проявлен интерес со стороны Таджикистана, Болгарии.

Коллегия Министерства решила: в условиях ограниченного финансирования необходима концентрация финансовых ресурсов и научно-технического потенциала отрасли в 1995...1997 гг. для завершения работ над проектом АЭС с РУ В-407. Считать основной задачей Министерства на 1995 год завершение разработки технического проекта основного и вспомогательного оборудования АЭС с этой РУ (турбоустановок, АСУ ТП и др.), выполнение НИР в обоснование проектных решений с окончанием в 1998 году.

Для выполнения этой задачи предлагалось ОКБ «ГИДРОПРЕСС» завершить разработку технического проекта РУ В-407 и представить на рассмотрение НТС Министерства в 4-ом квартале 1995 г., а в марте 1995 г. представить в 16 ГНТУ смету затрат на эту работу.

В приказе Министра Российской Федерации по атомной энергии № 155 от 28.04.1995 было отмечено, что НИТИ, являясь эксплуатирующей организацией по созданию головного энергоблока АЭС нового поколения с реакторной установкой В-407 (ВВЭР-640), завершил в 1994 г. технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства Северо-Западного НПЦ АЭ на площадке НИТИ. ТЭО утверждено Минатомом 29.12.1994.

В целях обеспечения завершения проектирования и строительства СЗ НПЦ АЭ с головным энергоблоком серии В-407, а также учитывая необходимость строительства аналогичных энергоблоков на площадках Кольской АЭС и Дальневосточного региона министр приказал:

1. Назначить государственное предприятие «Российский государственный концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (концерн «Росэнергоатом») эксплуатирующей организацией СЗ НПЦ АЭ с головным энергоблоком В-407 (ВВЭР-640).
2. Концерну «Росэнергоатом», 26-му ГУ и 16-му ГНТУ осуществить финансирование строительства СЗ НПЦ АЭ в соответствии с титулом, утверждённым Министерством в установленном порядке.
3. Разрешить концерну «Росэнергоатом» использовать средства фонда конверсии Минатома для финансирования указанного центра из фонда, остающегося в распоряжении концерна.

4. Концерну «Росэнергоатом» и НИТИ оформить свои взаимоотношения со-
ответствующим договором.

Для обеспечения персональной ответственности руководства института при строительстве головного энергоблока с ВВЭР-640 приказом директора института от 25.06.1996 была утверждена организационная структура эксплуатирующей организации (ЭО). Согласно этой структуры ответственными лицами по различным направлениям деятельности были определены: главный инженер института В.П. Журавлёв, заместитель директора по капитальному строительству И.Ф. Кицак, заместитель директора по кадрам В.С. Шевченко, заместитель директора по режиму Ю.М. Кожевников и начальник научно-промышленного центра Ю.Н. Анискевич.

По результатам целевой инспекции института комиссией Госатомнадзора России в 1996 году было выдано заключение, в котором отмечался достаточно высокий научно-технический потенциал эксплуатирующей организации НИТИ, позволяющий ей вести квалифицированную экспертизу всех проектных решений и проектирование, направленные на повышение безопасности систем и оборудования головного энергоблока.

На основании результатов инспектирования деятельности НИТИ как эксплуатирующей организации комиссия признала готовность института для выдачи Временного разрешения на строительство собственными силами или с привлечением других предприятий головного энергоблока АЭС с реакторной установкой В-407 (ВВЭР-640). Эксплуатирующей организации НИТИ при этом предписывалось разработать план мероприятий с указанием сроков по устранению замечаний, указанных в акте комиссии.

В 1997 г. продолжались работы по организационно-техническому оформлению Северо-Западного НПЦ АЭ в составе НИТИ. Приказом генерального директора концерна «Росэнергоатом» № 61 от 21.03.1997 образован Сосновоборский филиал концерна, на который возлагалось осуществление финансирования, создания и ввода в эксплуатацию головного энергоблока с реакторной установкой В-407 (ВВЭР-640) и его инфраструктуры. С 01.04.97 г. директором Сосновоборского филиала концерна «Росэнергоатом» был назначен А.Д. Ищенко, которому пору-



Журавлев В.П.



Кицак И.Ф.



Кожевников Ю.М.



Шевченко В.С.

чалось обеспечить государственную регистрацию филиала и открытие расчетного счета в установленном порядке по месту нахождения филиала в г. Сосновый Бор.

В связи с последующим назначением А.Д. Ищенко заместителем директора НИТИ по НПЦ АЭ (по совместительству) и в целях концентрации трудовых ресурсов на выполнении поставленных задач по созданию СЗ НПЦ АЭ директором НИТИ 16.06.1997 издан приказ о создании на базе НПЦ АЭ двух отделений – энергоблока и исследовательских стендов. Была утверждена новая структура НПЦ и штатное расписание.

К сожалению, финансирование работ по созданию СЗ НПЦ АЭ было недостаточным, при этом из инвестиционных средств концерна «Росэнергоатом» было выделено менее половины намеченной суммы, да и та в виде векселей, реализация которых осуществлялась с большим трудом. Для улучшения организации работ по созданию НПЦ в октябре 1997 г. принято совместное решение НИТИ и концерна «Росэнергоатом», подписанное В.А. Василенко и Е.И. Игнатенко, которым предписывалось:

- переоформить договор о совместной деятельности между концерном «Росэнергоатом» и НИТИ им. А.П. Александрова от 1995 г. на договор о доле участия, предусмотрев в нем возможность привлечения третьих лиц для инвестирования строительства объектов НПЦ АЭ;
- возложить на НИТИ выполнение функций Заказчика и эксплуатирующей организации на период строительства головного энергоблока с ВВЭР-640;
- возложить на концерн «Росэнергоатом» функции эксплуатирующей организации на период ввода в действие и дальнейшей эксплуатации головного энергоблока с ВВЭР-640;
- возложить на Сосновоборский филиал концерна функции контроля за целевым использованием выделяемых концерном и другими инвесторами финансовых средств, качества выполняемых работ, организацию согласования проектно-конструкторских решений, а также функции приемки готовых систем и объектов;
- считать целесообразным заключение тройственного договора между концерном «Росэнергоатом», ОАО «Ижорские заводы» и НИТИ на изготовление, поставку и монтаж оборудования на площадке в г. Сосновый Бор с передачей НИТИ функций Заказчика по указанному договору;
- НИТИ и концерну «Росэнергоатом» подготовить проект решения Правительства Российской Федерации о выделении концерну долгосрочного льготного инвестиционного эмиссионного кредита на строительство объектов НПЦ АЭ.

В 1998 году продолжалось выполнение организационных мероприятий по созданию НПЦ АЭ. 18 марта 1998 г. институтом, как эксплуатирующей организацией, была получена «Лицензия Госатомнадзора России № ГН-02-101-0027 на сооружение головного энергоблока АЭС с ВВЭР-640». В соответствии с требованиями этой лицензии директор НИТИ издал приказ, которым назнача-

лись конкретные руководители за выполнение отдельных положений лицензии, оформление перечня организационно-технических мероприятий, составление и утверждение годовых внутрипостроечных списков по финансированию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и т.д.

С 01.04.1998 введено в действие утверждённое директором института «Положение о Северо-Западном научно-промышленном центре атомной энергетики (НПЦ АЭ)», в котором были определены основные цели и задачи по созданию и сооружению объектов НПЦ и взаимодействию подразделений института при этой работе.

К сожалению, финансирование работ по созданию НПЦ, в том числе и по сооружению головного энергоблока с ВВЭР-640, было недостаточным, что и подтвердило совещание в Департаменте разработки и проектирования атомных реакторов и лазерных установок Минатома России.

В протоколе совещания от 14.05.1998, утверждённом заместителем Министра РФ по атомной энергии Е.А. Решетниковым, отмечалось, что «реальное финансирование работ по созданию головного энергоблока явно недостаточно для полномасштабного начала строительства», поэтому необходимо:

- сосредоточить усилия на проектно-конструкторских работах, разработке и начале изготовления оборудования с длительным циклом изготовления;
- определить дополнительные источники финансирования, концентрируя получаемые финансовые средства в НИТИ, как эксплуатирующей организации».

На совещании была озвучена информация о том, что потенциальные зарубежные заказчики (Венгрия и др.) высказывают желание строить энергоблоки ВВЭР-640 у себя, но связывают это строительство с тем, чтобы головной блок сначала был построен в России.

Совещание поручило НИТИ до 01.08.1998 подготовить материалы в Минэкономике РФ, необходимые для включения финансирования работ по энергоблоку в бюджет развития на 1998 год, а также продолжить работу по поиску источников финансирования с привлечением концерна «Росэнергоатом» при оформлении иностранных кредитов.



Научно-промышленный центр атомной энергетики (макет)



СТРУКТУРНЫЕ, ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И КАДРОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ИНСТИТУТЕ

18.01.1991 Министром атомной энергетики и промышленности СССР В.Ф. Коноваловым был утвержден «Устав НИТИ».

Основным предметом и целью деятельности института являлись комплексная отработка и испытания на стендах-прототипах новых конструкторских и технологических решений по перспективным судовым ЯЭУ:

- проведение комплексных испытаний стендовых установок, режимов их работы, подготовка решений и рекомендаций по модернизации ЯЭУ и проведению ремонтных и модернизационных работ, участие в сдаточных испытаниях головных и опытных образцов ЯЭУ;
- разработка и создание автоматизированных систем научных исследований стендов-прототипов;
- расчетно-экспериментальные исследования по нейтронной физике, теплофизике, химии и радиохимии, водно-химическим и газовым режимам технологических сред, дозиметрии и радиационной защите, диагностике оборудования;
- разработка и создание АСУ, моделирующих комплексов и тренажерных систем для подготовки персонала и исследований эксплуатационных режимов ЯЭУ.

Институт возглавляется директором, который самостоятельно решает все вопросы деятельности института, распоряжается имуществом и средствами, заключает договора и т.д. Директор назначается приказом Министра. Главный инженер, заместители директора назначаются и освобождаются директором института по согласованию с вышестоящим органом. Руководители структурных подразделений, старшие мастера и мастера назначаются и освобождаются директором. Только бригадиры избираются на собраниях коллективов бригад.

Конференция трудового коллектива рассматривает проект и итоги выполнения коллективного договора, избирает (отзывает) представителей от коллектива в правление института, заслушивает отчеты об их деятельности. Правление института (12 чел.) состоит из шести представителей, назначаемых Министром, и ше-

сти человек, избираемых конференцией трудового коллектива.

Функции правления:

- определение направления социального и экономического развития;
- порядок распределения чистой прибыли;
- решение вопросов создания дочерних предприятий и обособленных подразделений;
- рассмотрение конфликтных ситуаций, возникающих между администрацией и трудовым коллективом.

В соответствии со ст. 11 Закона СССР о порядке разрешения трудовых споров (конфликтов) трудовой коллектив института не может участвовать в забастовках.

При директоре института на правах совещательного органа действует научно-технический совет (НТС).

Приказом Министра атомной энергетики и промышленности № 269/К от 11.02.1991 на основании Закона СССР «О предприятиях в СССР», распоряжения СМ СССР № 2170р от 24.12.1990 и в соответствии с Уставом НИТИ в состав правления НИТИ от собственника были назначены:

Прохоров Ю.А. – директор;
Василенко В.А. – начальник отдела;
Журавлев В.П. – главный инженер;
Гриценко А.А. – зам. директора;
Шевченко В.С. – зам. директора;
Папковский Б.П. – зам начальника 16 ГНТУ.

От трудового коллектива института в состав правления были избраны: Артемов В.Г., Воронин В.Е., Георге В.Я., Кицак И.Ф., Колесников А.И., Хабенский В.Б.

На своем первом заседании 09.04.1991 правление избрало:

- председателем – Прохорова Ю.А.;
- заместителем председателя – Василенко В.А.
- секретарем – Филина Р.Д.

Правление рассмотрело текущее состояние дел в институте. Было отмечено, что на 1991 год заключено 22 договора, что составило всего 64 % от планового объема финансирования.

На заседании правления института 19.04.1991 было рассмотрено предложение зам. директора А.А. Гриценко об участии НИТИ в строительства пансионата в г. Анапа.

В связи с малым количеством путевок в дома отдыха и санатории и их удорожанием, был предпринят поиск возможностей размещения на юге страны базы отдыха института.

С горисполкомом г. Анапы институт подписал протокол о намерениях, в котором в счет компенсации работ по созданию информационной системы г. Анапа (выполняемой НИТИ), горисполком выделяет место под строительство базы отдыха, а также организует для старшеклассников трудовой лагерь по уборке урожая. Делегация из Анапы во главе с мэром города, посетив институт и ознакомившись с возможностями по созданию информационной системы, предложила

вместо базы отдыха построить гостиницу.

Правление одобрило предложение о строительстве гостиницы в г. Анапа силами института на договорных условиях и дало необходимые полномочия А.А. Гриценко и главному бухгалтеру О.В. Симоненко на ведение дальнейших переговоров с Анапским горисполкомом.

Конечно, это было в некотором роде авантюрное предложение, учитывая экономическое положение института. В дальнейшем от каких-либо практических действий в этом направлении пришлось отказаться.

В апреле 1991 г. в институте произошло значительное кадровое изменение среди руководящего состава. Работавший с 1965 г. главным инженером НИТИ Эрик Сергеевич Брянских в связи с достижением пенсионного возраста ушел на заслуженный отдых. С его именем связана история создания ГИС-НИТИ, строительство стендов-прототипов судовых ЯЭУ, становление и развитие многих производственных подразделений и коллективов, налаживание деловых связей с главными конструкторами установок и заводами изготовителями технологического оборудования.

По предложению НТС главным инженером НИТИ был назначен В.П. Журавлев.

В 1995 г. Э.С. Брянских снова был приглашен на работу в НИТИ, но уже не в должности руководителя всех технических служб института, а для того, чтобы написать его историю с момента создания.

Из-за ухудшающегося финансового положения института были предприняты некоторые меры по выходу из тупиковой ситуации.

Указанием первого заместителя Министра атомной энергетики и промышленности Б.В. Никипелова № 03-2177 от 15.11.91 в связи с прекращением финансирования проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ по отдельным темам и необходимостью погашения задолженности НИТИ банкам (в том числе и за взятый кредит) институт получил разрешение на продажу находящихся у него в собственности: здания 230 (так называемая «дача А.П. Александрова», на берегу Финского залива), одной воинской казармы, солдатской столовой, кафе «Дружба» и «Романтика», подвала книжного магазина, здания радиоклуба и спорткомплекса «Малахит».

В приказе директора НИТИ № 204 от 18.11.1991 «О сокращении объема работ и штатной численности» было указано, что в связи с сокращением финансирования оборонной тематики сокращаются объемы работ подразделений. Поэтому предписывалось сократить с 01.02.1992 рабочие места и численность персонала в следующих подразделениях: КЭЭР – 25 чел., ОДИ – 20 чел., ОХТМИ – 20 чел., ОЭИМСИ – 10 чел. и т.д., всего 132 чел.

Сотрудникам, подлежащим сокращению, помимо компенсаций, предусмотренных КЗОТом, выплачивалась дополнительная компенсация в зависимости от трудового стажа в НИТИ: от 5 до 10 лет – 2 000 руб., от 10 до 15 лет – 3000 руб., свыше 15 лет, а также сотрудникам пенсионного и предпенсионного возраста – 5000 руб.

К сожалению, в результате этого сокращения получилось так, что «с водой выплеснули и ребенка». В дополнение к значительному числу увольняющихся из института работников и переходящих на ЛАЭС, СМЗ, индивидуальные частные предприятия, воспользовавшись представившейся возможностью и дополнительной льготой, из НИТИ ушли многие специалисты-профессионалы. Особенно это коснулось КЭЭР, где к началу 1992 г. остались буквально единицы опытных слесарей, электриков, операторов, которым надо сказать большое спасибо за то, что став «дядьками-наставниками» для молодежи, они очень помогли обеспечить выполнение большого объема ремонтных и модернизационных работ на стенде КВ-1 и подготовить к пуску стенд КВ-2. Я с большим уважением и благодарностью привожу фамилии этих людей: Е.П. Аганин, Б.А. Александров, В.И. Борисевич, В.П. Давыдов, П.С. Дайнеко, А.П. Иванов, В.Ф. Кононенко, Е.В. Корюков, Г.В. Орлов, Г.Я. Рязанцев, И.Т. Смирнов, Э.И. Таламаненко, В.Л. Тукмачев, Г.Ф. Шаньгин, А.Е. Ширяев, Б.Г. Шкваровский, Ю.В. Юрченко.

Кроме Правления института, сформированного в 1991 г. из представителей собственника и избранных на конференции представителей трудового коллектива в конце 1991 г. был избран совет трудового коллектива НИТИ в следующем составе: Ю.Н. Анискевич, В.Е. Воронин, В.Я. Георге, А.В. Кирменев, И.Ф. Кицак, Е.А. Клушин, А.Л. Лошков, Ю.А. Мигров, Н.М. Мячева, Н.М. Петров, С.А. Токарев, А.Г. Шматко.

На организационном собрании 03.01.1992 председателем СТК избран Ю.Н. Анискевич, но в связи с избранием его председателем городского совета народных депутатов он был освобожден от этой должности и 19.05.1992 председателем СТК избран А.Г. Шматко.

СТК на своём заседании 26.06.1992 рассмотрел и обсудил деятельность Ю.А. Прохорова в должности директора института. В результате обсуждения проведено поименное голосование по вопросу согласования контракта о найме директора. Из 12 членов СТК только трое проголосовали за согласование контракта.

СТК рассмотрел предложения по альтернативным кандидатурам на должность директора: В.А. Василенко, А.И. Колесников, С.Д. Малкин. А.И. Колесников и С.Д. Малкин отказались от этого предложения, в результате чего на заседании СТК 21.09.1992 были рассмотрены кандидатуры В.А. Василенко и В.Е. Воронина. При голосовании за В.А. Василенко было подано 10 голосов при одном воздержавшемся. Таким образом кандидатура В.А. Василенко была предложена Министру РФ по атомной энергии на утверждение в должности директора НИТИ. Приказ о назначении В.А. Василенко директором НИТИ Министр В.Н. Михайлов подписал 08.10.1992. Ю.А. Прохоров возвратился в ФЭИ г. Обнинска, где стал работать в должности главного научного сотрудника – научного руководителя проекта исследовательского импульсного реактора БАРС-6.

В связи с увольнением заместителя директора института А.А. Гриценко за грубое нарушение режимно-пропускного режима должность заместителя директора по общим вопросам была упразднена и введена должность заместителя ди-



Аганин Е.П.



Александров Б.А.



Борисевич В.И.



Дайнеко П.С.



Иванов А.П.



Кононенко В.Ф.



Давыдов В.П.



Масленников С.В.



Корюков Е.В.



Орлов Г.В.



Рязанцев Г.Я.



Таламаненко Э.И.



Тукмачев В.Л.



Ширяев А.Е.



Шаньгин Г.Ф.



Юрченко Ю.В.

ректора по экономике. СТК согласовал назначение на эту должность А.Л. Лошкова с заключением контракта сроком на один год.

О других кадровых изменениях. По причине сокращения финансирования НИОКР была сокращена должность заведующего научно-технической библиотекой. Обязанности по руководству НТБ при этом возлагались на начальника ОНТИ В.Д. Головина.

В связи с увольнением из НИТИ и переходом на ЛАЭС главного инженера КЭЭР А.Г. Казачука приказом по институту главным инженером комплекса экспериментальных энергетических реакторов с апреля 1992 г. был назначен В.М. Рыжов.

Также в апреле 1992 г. начальником экспериментального отдела радиационной безопасности (ЭОРБ) назначен В. Г. Ильин.

В декабре 1992 г. главным бухгалтером института назначена В.С. Кузьмичёва, работавшая до этого ведущим инженером группы финансово-экономического анализа.

На заседании НТС 31.08.1992 на вакантные должности избраны:

Ю.А. Морозов – начальником лаборатории автоматизации рабочих мест;

В.П. Черных – начальником отдела разработки программных систем.

В целом положение дел с обеспечением кадрами в институте в 1992 г. было неудовлетворительным.

Текущая кадров за год представлена в таблице.

<i>Категории персонала</i>	<i>Численность на начало года</i>	<i>Принято за год</i>	<i>Уволено на конец года</i>
Всего работников, в том числе:	2119	157	489
– <i>рабочих</i>	991	90	229
– <i>руководителей и специалистов</i>	1128	67	260
Всего промышленно-производственный персонал, в том числе:	1815	144	279
– <i>рабочих</i>	836	83	130
– <i>руководителей и специалистов</i>	979	61	149
Всего непромышленный персонал, в том числе:	304	13	210
– <i>рабочих</i>	155	7	99
– <i>руководителей и специалистов</i>	149	6	111

1993-й год характерен для института тем, что 01.06.1993 в НИТИ была введена «Единая тарифная сетка». Принятое решение позволило систематизировать

и чётко разделить сотрудников института по разрядам, тарифным коэффициентам с учётом стажа работы, условий труда и занимаемых должностей. В дальнейшем эта система уточнялась, дорабатывалась, но в основном она функционировала до 2010 года.

Что касается кадровых изменений, то на НТС 01.09.1993 на вакантные должности избраны:

Начальником лаборатории технологии и исследования кориума – С.В. Бешта.
Заведующим лабораторией водного теплоносителя ЯЭУ – В.Я. Бредихин.
Заведующим лабораторией химической технологии ЯЭУ – Б.А. Гусев.
Заведующим лабораторией газовых режимов ЯЭУ – М.Ф. Гумеров.
Заведующим лабораторией химического контроля – Н.Я. Вилков.
Заведующим лабораторией радиационного контроля – С.Н. Некрестьянов.
Заведующим лабораторией радиохимического контроля – В.Н. Епимахов.

Кроме того приказом директора института в 1993 году назначены:

А.А. Ефимов – начальником ОХТМИ.
А.П. Петров – начальником отдела режима.
Ю.Н. Анискевич – начальником НПЦ АЭ.
Е.П. Шихов – начальником участка спецсвязи и сигнализации.
Ю.К. Панасюга – начальником ЭЦ.

В связи со значительными кадровыми изменениями в руководстве института приказом директора НИТИ № 31 от 08.02.1993 были перераспределены должностные обязанности между членами дирекции.

Устанавливалась ответственность за административно-хозяйственную деятельность, эффективность и качество проводимых работ, выполнение планов и представление отчётности. Утверждены основные задачи, права, обязанности и ответственность членов дирекции по руководству основными направлениями деятельности института.

Установлен определённый порядок замещения членов дирекции по должностным обязанностям, а также порядок подписания и согласования издаваемых в институте документов.

В связи с расширением сферы деятельности института, введением в действие новых правил по безопасной эксплуатации потенциально-опасных объектов и повышением требований со стороны надзорных органов приказом директора № 37 от 21.02.1994 в институте был образован отдел ядерной и технической безопасности с подчинением его главному инженеру НИТИ.

В состав отдела были включены:

- группа ядерной безопасности с переводом её из ОНФИ;
- группа котлонадзора с переводом её из ОТБ и Д;
- группа хранения и перевозок спецпродукции с переводом её из ЭОРБ;
- вновь образованная группа контроля качества;
- вновь образованная группа технадзора (атомнадзора).

Начальником отдела назначен Д.П. Кириков.

В 1995 г. приказами директора института взамен выбывших назначены следующие руководители подразделений:

Е.М. Филиппов – начальником отдела научно-технической информации;

Г.Д. Баранов – начальником отдела гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций;

В.Н. Виноградов – начальником юридического отдела.

Для обеспечения безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов стендовых ЯЭУ, локализирующих и обеспечивающих систем стендов-прототипов, сосудов и трубопроводов с радиоактивной средой, находящихся на площадке НИТИ, в условиях прекращения деятельности Центральной инспекции котлонадзора и газового надзора (ЦИКН и ГН) Министерства Российской Федерации по атомной энергии, решением 16 ГНТУ Минатома РФ, Комитета по безопасности, экологии и чрезвычайным ситуациям Минатома России и НИТИ в декабре 1996 г. функции ведомственного надзора за технической безопасностью оборудования и трубопроводов, исполнявшиеся ранее ЦИКН и ГН, были переданы группе по надзору за безопасной эксплуатацией оборудования и трубопроводов (группе атомного надзора отдела ядерной и технической безопасности НИТИ).

Конкретное исполнение функций ЦИКН и ГН было поручено ведущему инженеру – инспектору по надзору за технической безопасностью оборудования и трубопроводов ЯЭУ, локализирующих и обеспечивающих систем стендов-прототипов, сосудов и трубопроводов с радиоактивной средой НИТИ. Считая ведущего инженера-инспектора по надзору НИТИ правопреемником ЦИКН и ГН Минатома России, ему были переданы журнал регистрации поднадзорного оборудования и личный штамп ведущего инженера-инспектора ЦИКН и ГН.

В октябре 1996 г. в истории института произошло очень важное событие – постановлением губернатора Ленинградской области НИТИ присвоено имя А.П. Александрова – основателя института и фактически его руководителя до 1979 г., т.е. до того момента, когда институт перестал быть филиалом ИАЭ им. И.В. Курчатова и стал самостоятельным предприятием с непосредственным подчинением 16-му ГУ Минатома.



Баранов Г.Д.



Виноградов В.Н.



Ставинов А.Ф.



Филиппов Е.М.

Приказом Министра Российской Федерации по атомной энергии № 482 от 22.07.1997 НИТИ был назначен Головным предприятием по вопросам отработки транспортных ЯЭУ на наземных стендах-прототипах. Основными функциями НИТИ согласно этого приказа являлись:

- проведение комплексных испытаний опытных транспортных ЯЭУ на стендах-прототипах;
- отработка регламентов ревизий и ремонтов ЯЭУ, перезарядок реакторов и утилизации ЯЭУ после завершения их эксплуатации;
- проектирование, создание и эксплуатация автоматизированных систем сбора, регистрации и хранения экспериментальной информации;
- проектирование и создание комплексных систем управления и информационной поддержки, моделирующих комплексов и тренажёрных систем для подготовки персонала и исследований эксплуатационных и аварийных режимов ЯЭУ;
- расчетно-экспериментальные исследования по нейтронной физике, теплофизике, нестационарным и аварийным процессам;
- разработка и внедрение методов и средств химического и радиохимического контроля, водно-химических и газовых режимов технологических сред стендовых установок.

Как известно в августе 1998 г. в России случился дефолт, приведший к значительной девальвации рубля. Произошедшее событие очень негативно сказалось на экономике страны, предприятий и всего населения.

Институт тоже оказался в сложном финансово-экономическом положении, произошло резкое сокращение финансирования заказчиком оборонной тематики (более чем в шесть раз). В связи с кризисом в формировании федерального бюджета фактическое поступление в институт денежных средств и других видов оплаты снизилось до 53 % от необходимого, что привело к отсутствию прибыли, необходимой для реализации в полном объёме мероприятий, предусмотренных коллективным договором. Сложившаяся ситуация потребовала принятия незамедлительных мер по сокращению всех видов затрат, в том числе производимых за счёт прибыли института.

Приказом директора института от 03.11.1998 были приняты следующие меры по сокращению затрат: уменьшение расхода по энергоресурсам, снижение затрат на износ основных фондов, уменьшение фонда оплаты труда за счёт сокращения численности и отмены всевозможных временных надбавок и доплат, передача в муниципальную собственность ДГТ по ул. Солнечной, 23 и т.п.

Рассказывая об истории института в 1998 году, хотелось бы особо остановиться на одном очень печальном событии. 11 августа скорпостижно скончался старейший сотрудник НИТИ, бывший главный инженер Э.С. Брянских. За время работы в институте он проявил себя эрудированным, грамотным, трудолюбивым, скромным работником и в то же время принципиальным и требовательным руководителем. Проводить в последний путь Э.С. Брянских прибыли в г. Со-

сновый Бор очень многие руководители предприятий и организаций из Москвы, Санкт-Петербурга и других городов России. Через несколько лет на фасаде административного здания НИТИ была установлена мемориальная доска в память об Э.С. Брянских.

Из других кадровых изменений следует отметить назначение в июле 1999 г. начальником ППО Н.П. Грановской вместо Н.А. Глущенко, а в октябре начальником КО А.Ф. Ставинова вместо ушедшей на пенсию Л.П. Георге.

В октябре 1999 г. Госатомнадзор России выдал НИТИ лицензию № ГН-13-101-0390 на право проведения экспертизы документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности атомных станций с реакторами ВВЭР. Для выполнения условий действия лицензии директор института издал приказ, согласно которого все руководители подразделений, непосредственно участвующие в сооружении энергоблока ВВЭР-640, были обязаны руководствоваться требованиями положения о порядке проведения экспертизы документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности, а также стандарта предприятия СТП 74-96 «Руководство по качеству при проведении экспертизы» и условий действия лицензии.

В соответствии с федеральным законом «Об использовании атомной энергии» и во исполнение приказа Министра Минатома России № 205 от 01.04.1997 г. директор института 25.07.2000 издал приказ № 00/139 «О подготовке к получению работниками НИТИ разрешений на право ведения работ в области использования атомной энергии».

Приказом предписывалось руководителям отдела режима, КЭЭР, ЭОРБ, ОНФИ и ОЯБ и ТБ уточнить персональный состав работников, которые должны получать разрешение Госатомнадзора России на право ведения работ в области использования атомной энергии, а также подготовить необходимые документы для обучения, медицинской проверки и аттестации указанного персонала.

Главному инженеру института поручалось решить с руководством ЛАЭС вопрос о проведении психофизиологического обследования сотрудников НИТИ в лаборатории учебно-тренировочного центра ЛАЭС.

Приказом директора НИТИ № 00/199 от 11.10.2000 был утверждён график проведения психофизиологического обследования сотрудников НИТИ. В соответствии с утверждённым графиком указанные в приказе руководители и специалисты прошли психофизиологическое обследование и после соответствующего оформления в Госатомнадзоре РФ получили разрешения на право ведения работ в атомной энергетике.

В июне 2000 г. Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности (Госатомнадзор РФ) выдал НИТИ лицензию № ГН-04-107-0495) на право вывода из эксплуатации (этап консервации) стенда-прототипа ВАУ-6с с транспортной ядерной энергетической установкой со сроком действия лицензии до 01.01.2010. Приказом директора института № 00/101 от 21.06.2000 руководителям КЭЭР В.Е. Воронину и ОЯБ и ТБ Д.П. Кирикову предписывалось разрабо-

тать план мероприятий по выполнению лицензии с указанием конкретных сроков и этапов работ. Этим приказом фактически была поставлена последняя точка в вопросе предлагаемых вариантов дальнейшего использования установки ВАУ-6с как в институте, так и вообще в других целях.

В 2000 г. принято важное решение Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии. Приказом Госстандарта России № 217 от 05.06.2000 на основании результатов проверки метрологической службы (МС) НИТИ этой службе (руководитель А.П. Лукашев) было предоставлено право поверки средств измерений для собственных нужд в соответствии с установленной областью аккредитации.

МС НИТИ получила аттестат аккредитации на право поверки средств измерений со сроком действия до 01.01.2002 с присвоением шифра поверительного клейма – «БЕИ». Директору Владимирского завода «Эталон» предписывалось изготовить поверительные клейма в соответствии с договором.

В целях совершенствования организационной структуры управления производственной деятельностью института в марте 2000 г. принято решение об учреждении дочернего предприятия, обеспечивающего выполнение функций энергосберегающей организации по теплоснабжению г. Сосновый Бор. Дочернее теплоснабжающее предприятие было создано на базе теплосилового цеха НИТИ.

В связи с увольнением С.Н. Савостьяновой начальником бюро технического обучения назначен А.Н. Голубцов.

В 2000 г. в институте введена новая должность – заместитель директора НИТИ по испытательному комплексу атомных реакторов (ИКАР). На эту должность был назначен Л.П. Богданов. Начальником ИКАР стал А.В. Демидов.



Богданов Л.П.



Демидов А.В.



Руководство ИКАР

*Слева направо: Демидов А.В., Побережный А.А., Ковалёв А.С., Богданов Л.П.,
Сапожников В.Я., Лебедев Э.А., Калининко В.В., Пятаев В.Н., Орлов И.С.*





ЧАСТЬ ВТОРАЯ (2001...2011 ГОДЫ) НАЧАЛО НОВОГО ВЕКА, НОВОГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

Как и во всём мире, в России подготовка к наступлению XXI-го века, а с ним и нового тысячелетия велась с большим размахом.

Все мы чувствовали это по огромному потоку различной информации организационного, технического и даже политического характера. Были некоторые опасения в нарушении нормальной работы транспорта, космических систем, оборонных комплексов из-за возможных сбоев в компьютерных системах управления, связанных с переходом в другое летоисчисление.

Но все опасения в реальной действительности не подтвердились, и жизнь на земле продолжалась в том же ритме.

В НИТИ XXI-й век тоже начался без каких-либо сюрпризов. Стенды-прототипы ЯЭУ находились в стояночных режимах, регистрация параметров велась в основном с пультов управления и местных постов, информационно-вычислительные комплексы поддерживались в дежурном режиме. Энергетические службы, диспетчерские и дежурные подразделения обеспечивали нормальное функционирование института.

Окончание испытаний на стенде КВ-1

В 2001 году на стенде КВ-1 продолжались ремонтно-восстановительные работы на системе компенсации давления. Материаловедческие исследования фрагментов тракта системы компенсации давления (СКД), выполненные специалистами НИТИ и ОКБМ, выявили наличие сквозной кольцевой трещины по сварному шву № 4. Максимальная глубина трещины составляла ~ 2 мм. Форма, характер развития трещины и феноменологическое ответвление вторичных трещин позволяли с достаточной достоверностью утверждать, что её зарождение и распространение произошло в результате термоциклического воздействия рабочей среды на сварной узел при эксплуатации стенда КВ-1.

Демонтированный трубопровод водяного тракта СКД был восстановлен с использованием нового коллектора и вновь изготовленных угольников. Произведена обвязка СКД по воде и газу. Проведён контроль качества сварных швов согласно требований технологического процесса. Оформлена соответствующая отчётная документация.

Здесь следует отметить, что начальник УКор А.Ф. Шлемов в марте 2001 г. прислал в адрес НИТИ телеграмму с просьбой сообщить техническое состояние ЯЭУ стенда КВ-1 в связи с проводимыми ремонтно-восстановительными работами на СКД и предложением оформить дополнительное соглашение к основному договору между НИТИ и УКор. Этим самым УКор как бы реабилитировал себя за категоричный и не совсем тактичный отказ от утверждения совместного решения ведомств в сентябре 2000 г.

В мае 2001 г. после окончания всех работ по замене водяных коммуникаций СКД и восстановления систем ППУ проведены гидравлические испытания первого контура на прочность и плотность. Каких либо дефектов в оборудовании и трубопроводах не обнаружено, и система первого контура была допущена к дальнейшей эксплуатации по прямому назначению.

В период с 17.07.2001 по 01.08.2001 после окончания всех ремонтно-восстановительных работ был произведён контрольный ввод в действие ЯЭУ стенда КВ-1. При этом выполнены:

- регулярные нейтронно-физические измерения;
- отбор проб теплоносителя первого контура для оценки состояния а.з. согласно требованиям РТК-83;
- измерение вибрационных характеристик на подшипниках генератора Т-25,6 и балансировка промвала при различных оборотах ГТА вплоть до номинальных (в связи с заменой торсионного вала);
- проверка электрических параметров генератора Т-25,6 при работе его под нагрузкой.

В процессе контрольного ввода выявлены отдельные дефекты и неисправности в работе оборудования и систем. Их устранение проведено в период с 01.08.2001 по 15.10.2001, после чего стенд КВ-1 был допущен к проведению 9-го цикла ресурсных испытаний.

В соответствии с техническим решением № 32.00.КВ1-067 ТР от 23.11.2000 ЗАО «ЭТЭКС» (одно из предприятий Кировского завода) разработало систему активного торможения турбины ГТА (САТТ).

Перед началом очередного цикла испытаний эта система была изготовлена и смонтирована на стенде КВ-1. В декабре 2001 г. произведены наладочные испытания и проверка САТТ по прямому назначению. Проведённые испытания САТТ показали:

1. Система обеспечивает экстренное снижение оборотов ГТА с 3000 об/мин

до 200 об/мин за ~ 80 сек.

2. Включение САТТ для обеспечения экстренного снижения оборотов ГТА возможно во всём диапазоне оборотов от максимальных до близких к «порогу» на её отключение.

В связи с выработкой проектного ресурса и срока службы оборудования ЯЭУ по специально разработанным программам проводилось освидетельствование оборудования (при необходимости его ремонт и доработка), и продление ресурса и срока службы на определённый период.

После ремонта водяных коммуникаций системы компенсации давления и монтажа на коллекторе термопар в ноябре-декабре 2001 г. и январе 2002 г. проводилось термометрирование водяных трубопроводов и коллектора СКД. В результате проведённых исследований получен обширный экспериментальный материал о температурном состоянии коммуникаций СКД в основных эксплуатационных режимах при выбранном алгоритме управления ППУ, что позволило в дальнейшем:

- оптимизировать алгоритм управления с целью снижения температурных нагрузок коммуникаций СКД;
- изучить динамику процессов, происходящих в трубопроводах СКД в различных эксплуатационных режимах;
- проверить эффективность конструкции теплового экрана в плане снижения тепловых нагрузок коммуникаций СКД.

В 2002 году проведено три цикла испытаний с обеспечением нормального технического состояния оборудования в межцикловых ремонтах.

ИВК АНИС-В1 обеспечивал регистрацию параметров ЯЭУ при всех режимах ее работы с постоянным отображением информации на экранах, расположенных на посту экспериментатора, у начальника смены, на пульте управления и на других ПЭВМ, имеющих доступ к системе отображения информации «КИНО».

Были закончены работы по монтажу, комплексной наладке и приемосдаточным испытаниям системы цифрового отображения информации (СЦОИ), предназначенной для автоматизированного отображения информации о значениях параметров стенда КВ-1 на пульте управления ЯЭУ.

В связи с окончанием проектного технического ресурса и срока службы оборудования ЯЭУ по специальным программам проведено техническое освидетельствование оборудования, выполнены необходимые ремонтные и наладочные работы, в частности восстановлен «самоход» СКР-2. В результате принято решение о продлении срока службы и ресурса по оборудованию ППУ, ГТА, КСУ ТС «Сталь», электрооборудованию.

По результатам технического освидетельствования оборудования были выполнены необходимые ремонтные и наладочные работы, приняты соответствующие решения о продлении срока службы и технического ресурса оборудования ППУ, ГТА, приборов КСУ «Сталь-1», механизмов СУЗ и, в соответствии с выше-

указанным «Решением...» 14.11.2003 был начат 14-й цикл испытаний установки.

В период с 09.09.2003 по 14.10.2003 на стенде КВ-1 проведена повторная дефектация части ОТВС а.з. второй кампании, хранящихся в бассейнах выдержки здания 102 как «сухим», так и «мокрым» способом. Для сопоставления состояния ОТВС проведена также дефектация нескольких ОТВС первой кампании. Анализ результатов показал наличие выхода из ТВЭЛов значительных количеств (по активности) негазообразных продуктов деления и альфа-излучающих нуклидов, чего не наблюдалось при первичной дефектации ОТВС второй кампании сразу после выгрузки их из реактора.

В связи с новизной полученных результатов и необходимостью выяснения причин изменения состояния ОТВС в процессе хранения было решено оставить на длительное хранение в бассейнах выдержки зд.102 для дальнейших исследований 13 ОТВС второй кампании и 2 ОТВС первой кампании.

В начале 2004 года стенд КВ-1 находился в режиме 15-го цикла ресурсных испытаний на штатных пониженных параметрах первого контура. В дальнейшем испытания стенда проводились на сверхпониженных параметрах (СПП), при этом время работы на СПП было ограничено 500 час. Для подтверждения безопасности испытаний на СПП проведены разработанные по специальной программе предварительные испытания установки, при которых были определены теплотехнические параметры и особенности управления ЯЭУ при работе на СПП.

Испытания на СПП начаты 07.06.2004 и продолжались до 15.07.2004, при этом средняя мощность ППУ составляла $\sim 20\%$ $N_{ном}$. По понятным причинам многие переходные режимы, заданные моделью эксплуатации, в указанный период были максимально сокращены, однако, по возможности, выполнялись такие режимы, как неглубокие маневры мощностью, переводы ЦНПК с малой на большую скорость и наоборот.

Испытания опытной активной зоны реактора стенда КВ-1 с перспективной элементной базой были завершены в 2004 г. в связи с исчерпанием запаса реактивности а.з. при дожигании на сверхпониженных параметрах.

Состояние а.з. по данным радиохимического анализа проб теплоносителя первого контура в соответствии с нормами РТК-83 оценивалось как «допустимое».

В конце энергетических испытаний на стенде КВ-1 проведены испытания системы безбатарейного расхолаживания с целью определения мощностных характеристик системы в области низких температур первого контура. Результаты испытаний подтвердили возможность использования системы ББР в области низких температур и могут быть включены в эксплуатационную документацию новых ЯЭУ.

По окончании 3-й кампании стенда КВ-1 Главный конструктор ППУ предложил продолжить эксплуатацию стенда за счет частичной модернизации, загруз-

ки зоны подпитки с проведением при этом необходимого комплекса работ по обеспечению ядерной и радиационной безопасности.

НИТИ подготовил проект совместного решения ведомств о продолжении испытаний на стенде КВ-1, в котором были определены необходимый минимальный объем модернизации и предложения по частичной перегрузке ОТВС с целью определения максимального ресурса твэлов.

Принимая во внимание (по данным радиохимических анализов) вероятность незначительного нарушения герметичности оболочек нескольких твэлов а.з. и учитывая возможность продолжения ресурсных испытаний активной зоны с дальнейшей проверкой герметичности оболочек твэлов основного массива, 24.01.2005 было принято совместное решение Федерального агентства по атомной энергии и ВМФ № СР-0009-2005. В «Решении...» отмечалось, что в процессе проводимых в НИТИ испытаний на стенде КВ-1 успешно выполнен основной объем работ по отработке перспективной элементной базы для активных зон 3-го и 4-го поколения.

Результаты основной кампании и предварительные итоги реализации режима «дожигания» создали уникальные условия, позволяющие на действующем стенде-прототипе осуществить комплекс мероприятий по фактической проверке и отработке элементов реальных активных зон, оборудования и систем судовых ЯЭУ на предельных (по сроку службы и ресурсу) режимах эксплуатации.

Учитывая необходимость дальнейшего повышения надежности, безопасности и количественных характеристик показателей долговечности судов с ЯЭУ, находящихся в эксплуатации и строительстве, решили:

1. Выполнить опытную эксплуатацию массива ТВС с проведением необходимого комплекса работ по обеспечению ядерной и радиационной безопасности.

2. Работы выполнить на стенде КВ-1 в НИТИ с целью решения актуальных для Военно-Морского Флота задач по следующим основным направлениям:

- отработка режимов эксплуатации ЯЭУ на пониженных уровнях мощности в соответствии с перспективной моделью эксплуатации, в том числе проверку работоспособности активной зоны, парогенераторов и другого оборудования и систем;
- подтверждение ресурсных характеристик ТВС и элементной базы перспективных зон с повышенной кампанией;
- отработка технических решений, направленных на повышение надежности, ядерной и радиационной безопасности ППУ типа 650 и КТП-6, в том числе за счет введения новых систем безопасности, основанных на пассивных принципах действия;
- определение реальных ресурсных характеристик оборудования ЯЭУ, разработка рекомендаций проектным организациям и органам эксплуатации ВМФ по увеличению ресурса и срока службы оборудования;
- отработка и совершенствование алгоритмов и систем технического диагностирования оборудования и систем ЯЭУ с целью определения техниче-

ского состояния и предотвращения выхода из строя механизмов и систем;

- практическая отработка более совершенного водного режима ППУ ОК-650 с целью обеспечения увеличенного ресурса активных зон и парогенераторов.

3. Для выполнения указанных работ реализовать необходимые мероприятия по продлению эксплуатации стенда-прототипа и возложить на предприятия следующие обязательства:

- ФГУП НИТИ (Головной исполнитель) – разработать и реализовать мероприятия, направленные на проведение частичной выгрузки активной зоны, дефектацию ОТВС, загрузку свежих ТВС, продление ресурса и срока службы оборудования и систем для обеспечения надежной эксплуатации стенда;
- ФГУП ОКБМ – разработать проектную документацию на перекомплектацию активной зоны путем частичной перегрузки ТВС и подготовить решение ведомств об изготовлении необходимого количества ТВС, а также разработать проектную документацию, направленную на совершенствование систем безопасности;
- ФГУП НПО «Аврора» - провести ревизию системы КСУ ТС и по ее результатам определить и реализовать необходимый объем доработок или замен узлов и деталей;
- ФГУП ЦКБ МТ «Рубин» - в обеспечение проведения наибольшего объема испытаний разработать необходимую проектную и эксплуатационную документацию ГЭУ стенда.

Решением было рекомендовано оставить на «дожигание» 40 % отработавших ТВС основного массива, дозагрузив активную зону свежими ТВС для получения необходимого запаса реактивности. Необходимо было убедиться в том, что оболочки твэлов, оставляемых на «дожигание», являются герметичными. Для проверки герметичности предусматривалось проведение внутриреакторной дефектации ОТВС с применением разработанного и изготовленного ОКБМ специального оборудования. На нештатном стенде отработки методов внутриреакторной дефектации, изготовленном НИТИ с участием ОКБМ, произведена проверка работоспособности этого оборудования, проведен большой объем экспериментальных исследований методов дефектации, отобран наиболее эффективный из них для использования по прямому назначению. Реактор и обеспечивающие его системы после получения разрешения Северо-европейского межрегионального территориального округа по надзору за ядерной и радиационной безопасностью были подготовлены к проведению внутриреакторной дефектации ОТВС, которая началась 14.12.2005. Выбранный метод дефектации показал свою работоспособность. До конца года проведена дефектация, сборок с негерметичными твэлами не обнаружено.

На конец третьей кампании стенда КВ-1 оборудование и системы стенда выработали технический ресурс или срок службы. Так, оборудование КСУ

«Сталь-1» выработало от 2 до 3 назначенных ресурсов. Оборудование ППУ, ПТУ и ЭЭС технический ресурс не выработало, но при этом значительно превышен срок службы.

В 2005 г. в КЭЭР разработана и выпущена необходимая документация по продлению технического ресурса и срока службы оборудования для обеспечения работы стенда КВ-1 до 2015 года.

В течение 2006 года на стенде проводились работы по выполнению решения о продолжении ресурсных испытаний примерно 40 % тепловыделяющих сборок (ТВС) в составе активной зоны до предельных величин выгорания после частичной перегрузки (дозагрузки а.з. свежими ТВС для обеспечения необходимого запаса реактивности).

Для повышения ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ стенда КВ-1 за пределами назначенного ресурса и срока службы оборудования, отработки отдельных эксплуатационных режимов по усовершенствованным алгоритмам управления было принято решение о работах по модернизации оборудования и систем в так называемой «3-й плюс» (3+) кампании после частичной перегрузки а.з.

Работы на стенде велись по трем направлениям:

- продолжение внутриреакторной дефектации ОТВС, частичная выгрузка и вне реакторная дефектация ОТВС;
- комплексное обследование систем и оборудования стенда КВ-1;
- подготовка документации (совместно с предприятиями – главными конструкторами оборудования стенда) по модернизации и доработкам систем безопасности и систем, важных для безопасности.

На основе проведенных исследований по отработке методов внутриреакторного контроля герметичности оболочек твэлов (внутриреакторной дефектации) был выбран наиболее информативный и не требующий больших затрат времени, рабочих сред и материалов барботажный метод выделения ^{85}Kr из пробы «настоя» дистиллята внутри ТВС с одновременным измерением объёмной активности газа в измерительной системе, разработанной и смонтированной специалистами НИТИ.

По разработанному и утвержденному регламенту проведена внутриреакторная дефектация всех ОТВС, перспективных для дальнейших ресурсных испытаний, и некоторой части ОТВС, рекомендованных для замены.

После окончания внутриреакторной дефектации были проведены работы по частичной выгрузке и вне реакторной дефектации ОТВС, при этом использовалось штатное перегрузочное оборудование ОК-300 ПБМ. Вне реакторная дефектация производилась с помощью универсального стенда дефектации, разработанного по техническому заданию ОКБМ и изготовленного НИТИ.

Результаты вне реакторной дефектации выгруженных ОТВС свидетельствовали о наличии по меньшей мере 4-х ОТВС с негерметичными твэлами. Эти данные подтвердили результаты проведенной ранее внутриреакторной дефектации,

но со значительно большей достоверностью, и позволили определиться с перечнем ТВС, оставляемых для дальнейших испытаний в составе а.з. По результатам проведенных работ можно сделать вывод о том, что смонтированный и отлаженный на стенде КВ-1 компактный и мобильный стенд внутриреакторной дефектации в дальнейшем может быть применен для подобных работ на ЯЭУ.

Комплексное обследование систем и оборудования стенда КВ-1 проводилось в соответствии с «Требованиями к обоснованию возможности продления назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии (НП-024-2000)». К 2006 г. оборудование стенда КВ-1 в основном исчерпало ресурс и срок службы.

Целью комплексного обследования являлась оценка фактического состояния систем и оборудования стендового здания и промплощадки НИТИ, обеспечивающих работу стенда КВ-1, определение их остаточного ресурса, установление дефицитов безопасности для определения возможности продления ресурса и срока службы, а также обоснования решения об экономической целесообразности продолжения эксплуатации стенда сверх назначенного срока.

Для проведения комплексного обследования в НИТИ были назначены центральная комиссия и комиссии по направлениям:

- ЯЭУ стенда КВ-1;
- системы и элементы стендового здания, обеспечивающие работу ЯЭУ;
- обеспечивающие системы и элементы промплощадки;
- строительные конструкции, основания зданий и сооружений.

На основании акта комплексного обследования совместно с заинтересованными организациями было подготовлено решение ведомств о возможности продления назначенных ресурса и срока службы оборудования стенда КВ-1.

В 2006 году выполнены работы по оформлению технической документации, необходимой для внедрения доработок систем безопасности. Так, в случае максимальной проектной аварии (МПА) для снижения давления в аппаратной выгородке (АВ), т.е. увеличения свободного объема подблочного пространства, АВ соединялась отверстиями нужного диаметра с носовым блоком компенсаторов объема.

Система подпитки и аварийной проливки дополнялась устройством ввода в реактор жидкого поглотителя в случае отказа рабочих органов СУЗ. Для снятия питания с приводов компенсирующей решетки (КР), исполнительных механизмов и электромагнитов АЗ при повышении давления в первом контуре до предельного значения были предусмотрены размыкатели электропитания по давлению, так называемые РЭДы. При этом стержни АЗ опускаются в крайнее нижнее положение под действием собственного веса.

Для снятия давления с пневмоприводов арматуры системы безбатарейного расхолаживания и, соответственно, подключения этой системы и отключения паротурбинной установки по воде и пару при повышении давления в первом контуре до предельного значения, предусматривались к внедрению гидроуправляемые

пневмораспределители.

На конец 2006 года после завершения работ по частичной выгрузке и дефектации ОТВС реактор стенда находился в расхоложенном состоянии, ЯЭУ – в режиме длительного хранения.

В течение 2007 года продолжены начатые по окончании третьей кампании работы по обследованию систем и оборудования стенда с целью определения их фактического состояния, оценки возможности продолжения эксплуатации сверх назначенного срока службы и разработки программы подготовки к продлению этого срока. Работы проводились на основании Совместного решения Росатома и ВМФ о продолжении на стенде КВ-1 ресурсных испытаний основного оборудования ЯЭУ и активной зоны до предельных величин выгорания.

Объём работ по комплексному обследованию и порядку их проведения определялся подготовленным Главным конструктором стенда КВ-1 ЦКБ МТ «Рубин» «Положением о порядке продления назначенных ресурса и срока службы оборудования и систем ЯЭУ стенда КВ-1».

Основными исполнителями работ по комплексному обследованию являлись НИТИ, ОКБМ, НПО «Аврора», ЦКБ МТ «Рубин», ГИ «ВНИПИЭТ» и предприятия-изготовители комплектующего оборудования.

К концу 2007 году было полностью проведено комплексное обследование систем и элементов, строительных конструкций зданий и сооружений, обеспечивающих работу стенда КВ-1. В результате комплексного обследования сделан вывод о том, что в основном системы, оборудование и ЯЭУ в целом находятся в удовлетворительном состоянии и после проведения отдельных ремонтно-восстановительных работ, реализации мероприятий по безопасности и замены не подлежащего ремонту оборудования (цистерн «Море» системы ББР, главного паропровода, ходового клапана главной турбины, АЦИМ «Октава» системы КСУ «Сталь-1», дизельной электростанции) могут быть допущены к дальнейшей эксплуатации.

Одновременно с проведением обследования систем и оборудования проводилась подготовка к отправке в НИИАР на металловедческие исследования отработавших ТВС активной зоны третьей кампании. Состав отправляемых на исследование изделий был предложен ОКБМ по согласованию с заинтересованными предприятиями и включал в себя семь ОТВС, два стержня АЗ и пусковой источник нейтронов. В сентябре 2007 г. указанные изделия специальным транспортом в транспортно-упаковочных контейнерах ТУК-18 были отправлены в НИИАР.

В течение 2008 года продолжались начатые по окончании третьей кампании работы по обследованию систем и оборудования стенда с целью определения их фактического состояния, оценки возможности продолжения испытаний сверх назначенного срока эксплуатации.

Из наиболее трудоемких работ, выполненных на стенде КВ-1, необходимо отметить следующие:

- подготовка к замене цистерны «Море» с выполнением монтажных работ

почти в полном объеме;

- демонтаж, отправка на утилизацию отработавшей свой срок службы аккумуляторной батареи и последующий монтаж новой АБ с приведением ее в рабочее состояние;
- изготовление и монтаж нового бака аварийного запаса технической воды;
- оформление в установленном порядке документов по продлению ресурса и срока службы на главный турбинный агрегат, турбогенераторы, оборудование ППУ и др.

ЯЭУ стенда КВ-1 с частично выгруженной активной зоной поддерживается в режиме хранения. КСУ «Сталь-1» обесточена, контроль параметров реактора осуществляется аппаратурой нештатного контроля.

В течение 2009 года на стенде продолжены работы по обследованию систем и оборудования с целью определения их фактического состояния, оценки возможности продолжения эксплуатации сверх назначенного (или 30-летнего) срока эксплуатации.

Выполнены работы по замене не подлежащего ремонту оборудования – цистерн «Море» систем ББР и главного паропровода во 2-м и 3-м помещениях контейнера с проведением контроля сварных швов и гидроиспытаний.

ЗАО «Кировэнергомаш» изготовлен и смонтирован ходовой клапан главной турбины.

Подготовлена вся необходимая организационно-техническая документация для приема в хранилище новой активной зоны, загрузки ее в реактор и проведения «холодных» статочных, комплексных и межведомственных испытаний, в том числе приказ генерального директора НИТИ о назначении комиссии по проверке готовности стенда КВ-1 к загрузке а.з.

Для повышения безопасности эксплуатации стенда смонтированы следующие системы:

- система ввода жидкого поглотителя;
- система расхолаживания ППУ с подачей воды в ПГ от ЦЗПВ и сбросом пара в атмосферу;
- система снятия давления в аппаратной выгородке;
- всережимная система газа высокого давления.

В 2010 году на стенде КВ-1 выполнялись работы в соответствии с комплексным графиком подготовки стенда к кампании 3+.

Во 2-м квартале закончена перегрузка упаковочных контейнеров с ТВС комплекта подпитки из железнодорожных вагонов в хранилище свежего ядерного топлива, произведен их входной контроль и постановка на учет.

Проведены необходимые работы по освидетельствованию выемного экрана реактора ППУ, проверены на проходимость отверстия в плитах экрана, проверены величины хода и усилий перемещения КР.

Для сокращения объемов радиоактивных отходов выполнены работы по проектированию и монтажу системы оборотного водоснабжения первого контура (слива и возврата теплоносителя в первый контур).

Особенность загрузки комплекта подпитки новой а.з. в реактор заключалась в том, что в реакторе были оставлены для «дожигания» ~ 40 % ТВС а.з. 11-7, при этом оставлены штоковые ТВС и периферийные КР.

Для обеспечения физического и теплотехнического контроля в период загрузки ТВС комплекта подпитки была смонтирована нештатная система, позволяющая производить физический контроль двумя каналами системы «Шквал-1», двумя каналами аппаратуры «Альбатрос-М», двумя каналами с блоками детектирования ПИК-24, и теплотехнический контроль двумя каналами измерения уровня в КО и нештатным каналом измерения температуры в реакторе.

После получения заключения Северо-Европейского управления Ростехнадзора о готовности НИТИ к дозагрузке а.з. в период с 19 по 31 октября 2010 года произведена загрузка в реактор необходимого количества «свежих» ТВС комплекта подпитки.

В течение 4-го квартала выполнены работы по восстановлению систем стенда, демонтированных перед частичной выгрузкой а.з. 11-7.

Основной задачей 2011 года по стенду КВ-1 являлась подготовка к физпуску в кампании 3+. Были восстановлены все вспомогательные системы ППУ и ГТУ, демонтированные для обеспечения производства работ при выгрузке части ОТВС и загрузке нового комплекта ТВС. Оформлены все решения по продлению срока службы и технического ресурса основного технологического оборудования и систем. Выполнена работа по ремонту насосной станции технического водоснабжения в здании 102. Практически проведена значительная модернизация всей системы производственного водоснабжения с монтажом новых насосов, трубопроводов, запорной и регуливающей арматуры. Эксплуатационный и ремонтный персонал КЭЭР обеспечил выполнение в намеченные сроки ремонтно-восстановительных работ по подготовке установки к пуску.

Продолжение испытаний на стенде КВ-2

На стенде КВ-2 с 03.01.2001 начат очередной цикл опытной эксплуатации, но 14.01.2001 испытания были приостановлены в связи с неисправностью системы промводоснабжения в здании 117. В период с 14.01.2001 по 16.02.2001 производилось устранение замечаний в системе промводоснабжения, а также подготовлена для испытаний система имитации течи ПГ и выполнены другие ремонтные работы на системах здания и установки.

В период 7-го цикла опытной эксплуатации, начатого 16 февраля проведены:

- «холодные» нейтронно-физические измерения;
- измерения по программе теплотехнических испытаний;
- испытания системы плотности ПГ с помощью дозированного «впрыска»;

- проверки режимов автоматического разогрева при различных скоростях перемещения КГ;
- тензометрические измерения в ППУ.

29 апреля при работе установки на мощности 50 % $N_{\text{ном}}$ во время вывода из работы ТГ-2 произошел отказ ПЦ 1 ПЛУ в системе «Андромеда-2», который повлек за собой несанкционированный сброс АЗ с потерей информации и управления ЦПУ;

В дальнейшем при переводе работы СУ «Андромеда-2» с прибора ПЦ 1 на ПЦ 2 в соответствии с действующей инструкцией по эксплуатации произошла несанкционированная подача питания на ЭМР ПГ-1...ПГ-4, что привело к перекладке арматуры ПГ-1...ПГ-4 и изменению способа расхолаживания установки. В результате поиска неисправности был заменён модуль питания, что привело к восстановлению работы прибора ПЦ 1 и СУ «Андромеда-2» в целом. Но обратный переход с ПЦ 2 на ПЦ 1 снова привёл к несанкционированной подаче питания на ЭМР ПГ-1...ПГ-4.

После произошедшей нештатной (и почти аварийной) ситуации, ЯЭУ стенда КВ-2 была выведена из действия и переведена в стояночный режим.

В дополнение к неисправности с отказом ПЦ ПЛУ системы управления «Андромеда-2» выяснилось, что аварийные насосы системы производственного водоснабжения и аккумуляторная батарея полностью выработали свой ресурс и требовалась их замена.

Таким образом, стенд КВ-2 был выведен в длительный ремонт. Началась длительная и не всегда конструктивная переписка НИТИ и НПО «Аврора» о необходимости доведения технических характеристик СУ «Андромеда-2» и «Алькор-2» до норм технических условий на эти системы для обеспечения безопасного продолжения испытаний ЯЭУ стенда.

По мнению НПО «Аврора» основным аргументом появившихся неисправностей в СУ «Андромеда-2» являлась выработка назначенного срока службы и технического ресурса системы и комплектующих её элементов.

С целью уменьшения выходов из строя комплектующих изделий СУ «Андромеда-2» и уменьшения их влияния на работоспособность стенда КВ-2 НПО «Аврора» предложило «провести модернизацию аппаратуры системы с переходом на современную элементную базу и технические решения, отработанные в настоящее время в НПО «Аврора» и позволяющие в максимальной степени обеспечить реализацию требований нормативной документации по безопасности».

Тем не менее, понимая, что реализация этого предложения будет очень длительной по времени и потребует значительного финансирования, а также учитывая важность выявления и устранения причин неисправностей в системах КСУ ТС «Ковар-2», НПО «Аврора» согласилось с необходимостью дополнительных исследований на штатной аппаратуре СУ «Андромеда-2» с проведением ревизии модулей питания и сбором информации с целью определения технического состояния комплектующих их элементов.

НИТИ ещё дважды в 2001 году обращался в НПО «Аврора» с просьбой активизировать работу по определению причин отказа дистанционного управления и несанкционированных команд управления, по результатам которых определить необходимые доработки системы «Андромеда-2». К сожалению, эти обращения длительное время не имели практического результата, и стенд КВ-2 надолго остался в стояночном режиме.

В результате проведённых в 2001 году гидравлических испытаний первого контура, ультразвукового и акустико-эмиссионного контроля сварного шва приварки крышки к корпусу ПГБ было установлено:

- ПГБ и первый контур считаются выдержавшими испытания;
- методом акустико-эмиссионного контроля (АЭК) обнаружен локализованный источник акустико-эмиссионных сигналов в районе парового патрубка ПГ-1 крышки ПГБ, который по своим параметрам не представляет опасности для работающей конструкции;
- с учётом данных ультразвукового контроля (УЗК) и анализа результатов расчётно-экспериментальных исследований проектный ресурс сварного соединения обеспечивается.

В августе 2001 г. ОКБМ выпустило техническое обоснование «О назначении давления при проведении гидравлических испытаний первого контура ППУ стенда КВ-2». Обоснование было разработано с целью выполнения гидроиспытаний ПГБ и системы первого контура ППУ в соответствии с требованиями ОСТ В 95.547-95, введённого приказом Министра № 14 от 15.01.96 взамен ОСТ В 95.547-77.

С учётом указанного технического обоснования и на основании ОСТ В 95.547-95 ОКБМ выпустило техническое решение и разослало его на согласование и утверждение всем заинтересованным организациям и предприятиям.

При рассмотрении предложенного ОКБМ технического решения не все заинтересованные предприятия согласились с его принятием, предлагая дополнительно рассмотреть этот вопрос на НТС Министерства РФ по атомной энергии.

В связи с отсутствием единого мнения о величине давления гидравлических испытаний системы первого контура и ПГБ ОКБМ и НИТИ 25.10.2001 оформили протокол технического совещания № 41-238-01.

Такие испытания были выполнены на стенде КВ-2 в ноябре 2001 г., результаты положительные.

В 2002 году испытания ЯЭУ стенда КВ-2 на мощности не проводились в связи с проведением ремонтных работ на СУ «Андромеда-2».

В стояночном режиме эксплуатация установки состояла в ее техническом обслуживании, поддержании систем и оборудования в исправном состоянии, а также контроле за состоянием а.з. и технологических сред.

Основными работами в течение года являлись:

- анализ причин неисправности основного ПЦ ПЛУ СУ «Андромеда-2», вызвавшей отказ системы в целом, и разработка мероприятий по их устране-

нию;

- освидетельствование с целью продления сроков службы и технического ресурса систем, входящих в КСУ ТС «Ковар-2», выработавших свои проектные значения;
- выполнение мероприятий по повышению безопасности ЯЭУ;
- анализ материалов контроля технического состояния сварного шва приварки крышки к корпусу реактора по результатам 5-летней эксплуатации.

Следует отметить, что ~50 % датчиков и сигнализаторов стенда КВ-2 были изготовлены и поставлены заводами, оказавшимися за рубежом – в Украине, Азербайджане, Армении, Эстонии и Грузии. Юридический статус этих заводов не определен, Российской лицензии заводы не имеют, приемки Заказчика у заводов нет, порядок регулирования вопросов по гарантиям и обязательствам сторон не определен.

Решением от 25.06.2002, утвержденным заместителем руководителя департамента по атомной энергии Минатома РФ В.И. Урывским и согласованным Начальником 1-го Управления Росатомнадзора Р.В. Никольским, НИТИ было предоставлено право самостоятельно разрабатывать и утверждать частные программы обследования датчиков и сигнализаторов стенда КВ-2 зарубежной поставки с учетом требований ГОСТ РВ 15.702-94 и выполнять работы по этим программам с целью продления назначенных ресурсных показателей без участия разработчиков и заводов-изготовителей.

В части исследовательских работ наиболее важными являлись следующие:

- с использованием расчетного кода КОРСАР разработана расчетная модель ПГБ с допущением о неизменности массы газа в парогазовом компенсаторе давления (ПГКД) и с использованием точечной модели нейтронной кинетики;
- подтверждена возможность воспроизведения теплогидравлической неустойчивости кодом КОРСАР для условий стенда;
- произведена разработка функционального программного обеспечения (ФПО) диагностирования теплогидравлической неустойчивости. В 2002 году данное ФПО модернизировано с целью обеспечения его функционирования в составе программного обеспечения ИВК АНИС-В2 в режиме разночастотного опроса с выдачей диагностических сигналов в подсистему ИВК АНИС-В2 для формирования диагностических сообщений инженеру управления стенда;
- в рамках создания РМК стенда КВ-2 произведен перевод математических моделей систем управления, алгоритмов формирования предупредительной и аварийной сигнализации, а также алгоритмов засветки видеокадров панелей пульта управления в технологию ТЕРМИТ.

В связи с неудовлетворительным состоянием дел по решению технических вопросов по стенду КВ-2 заместитель руководителя департамента атомной энер-

гетики В.И. Урывский 07.05.2002 в письме на имя руководителя ОКБМ А.И. Кирюшина и директора НИТИ В.А. Василенко отметил, что ОКБМ уделяет недостаточное внимание к проблемам стенда КВ-2. В первую очередь это относится к значительному отставанию от утвержденного графика изготовления уровней взамен вышедших из строя МАС-1П. Нет также ясности и определенности с состоянием сварного шва приварки крышки к корпусу реактора. Без решения этих вопросов проблематичной или даже невозможной становилась дальнейшая эксплуатация стенда. Это обращение В.И. Урывского сыграло определенную положительную роль по интенсификации деятельности ОКБМ применительно к стенду КВ-2.

В течение 2003 года ЯЭУ стенда КВ-2 находилась в стояночном режиме.

Основными работами, выполненными на стенде в этом году, являлись:

- поиск, разработка и реализация мероприятий, обеспечивающих непрерывный контроль функционирования прибора ПЦ ПЛУ СУ «Андромеда-2», формирование сигнала «Отказ ПЦ ПЛУ» и переход с основного ПЦ ПЛУ на резервный прибор системы при отказе основного;
- поиск и устранение причин, приводящих к появлению несанкционированных команд управления СУ «Андромеда-2»;
- уточнение фактического состояния сварного соединения крышки с корпусом ПГБ с использованием системы УЗК «Авгур-4.2» и АЭК;
- ревизия датчиков и сигнализаторов систем стенда с целью продления назначенных срока службы и технического ресурса;
- освидетельствование арматуры с целью продления срока службы до среднего ремонта;
- выполнение мероприятий и подготовка соответствующих материалов для продления ресурсных показателей системы «Андромеда-2». Главное замечание по СУ «Андромеда-2» заключалось в том, что при работе ЯЭУ на энергетических уровнях мощности, в случае появления неисправности в одном канале работающего ПЦ ПЛУ, может произойти обесточивание всех электромагнитных распределителей (ЭМР) парогенераторов, что без срабатывания АЗ реактора совершенно недопустимо.

В процессе регулярных измерений параметров стенда КВ-2 установлено:

- элементы а.з. реактора герметичны;
- ПГБ и первый контур ЯЭУ герметичны;
- межконтурная неплотность ППУ отсутствует;
- водные режимы первого, второго и третьего контуров соответствуют требованиям норм.

К наиболее важным исследованиям на стенде КВ-2 в 2003 г. следует отнести:

- отработку методики диагностирования несанкционированного падения регулирующих органов СУЗ;
- разработку математической модели парогазового компенсатора давления применительно к третьей базовой версии расчетного кода КОРСАР/ВЗ;

- разработку расчетной модели динамики ПГБ с использованием программных средств расчетного кода КОРСАР/ВЗ;
- модификацию программного обеспечения комплекса моделирования динамики ЯЭУ, разработку математических моделей части технических систем в технологии ТЕРМИТ с использованием пакетов программ SELEN-2, ПРАГИС и АРТЕК.

В марте 2003 г. оформлено разработанное ОКБМ техническое решение «О назначении давления при проведении гидравлических испытаний на ППУ стенда КВ-2» № 41-156-01. Решение было утверждено директором ОКБМ А.И.Кирюшиным и заместителем начальника ДАЭ МРФ АЭ В.И. Урывским, согласовано с Инспекцией Государственного надзора за ядерной и радиационной безопасностью ЯЭУ, ИЦП МАЭ, 5-м управлением 1-го ЦНИИ МО РФ, ЦКБ МТ «Рубин», 4939 ВП МО РФ, 1744 ВП МО РФ.

Таким образом, после оформления указанного технического решения был положен конец длительным спорам и рассуждениям о величине давления гидравлических испытаний ПГБ и первого контура ЯЭУ стенда КВ-2.

Перед началом очередного цикла испытаний были завершены ремонтно-восстановительные работы на КСУ ТС «Ковар-2» в части доработки СУ «Андромеда-2», СУ «Алькор-2», ГСУ «Алиот-2» и т.д.

Одновременно с восстановлением работоспособности КСУ ТС «Ковар-2» проводились работы по техническому обслуживанию, ремонту и модернизации систем и оборудования стенда КВ-2, в том числе проведены очередные гидравлические испытания и акустико-эмиссионный контроль сварного шва приварки крышки к корпусу ПГБ.

03.11.2005 ЯЭУ стенда КВ-2 введена в действие для проведения 7-го и 8-го циклов испытаний. До конца 2005 года были проведены испытания по 12-ти программам и методикам, при этом основные нейтронно-физические, теплогидравлические характеристики, состояние водно-химического режима первого контура и состояние активной зоны реактора соответствовали проектным и нормативным значениям.

В 2006 году продолжались испытания ЯЭУ в объеме 8-го цикла опытной эксплуатации. Установка отработала на различных уровнях мощности 83 суток, энерговыработка к концу 8-го цикла испытаний составила 62,5 % от проектного энергозапаса, при этом состояние активной зоны в соответствии с критериями РТК-83 оценивалось как «нормальное».

После расхолаживания ППУ до необходимой температуры были выполнены следующие работы:

- проведена проверка герметичности парогенераторов, в результате которой установлено, что трубные системы согласно существующих в эксплуатационной документации критериев сохраняют плотность;
- выполнен ультразвуковой контроль сварного шва соединения крышки с корпусом блока ТМ-4 цифровым дефектоскопом и системой «Авгур 4.2»;

- проведено освидетельствование исполнительных механизмов (ИМ) СУЗ с целью определения их технического состояния для возможности продления срока службы. В результате технического освидетельствования срок службы ИМ СУЗ был продлен до 2013 года.

Основное оборудование и системы ЯЭУ стенда КВ-2 в 2006 г. выработали назначенные показатели (срок службы до заводского ремонта, технический ресурс, общий срок службы). Для обеспечения и поддержания надлежащего технического состояния стенда необходимо выполнить комплекс работ по продлению назначенных ресурсных показателей. С этой целью было подготовлено и оформлено решение «О порядке выполнения и финансирования работ по продлению назначенных показателей ЯЭУ стенда КВ-2». Решение предусматривало разработку графиков освидетельствования, заключение необходимых договоров с заводами-изготовителями оборудования, разработчиками-проектантами оборудования и систем, а также порядок оформления соответствующих документов.

На конец 2006 года состояние ЯЭУ стенда КВ-2 было следующим:

- нейтронно-физические характеристики активной зоны реактора в целом соответствовали проектным величинам и техническим условиям;
- водно-химический и газовый режимы первого контура, а также качество воды второго, третьего контуров и бака СВЗ соответствовали требованиям нормативной документации;
- уровни контролируемых радиационных параметров не превышали проектных значений.

В 2007 году ЯЭУ стенда находилась в стояночном режиме, в расхоложенном состоянии. Основными задачами являлись:

- подготовка к испытаниям ЯЭУ;
- продление ресурса и срока службы оборудования и систем ЯЭУ;
- техническое обслуживание, ремонт и модернизация систем ЯЭУ с целью повышения безопасности эксплуатации установки.

В течение года продолжались работы по продлению технического ресурса и срока службы оборудования и систем ЯЭУ, начатые в 2006 г.

По результатам проведенных работ оформлены соответствующие акты с заключениями о допуске оборудования и систем к работе по прямому назначению без ограничений мощностными, теплотехническими и другими техническими характеристиками.

По состоянию на 31.12.2010 ЯЭУ стенда КВ-2 исправна и работоспособна, реактор расхоложен. Запланированные на 2010 год работы на стенде выполнены в полном объеме, за исключением работ по продлению назначенных показателей систем, входящих в КСУ «Ковар-2».

В апреле 2011 года начат очередной цикл опытной эксплуатации. Испытания по утвержденной программе проводились до конца 2011 года. Основной задачей испытаний на стенде является подтверждение проектного ресурса актив-

ной зоны, проверка соответствия алгоритмов управления проектным характеристикам, определение надежности применяемого оборудования и систем.

Модернизация стенда КМ-1

18.12.2002 был издан приказ Министра РФ по атомной энергии А.Ю.Румянцева «О выводе из эксплуатации стенда-прототипа ЯЭУ атомных подводных лодок в ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова».

В приказе отмечено, что испытания на стенде КМ-1 проводились с 1978 по 1986 год. В 1987 году отработавшая выемная часть с активной зоной выгружена из реактора и помещена в штатное хранилище. Стенд эксплуатируется с выгруженной а.з. в соответствии с лицензией ГАН № ГН-03-107-0892 от 23.09.2002.

Генеральному директору ФГУП «НИТИ им. А.П.Александрова» указанным приказом было поручено:

1. Обеспечить выполнение работ по выводу из эксплуатации стенда КМ-1.
2. Подготовить и представить на утверждение руководству Министерства смету затрат на первоочередные работы по выводу из эксплуатации стенда.

Начальник Управления вывода из эксплуатации ядерных объектов В.Д. Ахунов, руководители Департамента отраслевой экономики и планирования А.А. Мартьянов и Департамента по атомной энергетике В.С. Беззубцев были обязаны определить источники финансирования по выводу из эксплуатации стенда КМ-1.

На стенде КМ-1 в соответствии с «Отраслевой программой вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов...» в 2006 году велись работы предварительного этапа по выводу из эксплуатации ЯЭУ этого стенда.

Были разработаны программы комплексного инженерно-радиационного обследования (КИРО) ЯЭУ стенда, помещений и оборудования стендового здания. Разработаны также технологические процессы на демонтаж оборудования паротурбинной установки ОК-7 стенда. В соответствии с программой КИРО разработан перечень систем и элементов ЯЭУ стенда КМ-1, которые предполагается оставить под существующей биологической защитой в режиме длительного хранения. В данный перечень включено высокоактивное оборудование первого контура и системы газа, которое может быть демонтировано только после естественного спада активности до норм, позволяющих выполнить работы по демонтажу и утилизации без превышения дозовых нагрузок на персонал, или после разработки и создания отсутствующих на сегодняшний день технологий и оборудования для выполнения этих работ.

В результате анализа проектной и эксплуатационной документации на ППУ ОК-550 определены места возможного доступа для выполнения работ по радиационному обследованию внутренних полостей высокоактивного оборудования,

находящегося под биологической защитой.

Проведена оценка соответствия условий хранения отработавшей выемной части (ОВЧ) реактора в хранилище Х-01 требованиям нормативной документации. Ввиду незначительных остаточных тепловыделений активной зоны сплав в хранилище находится в замороженном состоянии. На хранилище с ОВЧ выполнен комплекс работ по продлению срока его эксплуатации до 2015 года.

По результатам проведенных радиационных измерений сделано заключение, что нефиксированное загрязнение в помещениях ЯЭУ стенда КМ-1 и в обслуживаемых помещениях здания 101, в основном, не превышает фоновых значений.

В 2007 году ФГУП «ГИ «ВНИПИЭТ» совместно со специалистами НИТИ были выполнены работы по натурному обследованию строительных конструкций здания 101 с целью определения возможности размещения в здании новой ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем, значительно отличающейся по своим технологическим и техническим параметрам от ЯЭУ стенда КМ-1, эксплуатировавшейся с 1977 по 1985 годы.

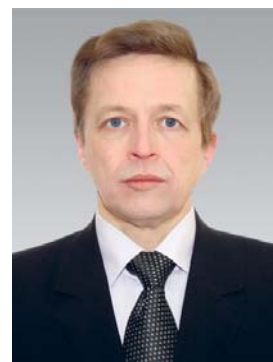
Анализ результатов обследования здания 101 позволил сформулировать следующие выводы:

- строительные конструкции здания в целом находятся в работоспособном и ограниченно работоспособном состоянии. Дефектов и повреждений строительных конструкций, препятствующих их дальнейшей эксплуатации, не обнаружено;
- фактическая прочность материалов строительных конструкций в основном не ниже проектных значений;
- проведение реконструкции здания с целью размещения нового технологического оборудования возможно при условии учета новых нагрузок, выполнения усиления или облегчения строительных конструкций, а также после устранения дефектов в соответствии с разработанными рекомендациями.

В 2010 году на стенде КМ-1 в процессе вывода из эксплуатации произведен демонтаж и утилизация некоторых обеспечивающих систем ППУ ОК-550КМ и отдельного оборудования ПТУ ОК-7.

Для окончательной проработки новых принципиальных технических решений проверки работоспособности реакторной установки, накопления опыта ее эксплуатации, а также исследования и уточнения параметров и характеристик Госкорпорация «Росатом» и ВМФ приняли совместное решение о разработке проекта реконструкции стенда КМ-1.

Основными исполнителями работ по новому стенду являются В.Ю. Соколов, В.А. Ефимов и другие специалисты КЭЭР, ОДИ, ОТФИ.



Соколов В.Ю.





НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

ОТДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Руководство ОДИ (в центре Колесников А.И.)

В 2001 г. ведущими специалистами отделения динамических исследований В.И. Аксёновым, С.В. Батраковым, В.В. Соловьёвым и другими завершена разработка технического проекта системы управления технологическими системами стендового комплекса (СУ ТС СК). Технический проект согласован с рядом организаций, в том числе с Управлением по ядерной и радиационной безопасности, и, после устранения замечаний, утверждён.

Для выполнения этого этапа институтом проделана огромная работа научно-технического характера (выбор и освоение современных программно-технических средств, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к управляющим системам безопасности) и организационного характера (разработка многочисленных стандартов предприятия, программ обеспечения качества, получения лицензий на проектирование).

Пополнился дополнительными пакетами комплекс ТЕРМИТ. В него вошли пакет моделирования двухфазной теплогидравлики и код улучшенной оценки КОРСАР, в результате чего стала возможной разработка моделирующих комплексов с математическими моделями разной степени точности в единой среде.

По договору с Управлением кораблестроения с использованием технологии ТЕРМИТ досрочно разработан функциональный тренажёр оператора ЯЭУ «Вест-71» и передан на тестирование. Тренажёр мог обеспечить моделирование всех систем и оборудования ЯЭУ, а также представление информации на экранах мониторов моделей штатных пультов управления. В работе, которой руководили В.Н. Зимаков и С.П. Витин, принимали участие более 40 специалистов НИТИ, 270-го учебного центра и СПМБМ «Малахит».

В 2001 г. завершены разработка проектной и эксплуатационной документации, изготовление и заводские испытания автоматизированной системы технической диагностики главных циркуляционных насосов для стенда обкатки ЛАЭС. Впервые в деятельности ОДИ на эту систему был получен сертификат соответствия.

В 2002 году наиболее важными работами отделения динамических исследований являлись следующие:

- разработка методики расчета в реальном масштабе времени разветвленных теплогидравлических сетей с двухфазным теплоносителем при наличии в потоке примесей и некондиционирующихся газов (исполнитель С.В. Сулыбкин);
- разработка комплекса моделирования ЯЭУ нового поколения с использованием технологии автоматизации моделирования ТЕРМИТ и расчетного кода улучшенной оценки КОРСАР (основной исполнитель С.П. Витин);
- разработка и монтаж на технических базах Северного флота компьютерных моделей тренажёров ЯЭУ, ЭЭС, ОКС и «Движение» для второй очереди СИП БЖ «БИМС» (основной исполнитель В.А. Ефимов);

- разработка модуля трехмерной пространственной кинетики КАРТА и адаптация его в расчетный код ТРАП (основной исполнитель Гусев В.И. совместно с ОКБ «ГИДРОПРЕСС»);
- разработка пакета программ автоматизации расчетов динамики двухфазных теплогидравлических сетей АРТЕК, как составной части технологии ТЕРМИТ (основной исполнитель Д.В. Лялюев);
- завершение изготовления информационно-измерительной системы «Расплав-2» для промежуточного стенда тяжелых аварий (основные исполнители В.В. Соловьев, А.И. Семенов);
- сертификационные метрологические испытания автоматизированной системы технической диагностики (АСД) главного циркуляционного насоса для стенда обкатки ГЦН ЛАЭС с передачей АСД под монтаж на ЛАЭС (исполнители В.А. Шинкаренко, С.А. Пащенко);
- создание ИВК АНИС-B1/A на базе Alpha Server, обеспечивающего сбор экспериментальной информации с подсистем VXI, СЦОИ, ЗОНД, РАС-1 (основные исполнители В.П. Талалаев, Ю.Л. Лукашев).

В 2003 году для СУ ТС СК выполнены следующие работы:

- разработан комплект конструкторской документации и изготовлены в ОАО «Новая Эра» 100 приборов (шкафов) и 4 пульта управления
- проведена автономная наладка, заводские и приемочные испытания 8 головных приборов, включая механические, климатические испытания и испытания на электромагнитную совместимость;
- на полигоне Главного конструктора (в НИТИ) смонтированы и налажены 22 прибора для испытаний канала управления индивидуальными технологическими системами;
- разработан комплект конструкторской документации и изготовлены три прибора – задатчика ПВВЗ для обеспечения испытаний системы управления.

Под руководством и при непосредственном участии В.Н. Зимакова и С.П. Витина успешно завершены государственные испытания со сдачей в эксплуатацию в 270-й учебный центр ВМФ и СПМБМ «Малахит» опытных образцов функционального тренажёра оператора (ФТО) ГЭУ «Вест-71».

Специалистами ОДИ, ОНФИ и ОТФИ, совместно с ОКБ «ГИДРОПРЕСС», был выпущен верификационный отчет по комплексу программ ТРАП-КС для совмещенного нейтронно-физического и теплогидравлического расчета активных зон реактора ВВЭР в трехмерном пространственно-временном приближении. Основные исполнители – А.П. Егоров, В.И. Гусев, В.А. Артемов, В.Г. Коротаев.

Для автоматизации процесса создания моделей теплогидравлики ЯЭУ, существенного ускорения их разработки, повышения качества и надежности создаваемых программно-технических комплексов в 2004 году специалистами ОДИ разработан пакет программ двухфазной теплогидравлики АРТЕК (Автоматизированный Расчет ТЕплогидравлических Контуров), входящий в состав техноло-

гии ТЕРМИТ. АРТЕК применяется для расчета систем первого и второго контуров ЯЭУ и позволяет моделировать следующие процессы:

- динамику двухфазных потоков с учетом теплообмена с твэлами и стенками каналов;
- перенос тепла в твэлах и других элементах конструкции ЯЭУ;
- перенос концентрации растворенных веществ (бор, радионуклиды и др.).

Пакет программ АРТЕК позволяет создавать тренажёры, отвечающие современным требованиям, направленным на повышение безопасности эксплуатации ядерных объектов за счет:

- обучения и переподготовки оперативного персонала;
- комплексных исследований динамики ЯЭУ в нормальных, переходных и аварийных режимах;
- предварительного анализа проектных решений и алгоритмов управления ЯЭУ.

Основные исполнители В.А. Корчагин и Д.В. Лялюев.

Для Ленинградской атомной электростанции в ОДИ разработана и изготовлена локальная информационная система комплекса переработки отходов (ЛИС 1 КПО), предназначенная для автоматизации контроля технологического процесса переработки отходов.

ЛИС 1 КПО успешно прошла испытания для целей утверждения типа с получением соответствующего сертификата, зарегистрирована в Государственном реестре средств измерений, после чего введена в промышленную эксплуатацию на ЛАЭС.



Локальная информационная система ЛИС1 КПО

Пользователи системы отмечают высокую надежность, эффективность и простоту ее обслуживания. ЛИС 1 КПО обладает удобным интерфейсом, позволяющим персоналу постоянно иметь полную информацию о ходе технологического процесса КПО.

ЛИС 1 КПО разработана А.Ф. Коршуновым и С.В. Васильевым при участии С.В. Батракова, В.А. Шинкаренко и др.

В 2004 году для стенда КВ-2 специалистами ОДИ С.В. Окунцовым, А.С. Светловым и Д.Б.Тепляковым разработан расчетно-моделирующий комплекс (РМК), предназначенный для проведения расчетных исследований динамики ППУ, анализа и оптимизации законов регулирования, анализа экспериментальной и расчетной информации. Была проверена работа РМК ЯЭУ стенда КВ-2 в соответствии с инструкцией по управлению ЯЭУ и другой эксплуатационной документацией, в результате чего внесены необходимые изменения и доработки в алгоритмы управления отдельных систем.

Группой специалистов ОДИ (В.Г. Рахманский, А.П. Егоров, В.А. Ефимов, А.Х. Хайрутдинов и др.) на базе программного обеспечения СИПБЖ БИМС создан компьютерный тренажёр по управлению общекорабельными системами (ОКС и Д). Обучение на этом тренажёре может проводиться как в автономном режиме, когда каждый обучающийся работает независимо и не влияет на условия работы другого, так и в комплексном режиме, когда их действия должны быть согласованы для успешного выполнения отрабатываемого маневра. Для отработки режимов, в которых кроме управления с центрального пульта управления должны быть выполнены определенные действия на местных постах, были созданы необходимые имитаторы фрагментов местных постов управления.

Опыт испытаний и исследований стендовых ЯЭУ в НИТИ с использованием ИВК «АНИС» показал необходимость применения для решения локальных задач испытаний переносных измерительно-вычислительных комплексов. Опыт разработки и использования таких мобильных ИВК в НИТИ в 2004 году привёл к созданию мобильного диагностического комплекса (МДК). Созданный на базе современных технических и программных средств МДК выполняет следующие функции:

- регистрация и архивирование измерительной информации;
- отображение текущей измерительной информации;
- воспроизведение зарегистрированной информации в заданном темпе;
- диагностирование объекта испытаний;
- обработка и документирование информации и результатов диагностирования.

Качество измеренной информации обеспечивается размещением измерительных блоков (крейтов с АЦП) у источника сигнала, даже в необитаемых помещениях и отсеках. Связь крейтов с основным сервером осуществляется по сети Ethernet по одному кабелю вместо 50...200 кабелей для сигналов низкого уровня. Измерительные крейты размещаются в нескольких точках испытуемого

объекта. «Оцифрованная информация» без потерь и помех (наводок) передается в обитаемые помещения, удаленные на 100...200 м от объекта.

Управление работой МДК осуществляется на основе сетевой технологии с ноутбука, подключенного непосредственно к контроллеру комплекса. Параллельно управляющему возможно подключение нескольких рабочих и демонстрационного терминалов на значительном удалении от объекта измерения и диагностирования.

Количество измерительных каналов для ввода сигналов до нескольких сотен, скорость регистрации для сканирующего АЦП:

- по 1 каналу – до 100 кГц;
- по 64 каналам – до 1 500 Гц.

Скорость регистрации для синхронных АЦП – до 100 кГц.

Время непрерывной регистрации на скорости 1 000 Гц по 64 каналам – до 100 часов.

Время работы после обесточивания (отключения сети) – 5 мин.

Объем оперативной памяти более 1 Gb обеспечивает формирование необходимых алгоритмов диагностирования и математической модели объекта диагностирования.

Режимы функционирования комплекса при проведении измерений:

- отображение заданных параметров на экране ноутбука или рабочей (дополнительной) ПЭВМ;
- линейная регистрация заданных параметров;
- циклическая регистрация по заданной группе параметров с автоматическим или по команде оператора «сохранением» находящейся в циклическом буфере информации. Можно использовать этот режим регистрации в качестве «черного ящика».

Режимы диагностирования:

- оперативное диагностирование с использованием математических моделей стационарного и динамического состояния объекта обследования;
- вибромониторинг и диагностирование роторного оборудования, балансировка роторов;
- нейтронно-шумовой анализ и диагностирование внутриреакторных процессов;
- калибровка и метрологическое диагностирование измерительных средств и каналов КСУ ТС.

В режиме off-line производится обработка информации, ее документирование и архивирование.

МДК предназначено для швартовых и ходовых испытаний корабельных ЯЭУ, для исследования автоматизированных систем, для пусконаладочных и диагностических работ теплоэнергетических и других сложных систем.

В 2005 году получен сертификат об утверждении типа средств измерения.

МДК разработали специалисты: В.А. Беляков, А.В. Беспалов, А.В. Жгилёв, В.А. Карпов, Ю.Т. Климов, А.Ю. Коновалова, А.В. Кутын, Ю.И. Ларионов, Д.Н. Ловчая, М.Г. Михайлов.

В 2006 году работа заняла призовое место на конкурсе инженерных работ НИТИ.

Сотрудниками ОДИ в 2005 году разработана автоматизированная система обучения «Клен АСО ЯЭУ». Процесс обучения персонала реализуется в виде автоматизированных учебных занятий различного типа (теоретических, практических, контрольных и пр.), подготавливаемых и проводимых с использованием программно-аппаратных средств АСО. В ходе проведения занятий обучаемые с помощью инструкторов или без их участия получают, закрепляют и демонстрируют знания об устройстве и эксплуатации технологических систем и основных технических средств ЯЭУ. При обучении используются текстовые и графические материалы, математические и информационные модели изучаемых объектов.

В составе АСО ЯЭУ проведена разработка, автономная и комплексная наладка математических моделей (ММ) систем управления ЯЭУ АПЛ. Модели были реализованы в соответствии с подходами, изложенными в эскизном и техническом проектах на «Клен АСО ЯЭУ» и учитывали, в соответствии с техническим заданием, наработки по созданию комплекса моделирования динамики ЯЭУ корабля. Математические модели созданы для всех функциональных групп и систем управления ЯЭУ на основании предоставленных контрагентами проектных данных.

Модели, созданные с использованием собственной технологии автоматизации моделирования, обеспечили подробность моделирования, учитывая практически все технические средства ЯЭУ. В частности, учтены все контролируемые параметры, используемые в системах управления и на местных постах, вся дистанционно-управляемая и большая часть ручной арматуры.

При разработке ММ динамики оборудования и систем, средств управления ЯЭУ и информационных моделей использовалась технология моделирования ТЕРМИТ, которая обеспечивает высокий уровень стандартизации и унификации функционального программного обеспечения АСО ЯЭУ, а также позволяет достаточно оперативно и с приемлемым уровнем затрат вносить изменения в функциональное программное обеспечение АСО в соответствии с конструктивными изменениями технических средств и алгоритмов функционирования ЯЭУ на всех стадиях ее жизненного цикла.

Основными исполнителями работы являлись С.П. Витин, В.Н. Зимаков, С.В. Окунцов, М.Т. Хлебников, А.А. Шаленинов.

Специалистами ОДИ В.И. Дмитренко, В.Ч. Кимом, И.А. Бырковым был создан функциональный тренажёр оператора (ФТО) электроэнергетической системы «ВЕСТ-71».

ФТО ЭЭС «ВЕСТ-71» представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себя объединенные в локальную сеть на базе Ethernet центральный вычислитель, на котором расположено рабочее место инструктора, и ПЭВМ с двумя экранами, образующую рабочее место оператора. Программное



Витин С.В.



Окунов С.В.



Хлебников М.Т.

обеспечение ФТО содержит математическую и информационную модели ЭЭС. Математическая модель обеспечивает возможность расчета и моделирования всех режимов работы ЭЭС, указанных в «Инструкции по управлению ЭЭС», начиная от функциональных проверок и регламентного контроля в холодном состо-



Дмитренко В.И.



Ким В.Ч.



Быков И.А.

янии и кончая работой на энергетических уровнях мощности. Эта модель также реализована с использованием технологии автоматизации моделирования ТЕРМИТ и позволяет имитировать неисправности оборудования и аварийные ситуации.

Важным этапом в создании ФТО ЭЭС «ВЕСТ-71» явился этап его тестирования с привлечением представителей учебного центра ВМФ и специалистов НИТИ. В период тестирования были выявлены и устранены замечания различного характера, что позволило добиться высокого качества конечного продукта.

ОДИ совместно с Тренажёрным центром атомного флота Мурманского морского пароходства (ТЦ АФ ММП) и ЗАО «КУРС» г. Санкт-Петербурга выполнена модернизация аппаратно-программных средств тренажёра «Таймыр».

Полномасштабный тренажёр ГЭУ атомного ледокола «Таймыр» был разработан в 1989 году фирмой «Afora» (Финляндия) для ТЦ АФ ММП. За время его эксплуатации в результате старения технических средств нормальное функцио-

нирование тренажёра стало проблематичным. Поскольку фирма «Afora» еще в 90-х годах прошлого века прекратила свое существование, у тренажёрного центра возникла серьезная проблема с поиском организации, способной предложить реальные пути модернизации тренажёра в условиях ограниченного финансирования.

Вариант создания нового программного обеспечения (ПО) не обсуждался из-за его высокой стоимости. Ни одна из российских фирм, которой предлагалась работа, не бралась за модернизацию, при которой необходимо было заменить аппаратную часть, не изменяя ПО.

Специалисты НИТИ предложили оригинальный способ модернизации тренажёра. Работа была поручена ЗАО «КУРС» и НИТИ с привлечением специалистов тренажёрного центра и выполнялась в два этапа:

1-й этап – модернизация верхнего уровня, с окончанием работ в апреле 2003 г.;

2-й этап – модернизация нижнего уровня, с окончанием работ в марте 2005 г.

Монтажные и наладочные работы в процессе модернизации программного обеспечения верхнего уровня проводились в тренажёрном центре. Прогонка программного обеспечения тренажёра во всех режимах на новых технических средствах верхнего уровня велась в течение 3-х месяцев, при этом сохранялась возможность обучения на тренажёре с использованием старых технических средств.

На втором этапе при модернизации системы ввода/вывода (СВВ) основная проблема заключалась в воспроизведении работы весьма сложной программной среды, создаваемой двумя параллельно работающими процессорами подстанции ввода/вывода производства фирмы «NOKIA». Специалистами ОДИ было разработано уникальное программное обеспечение для шлюзовых ПЭВМ, функционирующее в среде LINUX, имитирующее работу программ управляющих контроллеров подстанций ввода/вывода и работающее с новой СВВ.

На основании проведенного анализа рынка технических средств для построения систем ввода/вывода по соотношению «цена – надежность – качество – гибкость» была выбрана система фирмы «WAGO», позволяющая строить распределенные и встроенные элементы сбора данных и управления.

Сборка, наладка и тестирование программно-технических средств подстанций ввода/вывода на основе аппаратуры «WAGO» и шлюзовых ПЭВМ осуществлялась в НИТИ автономно, а затем в собранном виде они были перевезены и смонтированы в ТЦ АФ ММП. Благодаря сохранению разбиения на подстанции и применению переходных разъемных панелей, монтажно-наладочные работы были проведены во время перерывов в обучении в течение 2-х месяцев, что не отразилось на учебном процессе.

Модернизированный тренажёр прошел все стадии приемо-сдаточных испытаний и был принят в эксплуатацию. Таким образом, в результате проведенной модернизации способом, не имеющим аналогов в практике тренажёростроения, удалось получить фактически новый тренажёр в части аппаратно-программных средств с рядом улучшенных эксплуатационных характеристик.

Специалистами ОДИ (Ю.Т. Климов, И.А. Картушина, С.В. Окунцов, Е.С. Зуева, Д.М. Солдатенков, Г.А. Погребной и др.) и КЭЭР (А.И. Гукасов, В.Н. Зотов) в 2005 году была введена в опытную эксплуатацию система технического диагностирования (СТД) ЯЭУ стенда КВ-2. Разработка оперативной СТД, основанной на математическом моделировании процессов в ЯЭУ, осуществлялась в течение нескольких лет.

Оперативная диагностика является необходимым инструментом комплексных испытаний стендовых ЯЭУ, особенно при исследовании опытных активных зон вблизи границ допустимых изменений эксплуатационных параметров, когда дополнительные средства контроля используются в максимальной степени.

Разработанная СТД реализована на ИВК АНИС-В2 для информационной поддержки инженера управления установкой и является дополнением к штатной системе управления.

Функционирование СТД осуществляется следующим образом. Если в каком-либо режиме работы ЯЭУ, определяемом автоматически или заданном оператором, происходит отказ оборудования или имеются отклонения параметров от требуемых значений, система информирует об этих отклонениях через видеокadres дисплея засветкой красных лампочек по отклоненным параметрам и появлением текстовых сообщений, указывающих причину отказа (отклонений) и рекомендации (инструкции) по их устранению.

При аварийных событиях (например, при срабатывании АЗ) на диагностическом табло высвечиваются причины и последовательно инструкции по необходимым действиям для инженера управления ЯЭУ. Эти события имеют приоритет перед остальными диагнозами.

В процессе отработки СТД и проверки алгоритмов диагностирования оборудования ЯЭУ выявлены недостоверные диагностические сообщения, связанные с отказом датчиков. Поэтому в СТД была включена программа диагностики измерительных каналов (ИК) в реальном масштабе времени. Отработка режимов диагностирования ИК проводилась с использованием базы данных экспериментальной информации ИВК АНИС-В2.

Определенные успехи отработки СТД за короткий период опытной эксплуатации позволили надеяться на дальнейшее развитие комплексной автоматизированной системы технического диагностирования ЯЭУ. Разработка систем диагностирования с использованием математического моделирования позволяет в перспективном развитии добиться тонкой детализации структуры ЯЭУ как сложной системы и глубокого погружения в физику процессов в элементах оборудования и систем ЯЭУ в нормальных эксплуатационных, предаварийных и аварийных состояниях.

Отделением динамических исследований совместно с НТЦ «Энергона-



Климов Ю.Т.

сос» ЦКБМ в 2006 году разработано и изготовлено устройство информационно-измерительное системы контроля вибрации (УИИ СКВ) для технической диагностики главных циркуляционных насосных агрегатов атомных электростанций.

УИИ осуществляет прием, нормализацию сигналов от первичных измерительных вибропреобразователей (пьезоэлектрических акселерометров, вихре-токовых преобразователей перемещения) технологического оборудования атомных электростанций, обработку, отображение и регистрацию информации, выдачу сигналов в систему верхнего уровня при достижении контрольных уровней вибрации.

УИИ имеет модульную конструкцию, интегрированную в единый комплекс. Основой устройства является монитор механических колебаний (ММК), включающий в себя следующие модули различного назначения:

- измерительные, осуществляющие аналого-цифровое преобразование сигналов первичных измерительных преобразователей;
- вычислительные, осуществляющие обработку результатов измерений, вычисление спектральных характеристик контролируемых процессов, управление и контроль ММК;
- вспомогательные: генератор напряжения различной формы, модули выборки, памяти, интерфейсные модули.

ММК обеспечивает непрерывное измерение параметров вибрации (виброускорение, виброскорость, виброперемещение) и диагностику состояния агрегатов роторного типа. Кроме того, ММК должен выдавать оператору сигналы при достижении контрольных уровней вибрации.

Головной образец УИИ СКВ прошел испытания на устойчивость к воздействию климатических, механических факторов (испытания на вибро- и сейсмостойкость) и на электромагнитную совместимость в испытательных центрах, аккредитованных в системе Ростехнадзора. Для АЭС «Куданкулам» изготовлены и поставлены два комплекта УИИ.

Специалистами ОДИ В.А. Ефимовым, А.П. Егоровым, В.И. Гусевым, И.А. Ивановым и др. совместно с сотрудниками ФГУП СПМБМ «Малахит» Д.В. Хавроненко и Д.В. Соболевым в 2006 г. закончена разработка программного модуля «динамика движения» для автоматизированной системы обучения управлением движения атомной подводной лодки. Программный модуль входит в состав комплекта обучающих программ автоматизированной системы обучения управлением движения АПЛ (АСО СУД).

АСО СУД представляет собой программно-аппаратный комплекс на базе современных ПЭВМ, объединённых в локальную сеть.



Ефимов В.А.

Модуль «динамика движения» предназначен для обеспечения начальной операторской подготовки личного состава отделения рулевых сигнальщиков и про-

ведения с ними практических занятий по подготовке системы управления движением перед выходом в море, управление курсом и т.д.

Информация оператору (обучаемому) выдается на два монитора. Реализована возможность вызова оператором любого видеокadra на любой из мониторов. Управляющие воздействия осуществляются оператором с помощью клавиатуры или манипулятора («мышь» или трекбол). В качестве имитаторов рукояток дистанционного управления горизонтальными и вертикальными рулями применяются джойстики.

АСО СУД в 2006 году прошла этап опытной эксплуатации в Учебном центре ВМФ г. Сосновый Бор.

Одной из основных задач отделения динамических исследований с момента его создания являлась разработка и изготовление тренажёров и моделирующих комплексов для стендов-прототипов НИТИ и ЯЭУ.

В период 1983...1986 гг. специалистами НИТИ совместно с представителями 270-го учебного центра ВМФ разработан комплексный полномасштабный тренажёр «Диана-Барс», который был введен в эксплуатацию в учебном центре в июне 1986 г. Безусловно, в течение 22 лет функционирования тренажёра технические средства, представляющие собой сложные вычислительные и коммуникационные комплексы, требовали для технического обслуживания инженерный персонал высокой квалификации. Такого персонала в учебном центре не было, поэтому поддержание работоспособности тренажёра обеспечивалось ведущими специалистами, участвовавшими в его создании (Ю.А. Морозов, В.Г. Гордеев, С.М. Дзигаленко, В.И. Иконников, Н.К. Куликов, Е.Д. Лисина, В.В. Маличев, В.М. Привалов, В.С. Чемерис).

Это позволило обеспечить непрерывную подготовку экипажей АПЛ в течение всего периода после ввода тренажёра в эксплуатацию, несмотря на то, что в конце 80-х годов функционировавшие в составе вычислительных систем тренажёра ЭВМ и ЗИП к ним были сняты с производства заводами-изготовителями.

По мере выработки ресурса и использования ЗИП угроза необратимой остановки тренажёра возникала неоднократно. Специалисты НИТИ выводили из состава тренажёра устройства, оказавшиеся в неремонтопригодном состоянии, а вместо них вводили специально разработанные в институте высоконадежные функциональные аналоги. Благодаря этому срок службы тренажёра был увеличен почти в два раза, и к 2007 году тренажёр функционировал в соответствии с программой подготовки личного состава.

Одним из важных направлений в обеспечении безопасной эксплуатации ППУ атомных ледоколов является использование полномасштабных тренажёров (ПМТ) для обучения оперативного персонала. ПМТ позволяют отрабатывать весь спектр навыков по управлению судовой ядерной энергетической установкой.

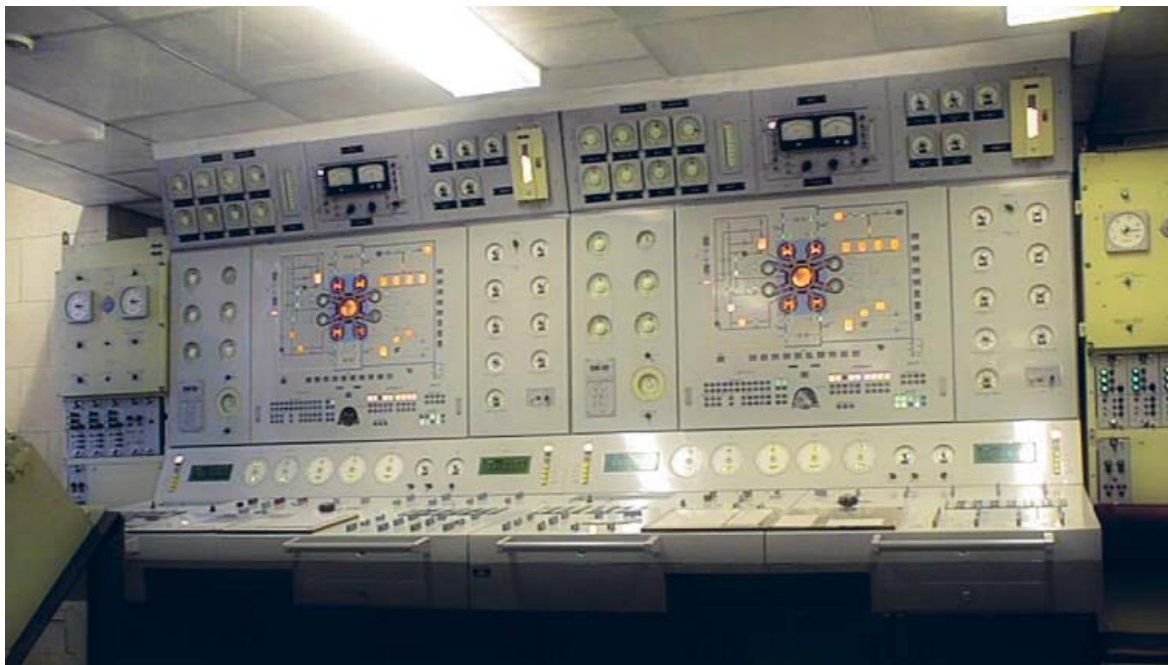
Особое место в ряду подобных систем занимает полномасштабный тренажёр «МГА-21Р» ЯЭУ ледокола «Россия», который является результатом капитальной реконструкции ПМТ «МГА-21». Реконструкция была вызвана необходи-

мостью замены морально и физически устаревших технических средств вычислительного комплекса, системы ввода-вывода и полной заменой математических моделей технологических систем ЯЭУ. В конечном итоге в 2007 году был создан практически новый полномасштабный тренажёр.

Комплексная математическая модель, являющаяся основой ПМТ «МГА-21Р», разработана средствами интегрированной графической среды системы автоматизации моделирования ТЕРМИТ.

В результате выполнения работ по ПМТ «МГА-21Р» впервые разработана комплексная математическая модель двух судовых атомных ППУ, параллельно работающих на общую паротурбинную установку во всех нормальных режимах, предусмотренных судовой инструкцией по управлению, а также в широком спектре аварийных режимов.

Работа была выполнена в очень короткие сроки (2 года). На демонтаж и монтаж оборудования, отладку и испытания тренажёра на территории заказчика отводилось всего пять месяцев, чтобы не допустить изменения в графике обучения экипажей ОАО «ММП» в тренажёрном центре. Поэтому для минимизации работ, выполняемых на территории заказчика, был организован полигон на территории НИТИ в составе одного пульта АППУ, сервера и компьютерных моделей пультов управления, развернутых на мониторах нескольких ПЭВМ. По сути, был создан функциональный тренажёр, который позволил отладить функциональное и сервисное программное обеспечение ПМТ и уменьшить время отладки программного обеспечения тренажёра с системами ввода-вывода и имитаторами пультов ЦПУ. Такой подход с опережающей разработкой функционального тренажёра



Полномасштабный тренажёр «МГА-21Р»

применялся только в НИТИ.

На ПМТ «МГА-21Р» производится постоянное обучение личного состава вахт механиков и электромехаников всех атомных ледоколов проекта 10521 («Россия», «Ямал», «Советский Союз», «50 лет Победы»). Инструкторско-преподавательский состав тренажёрного центра ОАО «ММП» отмечает высочайший технический уровень тренажёра и его практически полную адекватность реальному объекту. Основными исполнителями работы являлись В.Н. Зимаков, В.А. Карпов, Д.В. Лялюев, В.П. Черных, А.А. Шаленинов.



Черных В.П.



Лялюев Д.В.



Карпов В.А.



Шаленинов А.А.

Для АПЛ нового поколения «Юрий Долгорукий» и «Северодвинск» в НИТИ разработаны функциональные тренажёры операторов (ФТО), которые моделируют работу ГЭУ и ЭЭС («ВЕСТ-55»), ГЭУ и систему управления движением («ВЕСТ-85»). Сложность процесса создания этих тренажёров заключалась в том, что в течение продолжительного времени в распоряжении разработчиков тренажёров не было окончательного варианта исходных данных. Как правило, при изменениях в проекте выполнялись незапланированные переделки и последующие отладки программного обеспечения. В соответствии с приказом генерального директора института от 04.07.2007 № 07/423 предварительные испытания опытных образцов ФТО были проведены в сентябре 2007 г. комиссией в составе А.И. Колесникова, В.Н. Зимакова, В.П. Черных (НИТИ), В.М. Федорова (4939 ВП МО РФ).

Для проведения государственных испытаний ФТО «ВЕСТ-55» и «ВЕСТ-85» приказом генерального директора НИТИ от 15.11.2007 № 07/772 была назначена сдаточная бригада в составе: С.П. Витина, В.А. Ефимова, В.И. Дмитренко, В.П. Кравцова, М.Т. Хлебникова, Л.И. Спиридоновой, Ю.Л. Лукашова, Е.А. Соколовой. Государственные испытания ФТО успешно завершены в ноябре 2007 г.

В программном обеспечении тренажёров реализована возможность учета практически всех систем и элементов ЯЭУ: насосов, клапанов, теплообменников, трубопроводов, емкостей, регулирующих органов, систем управления, различных приборов. В математической модели заведены различного вида отказы, поломки, неисправности или нерегламентированные состояния. С учетом наложения отказов друг на друга это обеспечивает моделирование практически нео-

граниченного количества аварий и аварийных состояний. Разработанные функциональные тренажёры операторов помимо учебных целей включают в себя еще и очень важную исследовательскую функцию, что может быть применено в конструкторских организациях при проектировании кораблей.

В 2008 году специалистами ОДИ (В.Н. Зимаков, Д.В. Лялюев, В.П. Черных) разработан технический проект на полномасштабный тренажёр «ПМТ-20870» для подготовки персонала атомной электростанции малой мощности (АТЭС ММ) на базе плавучего энергоблока (ПЭБ). «ПМТ-20870» – это автономный, не зависящий от состояния имитируемой установки, программно-технический комплекс, предназначенный для подготовки и поддержания профессионального мастерства операторов по управлению технологическим оборудованием с центрального пульта управления атомной электростанции в режимах нормальной эксплуатации и в аварийных ситуациях.

Работу реального технологического оборудования в «ПМТ-20870» имитирует комплексная математическая модель АТЭС ММ, запускаемая на главном компьютере вычислительного комплекса «ПМТ-20870». Перечень моделируемых в комплексе систем отражает полный состав технологического оборудования энергетической установки.

Для обеспечения полноценной подготовки обучаемых полномасштабный тренажёр оборудуется рабочими местами обучаемых – полнофункциональными имитаторами пультов управления, входящих в состав ЦПУ энергоблока.

Руководство процессом обучения осуществляется инструктором, для которого оснащается рабочее место.

В функциональном составе учебно-методического обеспечения указаны особенности представления учебного материала, а также примерный учебный план подготовки личного состава первой смены экипажа плавучей атомной электростанции, учебные программы и программы тренажёрной подготовки на ПМТ.

Разработка функционального и сервисного программного обеспечения (математические модели ПМТ, информационные модели и функции рабочего места инструктора, функции рабочего места обучаемого, рабочее место разработчика в тренажёрной части) выполнена с использованием технологии автоматизации моделирования ТЕРМИТ.

По заказу Ленинградского филиала ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами РосРАО» специалистами ОДИ разработана локальная информационно-измерительная системы спецхимводоочистки (ЛИС СХВО), предназначенная для автоматизации контроля работы технологического оборудования и технологических процессов установки спецхимводоочистки. В этой системе реализованы следующие функции:

- информационные (опрос измерительных каналов, формирование сигналов, отображение технологической информации);
- технологического контроля (состояния технологических параметров, обнаружение отклонений от заданных значений);

- регистрации (возможность ведения технологического журнала работы объекта в электронном виде и выдачи копии на твердых носителях).

Конструктивно ЛИС реализована в виде комплекса шкафов и пультов, выполненных на базе конструктивов фирмы «Rittal» напольного размещения и двухстороннего обслуживания.

В 2008 году специалистами ОДИ под руководством В.Н. Зимакова и С.П. Витина закончена разработка комплексного полномасштабного тренажёра «Диана-Барс-М». Отличительной особенностью вновь созданного тренажёра является комплексная математическая модель нового поколения, которая детально описывает динамику основных систем с учетом взаимодействия операторов на центральных пультах управления и на местных постах. Основными системами, описываемыми в математической модели, являются: ЯЭУ, ЭЭС, ОКС и система управления движением (СУД). Будучи связанной вычислительной сетью в единый комплекс, математическая модель динамики электромеханической боевой части обеспечивает идентичное отображение на центральных пультах управления всех ситуаций в моделируемых системах, которые будут наблюдаться в подобных режимах на реальной установке.

Комплексный полномасштабный тренажёр «Диана-Барс-М» (далее по тексту КТ) предназначен для обучения в условиях берегового учебного центра:

- всех категорий личного состава как вновь сформированных экипажей, так и личного состава при межпоходовой подготовке по управлению техническими системами;
- офицерского и мичманского состава, назначаемого на первичные должности электромеханической боевой части при их индивидуальной подготовке по управлению техническими средствами корабля.

КТ «Диана-Барс-М» является крупнейшим электронным тренажёром в российском Военно-Морском Флоте. С помощью этого тренажёра обеспечивается начальная подготовка и переподготовка операторов электромеханической боевой части в составе вахты, или отдельных групп операторов на локальных тренажёрах. Предусмотрена также совместная работа тренажёров ЯЭУ + ЭЭС и ОКС + управление движением. Однако основным режимом использования тренажёра является совместная тренировка операторов электромеханической боевой части корабля в составе вахты. После успешного завершения Государственных испытаний КТ был передан в учебный центр в опытную эксплуатацию.

В 2008 году в НПО «Аврора» проведены экспериментальные исследования динамических характеристик системы сервопривод-клапан травления с использованием мобильного диагностического комплекса. В процессе испытаний на экспериментальном стенде зафиксирована нештатная работа органа регулирования, приводившая к колебаниям регулируемого давления. Анализ расчетных и экспериментальных данных позволил сделать предположение, что причинами отклонений являются:

- недопустимо большая задержка в обработке сигнала данного положения в следящей системе;
- существование в характеристике скорости перемещения клапана нелинейностей, из-за чего вместо предусмотренного проектом пропорционального закона в действительности реализовался релейный закон регулирования.

Для проверки высказанных предположений и с целью определения реальных характеристик следящей системы специалистами НИТИ и контрагентов выполнена серия стендовых испытаний динамики системы управления исполнительного механизма и органа регулирования. При этом была обеспечена возможность регистрации необходимого объема экспериментальной информации с помощью мобильного диагностического комплекса МДК АНИС разработки НИТИ.

К основным результатам экспериментальных испытаний можно отнести сле-



*Разработчики КТ
«Диана-Барс-М»*

дующее:

- определена зона нечувствительности следящей системы с трехканальной системой управления;
- подтверждено наличие нелинейностей в характеристике скорости перемещения клапана травления в зависимости от рассогласования на входе системы. Причиной обнаруженных нелинейностей является дискретное изменение частоты управляющих импульсов при изменении рассогласования заданного и измеренного значений положения клапана;
- подтверждены полученные в расчетном анализе задержки системы управления в обработке сигнала заданного положения клапана травления. Выявленные задержки реализуются в гидравлических магистралях импульсных линий и сервоприводе и обусловлены, вероятно, сжимаемостью рабочей среды, вызванной наличием газа в системе. Существующая система продувки не позволяет удалить весь попавший в систему газ.

Выполненный анализ экспериментальных данных позволил разработать рекомендации по улучшению качества следящей системы для последующих этапов испытаний. Кроме того, в результате испытаний отработана методика определения динамических характеристик электрогидравлических систем с импульсным управлением сервомотором. Получен значительный объем информации для уточнения и настройки математических моделей таких систем. Полученные данные могут в дальнейшем повысить качество проведения динамических испытаний систем управления.

Сотрудниками ОДИ В.П. Талалаевым, Д.Б. Тепляковым, А.А. Шалениновым, В.В. Шаталовым в 2009 году для обучения и тренировки личного состава ГЭУ АПЛ разрабатывалась автоматизированная система обучения (АСО), в состав которой входит функциональный тренажер операторов (ФТО) ГЭУ. В создании тренажера помимо НИТИ принимали участие ОКБМ «Африкантов» (математическая модель ППУ), ЦКБМТ «Рубин» (подготовка исходных данных для ФТО), НПО «Аврора» (математическая модель системы управления и информационная модель центрального пульта управления).

Отличительными особенностями ФТО ГЭУ в составе АСО являются:

- интегрированное программное обеспечение тренажера, составляющие которого представляют собой три программных комплекса, разработанные разными предприятиями-соисполнителями в различных средах с использованием различных инструментариев, что определило трудности при стыковке программных комплексов и интеграции ФТО в целом;
- высокая подробность информационной модели, включающей видеокадры ЦПУ и видеокадры постов местного управления, представляющие собой образы реальных технических средств с анимацией управления и состояния;
- возможность функционирования в составе АСО одновременно нескольких ФТО, имеющих гибкую структуру.

Обучение с помощью ФТО возможно в различных вариантах: самоподготов-

ки, индивидуальной тренировки под руководством инструктора и групповой тренировки также под руководством инструктора.

В практике обучения эксплуатационного персонала сложных технологических объектов, таких как атомные энергетические установки (АЭУ), широко применяются тренажёры, позволяющие сформировать и закрепить необходимые навыки и действия. Важными составляющими всякого тренажёра являются математические модели систем объекта, способные функционировать в режиме реального времени. Для сокращения трудозатрат и ускорения разработки отладки и сопровождения таких сложных моделей требуются средства автоматизации.

С целью автоматизации процесса создания математических моделей, описывающих АЭУ, их интеграции в единый расчетно-моделирующий комплекс в ОДИ создана и развивается технология ТЕРМИТ. Электроэнергетическая система (ЭЭС) в технологии ТЕРМИТ моделируется с помощью пакета программ SELEN, разработанного также ОДИ.

Пакет SELEN применяется с 2002 года при создании моделей ЭЭС для судовых и стендовых энергетических установок различного назначения. В процессе значительной модернизации был фактически заново создан полномасштабный тренажёр ядерной энергетической установки атомного ледокола «Россия» для тренажёрного центра атомного флота.

Специалистами ОДИ в 2010 году выполнена автономная отладка и проверка автоматизированной системы обучения (АСО) ГЭУ, включающая программное обеспечение разработки нескольких предприятий-соисполнителей.

В составе АСО ГЭУ в основном проверен и отлажен функциональный тренажёр оператора ГЭУ, включающий в себя рабочие места обучаемого и инструктора, математическую и информационную модели.

Проводилась интеграция в АСО и комплексная отладка функционального тренажёра оператора ГЭУ проекта «Ясень».

В течение 2010 года выполнено восстановление работоспособности технических средств системы информационной поддержки борьбы за живучесть (СИП БЖ) «БИМС». Эта система была разработана НИТИ в сотрудничестве с СПМБМ «Малахит», военно-морской академией им.Н.Г. Кузнецова, 1 ЦНИИ МО РФ и 270 учебным центром ВМФ, адаптирована к особенностям АПЛ «Гепард» и установлена на ней в 2001 году.

По техническим условиям на систему «БИМС» срок службы комплекса технических средств до ревизии должен составлять 5 лет при полном сроке службы 10 лет. СИП БЖ «БИМС» успешно использовалась на АПЛ «Гепард» в период с 2001 года по 2009 год, выполняя поставленные задачи.

Первое известие о неисправности появилась в 2008 году. В сентябре 2009 года специалистами ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» и ОАО СПМБМ «Малахит» была произведена ревизия системы, которая выявила, что необходимо заменить накопители на жестких магнитных дисках, источники бесперебойного питания и выключатели питания в системных блоках. В ноябре 2010

года эти компоненты технических средств были заменены, работоспособность СИП БЖ «БИМС» восстановлена.

Эксплуатация СИП БЖ «БИМС» показала, что технические средства при правильной эксплуатации способны обеспечить работу систем не только до ревизии, но и на большие сроки. При этом следует отметить, что эксплуатировать систему более 10 лет затруднительно, так как за это время применяемые технические средства морально устаревают, и их ремонт становится достаточно сложным ввиду снятия с производства совместимых компонентов. Представляется целесообразным производить замену всего комплекса технических средств при выполнении плановых ремонтов АПЛ.

Успешная эксплуатация СИП БЖ «БИМС» на АПЛ «Гепард» подтвердила правильность выбранных решений как по составу технических средств, так и по объёму решаемых задач информационной поддержки при ведении борьбы за живучесть корабля. Идеи, заложенные в СИП БЖ АПЛ «Гепард», получили свое воплощение и развитие на АПЛ «Нерпа».

В 2010 году продолжилась опытная эксплуатация и совершенствование комплексного полномасштабного тренажёра (ПМТ) «Диана БАРС-М», созданного НИТИ с участием НПО «Аврора» и ОАО «Севмаш» по исходным данным СПМБМ «Малахит» в 2006...2008 гг. и переданного в 270 УЦ ВМФ в январе 2009 года. За 2 года эксплуатации выявлено и устранено около 400 замечаний, реализованы некоторые пожелания и предложения преподавателей УЦ, не отраженных в техническом задании и техническом проекте.

В программном обеспечении тренажёра «Диана БАРС-М» выполнены доработки, позволяющие в процессе проведения учений по борьбе за живучесть учитывать затопленное состояние технических средств с учетом их зависимости от крена и дифферента. Указанная доработка стала возможной благодаря высокой подробности моделирования оборудования и установленным ранее взаимосвязям при функционировании тренажёра в комплексном режиме.

На основании опыта эксплуатации первого мобильного диагностического комплекса (МДК) отделением динамических исследований совместно с другими подразделениями института был создан МДК второй модификации с более широкими возможностями по диапазону входных сигналов и более высоким быстродействием и производительностью центрального процессора, что позволило усовершенствовать диагностирование новейшей техники.

МДК-2 представляет собой измерительно-вычислительный комплекс, основной задачей которого является проведение исследований и диагностики оборудования в различных режимах работы систем ЯЭУ. МДК-2 может также применяться при проведении комплексных швартовых испытаний корабельных ЯЭУ, исследовании систем автоматики, акустических исследованиях, балансировке и диагностировании вращающегося оборудования, измерении тепловых полей, а также для калибровки и метрологического обеспечения измерительных средств и



Мобильный диагностический комплекс МДК-2

каналов КСУ ТС. Основные исполнители – Ю.Т. Климов, А.В. Кутьин, М.Г. Михайлов, В.А. Карпов, А.Е. Карусев.

С использованием МДК-2 был проведен ряд испытаний стендового оборудования.

На стенде КВ-2 периодически происходило несанкционированное обесточивание электромагнитных распределителей парогенераторов (ЭМР ПГ). Для диагностирования причин обесточивания к оборудованию стенда был подключен МДК-2 и использован режим циклический регистрации с периодом опроса сигналов 2 мс и продолжительностью 5 с до обесточивания ЭМР и 5 с после обесточивания. Результаты испытаний показали, что при несанкционированном обесточивании ЭМР сбои на выходах дешифраторов отсутствовали. Дальнейший анализ результатов испытаний и схемы управления ЭМР показал, что сбои вызваны ненормальными фронтами сигнала задающего генератора.

В 2010 году концерном «Росэнергоатом» был проведен конкурс на разработку, изготовление и поставку полномасштабного и функционального тренажёра для подготовки персонала плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) на базе плавучего энергоблока (ПЭБ) проекта 20870. С учетом разработанного в 2008 году технического проекта на полномасштабный тренажёр для ПАТЭС сотрудниками ОДИ и департамента экономической политики и инвестиций института в кратчайшие сроки была подготовлена конкурсная заявка, по итогам рассмотрения которой НИТИ признан победителем конкурса. В кон-

курсе также принимали участие ОАО «ВНИИАЭС», ФГУ РНЦ «Курчатовский институт» и ОАО НПО «Аврора».

На первом этапе работ выполнен сбор и анализ исходной проектной документации по ПАТЭС, полученной от заказчика. На основании полученной информации разработана спецификация на моделирование более чем 100 технологических систем энергоблока-прототипа.

На следующем этапе работ по каждой моделируемой технологической системе в инструментальной графической среде моделирования ТЕРМИТ была проведена разработка расчетных и функциональных схем в соответствии с физическими процессами, происходящими в конкретной моделируемой системе. Для проверки работоспособности моделей отдельных технологических систем выполнено сравнение расчетных данных с данными, представленными в проектной документации по ПАТЭС.

Основным результатом выполненных в 2010 году работ является автономная отладка функционального и сервисного программного обеспечения (ПО) тренажёров, заключающаяся в проверке работоспособности отдельных частей ПО перед переходом к этапу их комплексирования в составе тренажёрных комплексов.

Завершение работ по созданию тренажёров, приемо-сдаточные испытания и ввод в эксплуатацию планировалось на 2011 год.

Совместно с ОТФИ специалистами ОДИ разрабатывается проект развития суперкомпьютеров и грид-технологии, состоящий из двух основных разделов:

- создание программно-технического комплекса
«Виртуальный энергоблок АЭС с ВВЭР»;
- виртуальный ядерный остров.

Совместной работой ОДИ, ОХТМИ и ЭОРБ в 2011 году является создание автоматизированной системы контроля радиационной обстановки НИТИ, включая все стенды-прототипы, промплощадку и прилегающую территорию.

ОТДЕЛ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2001 году ОТФИ полностью завершены работы по первой базовой версии расчётного кода КОРСАР, в том числе подготовлена заключительная редакция верификационного отчёта и эксплуатационная документация. В декабре 2001 г. код КОРСАР/V1.1 с комплектом технической документации был передан на экспертизу и аттестацию в Госатомнадзор России. Исполнителями работ по коду КОРСАР/V1.1 являлись С.Н. Волкова, Ю.В. Юдов, В.Г. Коротаев, А.Н. Гудошников и другие.

Расчётный код КОРСАР/V1.1 передан после аттестации в опытную эксплуатацию в СПБАЭП, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», НИКИЭТ, ГНЦ РФ ФЭИ, СПбГТУ и МЭИ.

С использованием первой версии кода КОРСАР по заданию СПБАЭП выполнен цикл расчётов динамики реакторной установки с ВВЭР-1000 в аварийных режимах в обоснование безопасности для Тяньваньской АЭС.

Совместно с ОДИ и ОНФИ были начаты работы по второй базовой версии кода КОРСАР с пространственной моделью кинетики водо-водяного реактора, а также по третьей базовой версии, обеспечивающей моделирование поведения неконденсирующихся газов в теплоносителе.

Специалистами ОТФИ В.С. Грановским и А.А. Сулацким по результатам экспериментальных исследований, выполненных в НПЦ АЭ, была разработана теоретическая модель взаимодействия расплава кориума с жертвенным материалом ловушки расплава, которая реализована в программе CORCAT для расчёта процессов формирования ванны расплава в ловушке при тяжёлых авариях на АЭС с ВВЭР-1000. С помощью разработанных программных средств выполнено расчётное обоснование эффективности удержания расплава в ловушке для Тяньваньской АЭС.

На основе кода КОРСАР выполнен расчётный анализ нарушений нормальной эксплуатации и аварийных ситуаций в обоснование безопасности реакторной установки «ЛАН» с уменьшенной активной зоной.

ОТФИ совместно с НПЦ АЭ в этом же году разработал по поручению ру-

ководства Минатома и согласовал с заинтересованными предприятиями отрасли программу экспериментальных исследований на стенде КМС.

В 2002 году основным направлением деятельности ОТФИ были работы по развитию и сертификации расчетного кода (РК) КОРСАР. Завершена экспертиза первой базовой версии РК КОРСАР/В1.1 в надзорном органе, потребовавшая значительных усилий коллектива лаборатории, возглавляемой С.Н. Волковой, по устранению замечаний экспертов. При этом следует отметить, что в заключениях 12 экспертов, каковыми являлись ведущие специалисты отрасли в области теплогидравлики, содержалось около 350 замечаний, которые, благодаря упорной работе коллектива отдела по дополнительной верификации аттестуемой версии кода, к концу года были практически полностью устранены.

Одновременно велись работы по созданию и тестированию второй и третьей базовых версий кода с пространственной моделью кинетики реактора и с учетом поведения неконденсирующихся газов в теплоносителе.

Создание третьей базовой версии кода, в которой была реализована многокомпонентная модель нестационарной теплогидравлики, открыло путь для разработки расчетной модели динамики ЯЭУ стенда КВ-2, для которой принципиальным являлся вопрос учета поведения неконденсирующихся газов в теплоносителе первого контура. Эти работы велись С.В. Лебедевым и В.П. Притчиным под руководством А.А. Сулацкого.

Подписано важное, с точки зрения внедрения РК КОРСАР в практику проектных расчетов, соглашение между НИТИ и ОКБ «ГИДРОПРЕСС», которое положило начало опытной эксплуатации РК КОРСАР в предприятии Главного конструктора ВВЭР.



Сулацкий А.А.

Были продолжены работы по адаптации первой версии РК КОРСАР для расчетов динамики установки «ЛАН», откорректированная версия кода официально передана в НИКИЭТ и РНЦ «Курчатовский институт».

Совместно со специалистами НПЦ АЭ выполнен значительный объем экспериментальных и расчетно-теоретических работ по обоснованию технических решений для устройства локализации расплава (УЛР) применительно к АЭС с ВВЭР-1000, а также удержания расплава кориума в тяжелых авариях применительно к АЭС с ВВЭР-440 (ответственный исполнитель В.С. Грановский).

В течение года продолжались работы по созданию программного комплекса по расчету температурного состояния металлобетонных контейнеров для сухого хранения отработавшего топлива реакторов типа РБМК.

В 2003 году проведена аттестация первой базовой версии кода КОРСАР/В1.1 в Госатомнадзоре. Впервые в отрасли было аттестовано программное средство, предназначенное для численного моделирования динамики реакторных установок с ВВЭР и по своим характеристикам не уступающее лучшим зарубежным аналогам. Получение аттестационного паспорта означало официальное разреше-

ние на использование кода в проектных расчётах по обоснованию безопасности действующих и проектируемых АЭС с ВВЭР.

Продолжались работы по численному моделированию теплогидравлических процессов в ПГБ ЯЭУ стенда КВ-2 в плане исследований устойчивости ЕЦ, а также был выполнен расчетно-теоретический анализ по прочности крышки ПГБ.

Под руководством В.С. Грановского были продолжены расчетные и теоретические работы по обоснованию технических решений для устройства локализации расплава, а также для удержания расплава кориума в корпусе при тяжелых авариях на АЭС с ВВЭР-440.

Этот год явился стартовым по созданию экспериментального стенда (СМ-Э332) и последующей отработки технологии осушки металлобетонных контейнеров с ОЯТ РБМК-1000.

Начатые в 2003 г. работы по тестированию и верификации расчетного кода КОРСАР/V2 были продолжены в 2004 г. С этой целью разработана достаточно детальная матрица верификации кода, содержащая перечень явлений и их связь с изучаемыми при обосновании безопасности реакторных установок типа ВВЭР режимами, а также с экспериментами (тестами), в которых рассматриваемые явления воспроизводятся.

Для обоснования адекватности воспроизведения кодом КОРСАР/V2 нейтронно-физических явлений в пространственном приближении и корректности моделирования обратных связей были использованы данные:

- численного моделирования, позволяющее проверить работу блока пространственной нейтронной кинетики в условиях ввода большой положительной реактивности;
- стационарных экспериментов по измерению стационарных полей энерговыделения и веса органов воздействия на реактивность в активной зоне реактора, характеризующиеся наличием подробной информации о пространственном распределении параметров. Помимо прочего такие эксперименты позволяют оценить качество подготовки малогрупповых констант;
- аварийных и экспериментальных переходных режимов на действующих энергоблоках атомных электростанций. Эти режимы предназначены, в первую очередь, для проверки корректности моделирования обратных связей нейтронной мощности и теплогидравлики.

Важным фактором перспектив коммерческого использования кода КОРСАР явился уже имеющийся опыт практического применения кода в проектно-конструкторских и исследовательских предприятиях атомной отрасли, в том числе в ОКБ «ГИДРОПРЕСС», СПб АЭП, НИКИЭТ, ГНЦ РФ ФЭИ, ЭНИЦ и др. Следует отметить также успешное применение кода КОРСАР в НИТИ при обосновании безопасности испытаний ЯЭУ на стендах-прототипах.

В 2004 году первая базовая версия кода КОРСАР/V1.1 передана в НТЦ ЯРБ Ростехнадзора для выполнения поверочных расчетов при экспертизе проектных материалов. Расчетный код КОРСАР также стал использоваться для обучения

студентов в высших учебных заведениях (СПб ГПУ, МЭИ, УГТУ – УПИ).

В перспективе проект КОРСАР позволял создать отечественный расчетный код, который по совокупности своих характеристик мог соответствовать уровню лучших мировых аналогов, таких как RELAP5 (США), CATHARE (Франция), ATHLET (Германия).

Основными разработчиками кода КОРСАР являлись Ю.А. Мигров, Ю.В. Юдов, И.Г. Данилов, С.Н. Волкова, В.Г. Коротаев, В.В. Кутьин, А.Н. Ковалев.

НИТИ по заказу Ленинградской атомной электростанции и ОАО «КБСМ» с 1999 г. проводил научно-исследовательские работы по расчетно-экспериментальному обоснованию отечественной технологии подготовки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторов РБМК-1000 к сухому контейнерному хранению. Согласно концепции, выработанной совместно тремя предприятиями, основными этапами проводимых работ являлись:

- разработка расчетных кодов, моделирующих основные этапы подготовки ОЯТ к сухому хранению;
- проведение экспериментальных исследований на крупномасштабном стенде осушки и контроля герметичности (СМ-Э332), разработанном ОАО «КБСМ», изготовленном ОАО «Ижорские заводы» и установленном в НИТИ;
- верификация расчетных кодов на основе проведенных экспериментов с целью их аттестации;
- проведение комплексных расчетных исследований процессов тепло-массопереноса в контейнере с помощью верифицированных кодов для обоснования технологии вакуумной осушки металлобетонного контейнера с ОЯТ.

В соответствии с программой экспериментальных исследований на стенде СМ-Э332, утвержденной в Концерне «Росэнергоатом», в 2004 году специалистами КЭЭР и ОТФИ были выполнены работы первого этапа исследований – смонтирован стенд СМ-Э332 с проведением на нем пусконаладочных работ.

В рамках экспериментального моделирования вакуумной осушки ампул и контейнера МБК проведены предварительный прогрев контейнера, откачка па-



Данилов И.Г.



Гудошников А.Н.



Коротаев В.Г.



Юдов Ю.В.

рогазовой смеси из его полости, испарение воды из контейнера и конденсация ее в теплообменнике.

На основании расчетных и экспериментальных исследований сформулированы рекомендации по доработке оборудования и систем измерений стенда, после выполнения которых стенд СМ-Э322 мог быть готов к проведению 2-го этапа испытаний.

До 2005 года в расчетах по коду КОРСАР парогенераторы АЭС моделировались, как правило, с помощью элемента типа SLVES (пароводяной сосуд под давлением). Недостатком этой модели являлось то, что водяное и паровое пространство в пароводяном сосуде представлены в сосредоточенных параметрах («точечная модель»).

В ОТФИ по заданию ОКБ «ГИДРОПРЕСС» была разработана пространственная модель парогенератора ПГВ-1000, предназначенная для проведения проектных расчетов в составе полной модели реактора ВВЭР-1000. Модель выполнена на языке описания входных данных РК КОРСАР DLC с использованием новых возможностей РК КОРСАР и не только дает распределение температур по высоте парогенератора, но и разграничивает опускные и подъемные участки течения теплоносителя второго контура. Кроме этого, в модели предусмотрены поперечные перетечки теплоносителя между опускными и подъемными участками, что позволяет учитывать прорыв пара и горячей воды из межтрубного пространства в опускной канал или поступление влаги из опуска внутрь трубного пучка.

В 2005 году отделом теплофизических исследований продолжались работы по технологии вакуумного осушения контейнера с отработавшим ядерным топливом реактора РБМК. Конечной целью вакуумного осушения контейнера после загрузки ОЯТ является создание во внутренней полости контейнера газовой среды с содержанием влаги, не превышающим соответствующих нормативных показателей (не более 20 г/м^3). Это необходимо для обеспечения сохранности твэлов, а также уплотнительных устройств и внутренних металлоконструкций МБК в течение всего предполагаемого срока длительного хранения (около 50 лет).

По результатам пусконаладочных испытаний, проведенных в 2003...2004 гг., стенд СМ-Э332 был модернизирован, после чего на нем проведены следующие эксперименты:

- по воспроизведению вакуумной осушки МБК с ОЯТ РБМК-1000 с энерговыделением 5,24 кВт, соответствующим 10-летней выдержке ОЯТ;
- по отладке модернизированного оборудования и КИП стенда с энерговыделением 5,6 и 6,0 кВт;
- по воспроизведению вакуумной осушки МБК с ОЯТ РБМК-1000 с энерговыделением 3,12 кВт, соответствующим 30-летней выдержке ОЯТ.

В результате проведенных испытаний:

- экспериментально подтверждена принципиальная возможность вакуумного осушения контейнера с ОЯТ до нормативных значений концентрации влаги (20 г/м^3);
- выявлено существенное влияние неравномерности обогрева контейнера на

температуры удаления влаги;

- установлено, что предложенный в проектных документах критерий завершения осушки контейнера по стабилизации внутриполостного давления в течение 1 часа не является достаточным условием достижения нормативного значения концентрации влаги внутри контейнера;
- определено, что при установленном на стенде оборудовании осушки и откачки газов удаление пара из контейнера и его конденсация в теплообменнике возможны только при работающем вакуумном насосе;

Анализ выполненных экспериментов свидетельствовал о необходимости до-



Маликов Т.Б.



Чёрный О.Д.

полнительной модернизации предлагаемой ОАО «КБСМ» штатной системы измерений технологических параметров. В частности, предложено вместо дифференциального датчика давления установить уровнемер, основанный на другом принципе действия, и в состав штатных средств измерения включить дополнительный датчик давления на выходе теплообменника-конденсатора. Основные исполнители работы Ю.А. Мигров, В.К. Ефимов, Т.Б. Маликов.

Сотрудниками ОТФИ В.К. Ефимовым, Т.Б. Маликовым, Ю.А. Мигровым, Н.Ф. Подымакой, О.Д. Черным в 2006 году выполнено обоснование регламента осушки упаковочного комплекта хранения с отработавшим ядерным топливом реактора РБМК. Ранее было отмечено, что для перевода отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реактора РБМК на сухое контейнерное хранение с дальнейшей возможностью транспортировки контейнеров на переработку ОЯТ или на его окончательное хранение в ОАО «КБСМ» была разработана специальная конструкция упаковочного комплекта хранения (УКХ-109).

УКХ-109 представляет собой металлобетонный контейнер (МБК), загруженный чехлом с ампулами в количестве 144 штук. В ампулах размещаются пучки ТВЭЛОВ, полученные в результате разрезки на две части отработавших тепловыделяющих сборок реактора РБМК-1000. Для удаления воды из внутренних полостей ампул и контейнера в УКХ-109 используется вакуумное осушение.

В соответствии со вторым этапом «Программы экспериментальных исследований на стенде осушки и контроля герметичности СМ-ЭЗ32», утвержденной в концерне «Росэнергоатом», на стенде были проведены эксперименты, моделирующие различные условия подготовки УКХ-109 к сухому хранению. При проведении экспериментов реализованы режимы, воспроизводящие вакуумную осушку УКХ-109 с ОЯТ с энерговыделением, соответствующим 30-ти и 10-летней выдержки ОЯТ. Также проведены опыты по определению степени влияния различных способов обогрева ампул и внутренних поверхностей контейнера на ско-

рость осушки для определения критериев осушки.

Экспериментальные исследования позволили проверить и отработать эксплуатационные режимы:

- с энерговыделением, соответствующим 10-ти и 30-летней выдержке ОЯТ;
- с различной массой испаряемой воды в контейнере и ампулах с ОЯТ (от 1 до 31 кг);
- в зимних и летних условиях;
- с различной степенью прогрева корпуса МБК.

Была подтверждена принципиальная возможность вакуумного осушения УКХ-109 до нормативных значений концентрации влаги (20 г/м^3) при температуре окружающего воздуха более 10°C .

В ходе работ предложена методика оценки максимально возможной концентрации влаги внутри контейнера после его осушения. Выданы рекомендации по корректировке системы измерения технологических параметров средств осушки УКХ-109 и руководств по эксплуатации СМ-647, СМ-650 для Ленинградской, Смоленской и Курской АЭС.

Важнейшим направлением деятельности отдела теплофизических исследований в 2007 г. было дальнейшее развитие и верификация отраслевого расчетного кода КОРСАР. Существенная доработка функционального наполнения кода, выполненная в 2002...2005 гг., с одной стороны, обеспечивала расширение области его применения в части пространственного моделирования нестационарных нейтронно-физических и теплогидравлических процессов ЯЭУ и учета поведения неконденсирующихся газов в теплоносителе, а с другой – требовала выполнения значительного объема верификационных расчетов в подтверждение воспроизведения кодом указанных процессов.

Комплекс работ по дополнительной верификации кода КОРСАР выполнялся по следующим направлениям:

- уточненные верификационные расчеты по экспериментальным данным действующих АЭС с реакторами ВВЭР (ВВЭР-1000, ВВЭР-440) в части оценки точности воспроизведения расчетным кодом дифференциальной и интегральной эффективности органов регулирования и защиты реактора;
- верификация кода в части моделирования пространственных процессов перемешивания теплоносителя в напорной камере реактора на основе представительного банка экспериментальных данных ОКБ «ГИДРОПРЕСС»;
- обоснование адекватности моделирования сопряженных нейтронно-физических и теплогидравлических процессов с кипением теплоносителя в активной зоне на основе оцененных экспериментальных данных исследовательского реактора ВК-50 (НИИАР, г. Димитровград).

Особую важность представляло третье из указанных направлений верификационных работ, которые проводились совместно специалистами НИТИ и НИИАР впервые в отрасли. Существующие и аттестованные в надзорном органе программные средства, предназначенные для пространственного моделирова-

ния нестационарных нейтронно-физических и теплогидравлических процессов, имели ограниченную по плотности теплоносителя в активной зоне область применения, т.е. были применимы для расчетов водо-водяных реакторов с однофазным состоянием теплоносителя в реакторе. В то же время расчетные коды, обеспечивающие корректное воспроизведение указанных процессов в условиях глубоких обратных связей, были все более востребованы не только для кипящих реакторов, но и для проектируемых АЭС-2006, поскольку планируемое форсирование мощности ВВЭР-1000 до 1100...1200 МВт сопровождается кипением теплоносителя на выходе ТВС уже в режимах нормальной эксплуатации.

В 2007 году начаты работы в обеспечение расчета потвального энерговыделения ТВС реакторов типа ВВЭР с помощью программных средств САПФИР_95 и КОРСАР, что в перспективе позволит перейти к дифференциальной оценке термомеханического поведения твэлов в переходных и аварийных режимах.

Математическое моделирование физических процессов, происходящих в ТВС в нестационарных режимах работы реактора с воспроизведением в них потвального энерговыделения, представляет собой сложную научно-техническую задачу, которая в полном объеме пока не решена ни в одном из существующих сопряженных расчетных кодов. Основная проблема – резкое увеличение времени счета и размера требуемой оперативной памяти ЭВМ.

Большая часть верификационных результатов, полученных в 2007 году, была включена в дополнение к верификационному отчету специализированной версии кода КОРСАР/ГП, которая предъявлена к аттестации в Ростехнадзоре применительно к РУ с ВВЭР.

Несмотря на то, что разработка проектов АЭС-2006 представляет собой эволюционное развитие действующих АЭС с ВВЭР-1000, в них предусматривается ряд принципиально новых технических решений, направленных на повышение безопасности. В первую очередь это связано с оснащением энергоблоков дополнительными пассивными системами безопасности (СПОТ 30, ГЕ-2 и др.). С точки зрения обоснования безопасности АЭС нового поколения при проектных и запроектных авариях с течами теплоносителя возникает необходимость сопряженного моделирования процессов в РУ, контейнменте и в системах безопасности, особенно на стадии длительного пассивного отвода остаточного тепла к конечному поглотителю.

Для решения указанной задачи ОТФИ совместно с ГНЦ РФ ФЭИ выполнена важная работа по объединению кодов КОРСАР и КУПОЛ в единый программный комплекс, что позволило перейти на качественно новый уровень проектных расчетов в обоснование безопасности АЭС нового поколения. Программный комплекс КОРСАР/КУПОЛ был передан в проектно-конструкторские предприятия (СПб АЭП, ОКБ «ГИДРОПРЕССС»).

В 2007 году в ОТФИ была поставлена и успешно решена задача создания отечественной программы для анализа неопределенностей, основанная на вероятностном подходе и получившая название ПАНДА. Функционально программа

ПАНДА настроена на выполнение анализов неопределенностей и чувствительности при проведении расчетов динамических режимов реакторных установок с ВВЭР с помощью кода КОРСАР, хотя может быть совместима с другими расчетными кодами.

Отдел принимал самое активное участие в исследованиях модели СПОТ 30 АЭС-2006 на крупномасштабном стенде КМС. Эти исследования в первую очередь очень важны для ЛАЭС-2, строительство которой начато на площадке рядом с НИТИ.

Экспериментальные работы, выполненные на стенде СМ-Э322 в НИТИ, показали, что процесс осушки требует высокой точности поддержания заданных технологических параметров, которую трудно обеспечить без современных средств автоматизации.

Учитывая, что процесс подготовки УКХ-109 связан с большим количеством ручных операций, было принято решение о создании автоматизированной системы управления подготовкой (АСУП) УКХ-109 к сухому хранению. Такая система была разработана совместными усилиями ОАО «КБСМ» и ФГУП «НИТИ им.А.П. Александрова».

Целями создания АСУП УКХ-109 являлись:

- точное соблюдение технологического процесса по подготовке контейнера к длительному сухому хранению;
- обеспечение безопасности и снижение дозовой нагрузки на персонал;
- надежное функционирование технологического оборудования средств осушения УКХ-109;
- создание системы оперативного контроля состояния контейнера в процессе подготовки к хранению ОЯТ.

АСУП имеет распределенную двухуровневую структуру.

Верхний уровень состоит из автоматизированного рабочего места оператора и выносного монитора начальника смены.

Нижний уровень содержит шкафы управления технологическим оборудованием, пульты контроля герметичности и локальные пульты управления.

Для доступа к информации о состоянии технологического оборудования с удаленного рабочего места начальника смены служит выносной монитор. Данные, отображенные на мониторе, доступны только в режиме чтения. Информация о состоянии оборудования передается с рабочего места оператора и доступна только при работающей АСУП УКХ-109.

Система АСУП УКХ-109 изготовлена, успешно прошла заводские испытания и передана заказчику в эксплуатацию.

В течение 2007...2009 гг. продолжались работы по тестированию, верификации и совершенствованию расчетного кода КОРСАР/ГП, в том числе в части обоснования моделей поведения неконденсирующихся газов в теплоносителе.

Для обоснования корректности моделирования явлений в соответствии с матрицей верификации по эффектам неконденсирующегося газа, таких как распро-

странение и накопление газа в проточной части элементов оборудования первого контура и его влияние на теплообмен в горизонтальных парогенераторах использовались эксперименты по исследованию конденсации пара в присутствии азота внутри труб горизонтального парогенератора, выполненных на интегральном стенде ОКБ «ГИДРОПРЕСС», а также зарубежные локальные эксперименты по исследованию конденсации парогазовых смесей в горизонтальной трубе.

Интегральный стенд ОКБ «ГИДРОПРЕСС» состоит из модели реактора, одной петли и четырехтрубной модели парогенератора. Взаимное расположение этого оборудования по высоте воспроизведено по отношению к реакторной установке ВВЭР-1000 в масштабе 1:1. Образование пара в активной зоне имитируется подачей пара в нижнюю часть модели реактора от постороннего источника.

В проводимом эксперименте исследовалась возможность аварийного охлаждения реакторной установки посредством теплоотвода через парогенераторы в определенном классе аварий с некомпенсируемой малой течью теплоносителя из горячей нитки первого контура. Конденсация пара внутри труб парогенератора в этом случае осложняется выделением из воды гидроаккумуляторов высокого давления растворенного азота. Парогенератор при этом может оказаться лимитирующим звеном в системе пассивного отвода тепла из-за «отравления» трубчатки неконденсирующимся газом. В условиях течи из горячей нитки создаются предпосылки для его накопления в трубчатке парогенератора.

Для верификации версии расчетного кода КОРСАР/ГП был выполнен расчетный анализ эксперимента. По результатам проведенного верификационного расчета можно сделать вывод, что расчетный код КОРСАР/ГП в достаточной мере адекватно воспроизводит такие явления, как распространение неконденсирующегося газа с потоком теплоносителя, его накопление и влияние на теплообмен в осушенном горизонтальном трубном пучке. Кроме того, при соблюдении адекватности параметров парогазового потока на входе в горизонтальную трубу код с достаточной для одномерной модели точностью воспроизводит распределение измеренных в стационарных условиях температур.

Магистральным направлением развития программных средств в мировой практике в настоящее время является создание интегральных программных комплексов, обеспечивающих в рамках одного сквозного расчета определение параметров, которые характеризуют состояние всех барьеров безопасности энергоблока в целом: топливной матрицы, оболочек твэлов, границ первого контура и защитной оболочки (контейнмента). Можно обозначить две основные задачи, решение которых позволит повысить качество и эффективность проектных расчетов:

- обеспечение реалистического приближения при расчетных оценках эксплуатационных характеристик и безопасности проектируемых энергоблоков за счет дальнейшего совершенствования инженерных расчетов, включая использование 3D-моделей;
- ускорение проектных расчетов за счёт параллельных вычислений с применением многопроцессорных ЭВМ.

Решение этих задач применительно к АЭС с ВВЭР стало возможным, благодаря реализации проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий», одобренного Президентом России, первый этап которого осуществляется в течение 2010...2012 гг. В рамках этого крупного проекта реализуются, в частности, два мероприятия, осуществляемые с применением суперкомпьютерных технологий в целях повышения безопасности и конкурентноспособности проектов АЭС с ВВЭР:

- создание программно-технического комплекса (ПТК) «Виртуальная АЭС с ВВЭР»;
- создание комплекса «Виртуальный ядерный остров», включающего систему кодов и специфических расчетных моделей (согласованных верифицированных наборов данных), обеспечивающих комплексное мультифизическое моделирование процессов, протекающих при работе систем и оборудования ядерного острова АЭС с ВВЭР.

В выполнении работ по указанным направлениям участвуют:

РФЯЦ-ВНИИЭФ, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», НИТИ им. А.П. Александрова, ГНЦ РФ-ФЭИ и СПб АЭП.

Одним из основных направлений дальнейшего совершенствования РК КОРСАР, осуществляемого в рамках проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий», является модернизация функционального наполнения кода в обеспечение параллельных вычислений с использованием высокопроизводительных многопроцессорных ЭВМ. Решение этой задачи особенно актуально при создании ПТК «Виртуальный энергоблок АЭС с ВВЭР», так как функционирование прикладных программ при имитации работы энергоблока в соответствии с техническим заданием должно осуществляться в масштабе времени, близком к реальному.

Второе направление, реализуемое в рамках проекта, связано с необходимостью дальнейшего расширения области применения РК КОРСАР, что обусловлено практическими потребностями обоснования безопасности проектируемых РУ с ВВЭР (устранение «белых пятен» в проектных расчётах). На 2011 год запланировано выполнение работ по созданию и адаптации в составе функционального наполнения РК КОРСАР физических моделей по расчёту конденсационных гидроударов в трубопроводах и силовых воздействий струй истекающего теплоносителя на оборудование и конструкции.

В 2010 году в рамках проекта «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий» в НИТИ были начаты и в I квартале 2011 года завершены работы по дальнейшему совершенствованию технологии анализа неопределённостей. При этом разработаны программные средства по автоматизации процесса выполнения анализа неопределённостей на многопроцессорных ЭВМ, а также согласованы методики формирования наборов варьируемых параметров для сопряжённых нейтронно-физических и теплогидравлических расчетов динамики РУ с ВВЭР.



ОТДЕЛ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ОХТМИ)

По результатам опытной эксплуатации модульной мембранно-сорбционной установки директором НИТИ В.А. Василенко и начальником отдела департамента по атомной энергетике И.Н. Левченко был подписан акт № 05-01-76А от 16.03.2001 «О приемке опытного образца ММСУ». Акт утвержден руководителем департамента В.С. Беззубцевым 22.03.2001. За период эксплуатации ММСУ с 1998 г. по 2002 г. переработано 915 м³ ЖРО. При передаче на ЛСК «Родон» стоимость 1 м³ ЖРО в то время составляла в среднем 5000 руб., таким образом институт получил экономию за счет переработки ЖРО 4,5 млн. руб.

Специалистами ОХТМИ В.Н. Епимаховым, С.В. Глушковым, В.Д. Смирновым совместно с сотрудниками КЭЭР Б.В. Филатовым, В.М. Ламцовым в 2001 году завершено обустройство опытного хранилища отверждённых радиоактивных отходов в помещении для хранения перегрузочного оборудования в здании 101. На временное хранение заложено девять 200-литровых бочек отверждённых на модульной установке цементирования (МУЦ) сконцентрированных ЖРО суммарной активностью около 0,5 ГБк. При удельной бета-активности ~ 160...190 кБк/кг обязательный срок хранения в контролируемых условиях для отверждённых блоков составляет 20...27 лет, а максимально возможный выход бета-радионуклидов в окружающую среду не превышает 0,1 % от исходной активности.

Таким образом, институт создал и обосновал экономически выгодную технологию переработки ЖРО с безопасным хранением отверждённых продуктов при сокращении объёма отходов более чем в 100 раз. К сожалению, эта технология с трудом пробивает дорогу к её широкому использованию на других предприятиях – традиционные «головники» крепко оседлали это направление и не пускают «чужаков».

Проведена оценка влияния атомного промышленного комплекса, размещённого в промышленной зоне г. Сосновый Бор, на подземные воды и смежные природные объекты. Результаты этой работы вошли в монографию, которая была издана в 2003 году в Санкт-Петербургском университете. Соавторами монографии стали В.Н. Епимахов и Е.Б. Панкина.

По заданию концерна «Росэнергоатом» был разработан и аттестован в системе Госстандарта России «Сборник методик выполнения измерений в пробах технологических водных сред АЭС с реакторами ВВЭР». Приказом руководства концерна сборник введён в качестве обязательного к исполнению руководящего документа на всех АЭС России с водо-водяными энергетическими реакторами. Разработчиками методик являлись В.С. Гурский и И.В. Мирошниченко.

В соответствии с приказом Министра РФ по атомной энергии А.Ю. Румянцева с 16 по 18 октября 2001 г. в НИТИ проведено первое межотраслевое научно-техническое совещание «Проблемы и перспективы развития химического и радиохимического контроля в атомной энергетике», которое стало традиционным и проводится раз в два года. Председателем оргкомитета являлся В.А. Василенко, заместителями - А.А. Ефимов и О.Ю. Пыхтеев.

В состав оргкомитета входили представители НИТИ, РНЦ КИ, ВНИПИЭТ, ВНИИАЭС, СПбГУ, ЛАЭС.

На совещании обсуждены следующие вопросы:

- проблемы методического и инструментального обеспечения химического и радиохимического контроля на действующих АЭС и ЯЭУ;
- современные концепции построения автоматизированных систем химического и радиохимического контроля на основе «интеллектуальных» измерительных каналов.
- пути решения общесистемных вопросов организации и ведения химического и радиохимического контроля с использованием компьютерных технологий;
- метрологическая аттестация химических и радиохимических методик выполнения измерений в атомной энергетике.

На совещании заслушано более 60 докладов, участвовало около 100 специалистов – представителей научно-исследовательских и проектных институтов, атомных станций, высших учебных заведений, военных учреждений.

В 2002 г. в ОХТМИ продолжена разработка новых программно-технических средств нижнего уровня АСРК: автоматических технологических спектрометров МАРС-010-СГГ для контроля состава и активности радионуклидов в газе и МАРС-012-СУГ для контроля состава и активности радионуклидов в теплоносителе, блоков управления исполнительными механизмами, а также разработка программно-технического комплекса верхнего уровня АСРК.

Оформлены договора со всеми основными субподрядными организациями как в России, так и за рубежом на изготовление комплектующих изделий и специального оборудования для АСРК.

Продолжались работы по созданию средств и систем автоматизации химического контроля технологических сред ЯЭУ. Основные результаты были доложены на международной конференции «Водная химия в системах с ядерными реакторами» в г. Авиньон, Франция. В конференции принимали участие А.А. Ефимов, Б.А. Гусев, Н.Я. Вилков.

Участие в международных мероприятиях придало уверенности руководству и специалистам ОХТМИ в правильности выбранных направлений исследований и разработок по повышению эффективности химического контроля на объектах атомной энергетики, проводимых сотрудниками отдела. Основные принципы оптимизации и автоматизации химконтроля, независимо развиваемые специалистами ОХТМИ, совпадали с принципами, постулируемыми международными органами для указанной области технологического контроля на АЭС. А предлагаемые специалистами института способы и методы решения отвечали самым взыскательным требованиям имевшихся на тот период времени подходов к контролю технологических процессов, в том числе рекомендациям вышедшего под эгидой WANO «Руководства по химической технологии на атомных станциях».

На судоремонтный завод была поставлена модульная мембранно-сорбционная установка переработки жидких радиоактивных отходов (основные исполнители В.Н. Епимахов, В.Д. Смирнов).

На тяжелом атомном ракетном крейсере «Петр Великий» специалистами отдела В.Я. Бредихиным, А.А. Змитроданом, А.А. Петуховым, М.И. Блаженко проведено комплексное обследование состояния герметичности парогенераторов.

В 2002 году закончены комплексные исследования источников формирования ЖРО корабельных ЯЭУ и определены пути их минимизации. Впервые были проведены комплексные исследования с целью снижения радиологической опасности и оптимизации процессов обращения с РАО корабельных ЯЭУ на основе всестороннего анализа путей поступления радионуклидов в окружающую среду. Определена структура ЖРО по активности, объёму и долевному вкладу от различных источников образования. На основании многолетних исследований получены данные по химическому составу ЖРО. Предложена классификация ЖРО по физико-химическому составу для отдельного сбора на переработку. Разработана методология комплексного подхода к решению проблемы обращения с РАО при штатной эксплуатации корабельных ЯЭУ с водным теплоносителем. Рассмотрена взаимосвязь между процессами сбора, переработки, кондиционирования и хранения РАО. Впервые были получены комплексные количественные данные по оценке и парциальному вкладу в объёмы и активность укрупнённых



Блаженко М.И.



Бредихин В.Я.



Змитродан А.А.



Петухов А.А.

и детальных источников формирования РАО и радиоактивных веществ стандартизированного корабельного ЯЭУ. Определены реперные и критические радионуклиды, формирующие основной состав и радиологическую опасность ЖРО. По результатам комплексного обследования проведен расчет экологической опасности всех путей поступления активности от ЯЭУ в окружающую среду посредством газо-аэрозольных выбросов, водных сбросов, твердых и жидких радиоактивных отходов. Доминирующим источником поступления активности с ЯЭУ в воздушную среду является газовая фаза теплоносителя. Эффективная индивидуальная доза облучения населения г. Сосновый Бор от выбросов ЯЭУ в основном была сформирована поступлением инертных радиоактивных газов и не превышала 0,3 мкЗв/год – 0,03 % от ПД (1,0 мЗв по НРБ-99).

Для нужд ВМФ изготовлен и поставлен в ФГУП «СевРАО» модернизированный одномодульный образец установки цементирования ЖРО (МУЦ-С). По сравнению с двухмодульной установкой достигнуто сокращение массы установки в два раза. Обеспечена возможность цементирования взвесей с содержанием твердой фазы до 20 %, облегчено обслуживание установки, в 6 раз сокращена дозовая нагрузка на персонал.

В 2003 году специалистами ОХТМИ (В.Н. Матвеев, Н.В. Воронина, Т.В. Спиридонова и др.) завершен важный этап работ по созданию средств автоматизации дистанционного химического контроля водных технологических сред станционного комплекса. Проведены лабораторные и ресурсные испытания комплекса средств автоматизации измерений удельной электропроводимости (анализатор КАЭ), показателя рН и концентрации хлорид-ионов, подтвердившие эффективность принятых методических и конструкторских решений. Общее руководство работами осуществлялось Н.Я. Вилковым. Многие методические и технические решения, использованные при разработке системы автоматизированного химического контроля водных сред станционного комплекса, явились основой для предложений по совершенствованию общесистемных решений и разработок в области автоматизации химического контроля на объектах атомной энергетики в целом.

Для АПЛ Северного флота изготовлены и поставлены две водно-химические лаборатории (ВХЛПТ-Р).



Воронина Н.В.



Матвеев В.Н.

Разработан, испытан и введен в эксплуатацию на объекте СФ опытный образец унифицированного станда для проверки и регулировки ВХЛПТ-Р (УСПР). Стенд зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений и допущен к применению в Российской Федерации.

ОХТМИ совместно с ОКБ «ГИДРОПРЕСС» и ДАО «ВНИИАЭС» разработана и внедрена в эксплуата-

цию уникальная технология химических промывок парогенераторов ПГВ-449. (Основные исполнители от НИТИ Б.А. Гусев, А.А. Ефимов, А.К. Андрианов, В.А. Кривобоков).

В 2003 году закончены изготовление и монтаж системы очистки воды бассейнов выдержки ОТВС в здании 102. Система предназначалась для очистки воды от радионуклидов и поддержания параметров водного режима в нормируемых пределах показателей качества воды с помощью высокоградиентного магнитного фильтра, двух микрофильтров и блока ионообменных фильтров.

Совместно с Санкт-Петербургским Технологическим институтом разработана технология сорбента для улавливания радионуклидов йода из газовых сред – сорбента СЛОКСИД. Сорбент предназначался для очистки газовых выбросов, контроля содержания радионуклидов йода в газовых средах, для изготовления средств индивидуальной защиты персонала предприятий и населения. Сорбент не имел аналогов в России и позволял улавливать радионуклиды йода в любых химических формах с высокой эффективностью при относительной влажности газа до 100 % и температуре до 300 °С.

В 2004 году на ЯЭУ стендов КВ-1 и КВ-2 завершен очередной этап исследований влияния эксплуатационных факторов на ресурсные характеристики активных зон с оболочками ТВЭЛов из различных конструкционных материалов. Для обеспечения коррозионной устойчивости водно-химический режим первых контуров поддерживался по усовершенствованной технологии, обеспечивающей резкое снижение содержания в теплоносителе коррозионно-опасных примесей. С этой целью в НИТИ в рамках действующего отраслевого стандарта для первых контуров с аммиачным водным режимом были введены местные нормы, предусматривающие ограничение содержания и расширенный контроль в теплоносителе и защитном газе органических примесей и продуктов их деструкции, не нормируемых отраслевым стандартом. Местные нормы дополнительно включали определение следующих показателей: удельной электропроводности теплоносителя, содержания фторидов, сульфатов, меди и органического углерода в воде, а также содержания кислорода, водорода, углекислого газа и метана в азоте системы ГВД.

Концентрация аммиака всякий раз устанавливалась ближе к верхнему пределу нормируемого диапазона.

Ужесточение требований к воде и газу позволило полностью выработать назначенный энергоресурс активной зоны ЯЭУ стенда КВ-1 без разгерметизации оболочек ТВЭЛов различного типа. В условиях остаточной загрязненности первого контура ураном от предыдущих кампаний суммарная удельная β -активность теплоносителя, измеренная через 2 часа после пробоотбора, при работе реактора на мощности 30 % $N_{ном}$ после полной энерговыработки была на порядок ниже предельного значения.

На ЯЭУ стенда КВ-2 была отработана технология поддержания водно-химического режима первого контура в режиме длительной стоянки при повы-

шенном уровне теплоносителя и повышенном давлении в ПГБ. Новая технология хранения реактора в ПГБ интегрального типа исключает необходимость ввода консервирующих добавок при подпитке первого контура водой и газом, позволяет сократить объёмы ЖРО и газовых сбросов. Работу выполняли И.В. Беликов, М.И. Блаженко, А.А. Петухов и др. под руководством В.Я. Бредихина.

В 2004 году на стендах-прототипах в НИТИ впервые в мировой практике эксплуатации ЯЭУ были проведены испытания системы безреагентной очистки теплоносителя от эксплуатационных загрязнений контура на расхоложенном реакторе с использованием высокоградиентного магнитного фильтра (ВГМФ). ВГМФ выполнен на основе высокоэнергетических постоянных магнитов из редкоземельных сплавов, содержит фильтрующую матрицу в виде металлической ваты, расположенной между полюсами магнитов, запорную арматуру, соединительные трубопроводы и контрольно-измерительные приборы.

Применение ВГМФ существенно увеличивает эффективность извлечения продуктов коррозии, в том числе активированных и ассоциированных с ними продуктов деления из теплоносителя ЯЭУ. Применение указанного фильтра в составе оборудования контура является перспективным, особенно учитывая то обстоятельство, что выпускаемые отечественной промышленностью мощные постоянные магниты дают положительные результаты только при температуре теплоносителя 300...400 °С и более. Работы по исследованию механизма высокоградиентной магнитной фильтрации были начаты в НИТИ по инициативе Е.П.Рязанцева и Л.Н. Москвина еще в 1985 году. Проведенные на стенде КВ-1 испытания явились логическим завершением 20-летних исследований процесса высокоградиентной магнитной фильтрации. Основные исполнители А.В.Калинин, А.И. Хозичев, В.М. Красноперов, И.С. Орленков, В.Г. Ильин под руководством Б.А. Гусева и А.А. Ефимова.

В 2004 году в НИТИ продолжалось изготовление серийных водно-химических лабораторий приборного типа (ВХЛПТ-Р), предназначенных по приказу Главнокомандующего ВМФ для оснащения объектов ВМФ взамен лаборатории ВХЛПТ-2. ВХЛПТ-Р сертифицирована Госстандартом РФ в качестве средства измерений военного назначения и зарегистрирована в Государственном реестре под № 16291-97.

ОХТМИ совместно со специалистами НИЦ «СНИИП» и ОАО «Пятигорский завод «Импульс» были проведены государственные испытания интеллектуального радиометра нового поколения РКС-02С. Подготовлена к выпуску первая серийная партия радиометров для оснащения кораблей ВМФ, Калининской АЭС и АЭС в Индии.

РКС-02С предназначались для контроля герметичности оболочек твэлов, состояния теплообменного оборудования, а также для радиоэкологического контроля качества питьевой воды и продуктов питания. Радиометр обеспечивает регистрацию β -излучения в диапазоне от 0,3 до 4,0 МэВ и регистрацию α -излучения в диапазоне от 4,0 до 6,5 МэВ. По окончании измерений автоматически расчи-

тывается удельная активность с указанием погрешности определения для каждого типа измерений. Основные исполнители работы от НИТИ – В.Н. Епимахов, С.Г. Мысик, С.В. Глушков.

Отечественная и зарубежная практика эксплуатации АЭС с реакторами типа ВВЭР показала необходимость своевременного удаления отложений продуктов коррозии, образующихся в парогенераторах со стороны второго контура для обеспечения надежной и безопасной работы энергоблоков, улучшения теплофизических параметров теплообмена, продления ресурса оборудования и увеличения коэффициента использования установленной мощности энергоблоков.

Наиболее эффективными способами удаления отложений из парогенераторов являлись к тому времени химические промывки на остановленном оборудовании в период планово-производственного ремонта при температуре промывочных растворов менее 100 °С.

Анализ результатов применения штатной технологии выявил ряд существенных недостатков, в частности: нестабильность условий растворения железокислотной составляющей отложений, возможность выпадения вторичных отложений меди и железа на теплопередающих поверхностях ПГ в процессе промывки, использование термически неустойчивого окислителя и т.д.

Специалистами ОХТМИ А.К. Андриановым, Б.А. Гусевым, А.А. Ефимовым и В.В. Кривобоковым в 2004 г. разработана новая технология химической промывки парогенераторов ПГ-440 и ПГВ-1000М на остановленном оборудовании, апробированная на энергоблоках №№ 3 и 4 Ново-Воронежской АЭС и энергоблоках №№ 1...4 Балаковской АЭС.

В результате были приняты:

- «Типовой регламент химической промывки парогенераторов АЭС с реакторами ВВЭР-440 растворами на основе ацетата аммония»;
- «Типовой регламент химической промывки парогенераторов АЭС с реакторами ВВЭР-1000 растворами на основе ацетата аммония», утвержденный генеральным директором Концерна «Росэнергоатом» О.М. Сараевым в качестве штатного при осуществлении химических промывок парогенераторов АЭС с ВВЭР.

В 2005 году основная деятельность коллектива ОХТМИ была направлена, в первую очередь, на обеспечение пуска наладочных и модернизационных работ, проводимых на стендах КВ-1 и КВ-2.

На стенде КВ-1 с участием специалистов отдела проведена работа по внутриреакторному контролю герметичности облученных твэлов при дефектации ОТВС. Проведенный совместно с ОКБМ технологический режим по дефектации открыл новые возможности по «отбраковке» негерметичных твэлов без их специального исследования в «горячих» камерах.

Для оценки влияния эксплуатационных факторов на ресурсные характеристики парогенераторов ЯЭУ стенда КВ-2 в 2005 году были обобщены результаты радиационно-химических исследований влияния водного режима второго кон-

тура на коррозионное состояние трубных систем парогенераторов, проведенных в период его длительного стояночного режима. Известно, что на коррозионное состояние трубных систем из титановых сплавов негативное влияние оказывает медь, содержание которой нормируется, а также органические примеси, сульфаты и фториды, которые не нормируются, но содержатся в питательной воде. Следовательно, наиболее коррозионно-опасными для титановых сплавов примесями в воде первого и второго контуров ПГБ являются продукты деструкции ионообменных смол.

При отмывке ПГ за определенный период было вымыто около 90 г водорастворимых примесей, в том числе 76,8 г – органических. Эксперименты на стенде КВ-2 подтвердили, что на теплопередающей поверхности титановых ПГ отложения в основном состоят из органических примесей и продуктов их деструкции. Именно они и определяют коррозионное состояние и ресурс парогенераторов.

Проведенные на стенде КВ-2 испытания непрерывного дистанционного дискретного аппаратурного контроля плотности парогенераторов, основанные на измерении мощности дозы γ -излучения в лобовом слое шихты ионообменных фильтров второго контура, подтвердили высокую чувствительность способа контроля и надежность измерений герметичности прямооточных корабельных ПГ при размерах протечек выше 0,05 кг/ч. Способ и отработанная на стенде КВ-2 система контроля герметичности парогенераторов была рекомендована для использования на действующих и проектируемых корабельных ЯЭУ АПЛ и НК.

Еще в ноябре 1997 г. на АПЛ «Нижний Новгород» произошла разгерметизация твэлов активной зоны ЯЭУ. Состояние а.з. было оценено как «недопустимое». Минатомом РФ, Российским агентством по судостроению, ГТУ ВМФ принято совместное решение о проведении химической дезактивации. Работа была поручена НИТИ, ВНИПИЭТ и ОКБМ. Основная цель дезактивации заключалась в выведении открытой топливной композиции, активированных коррозионных отложений и продуктов деления ядерного топлива из контура для нормализации радиационной обстановки на АПЛ, обеспечения возможности перезарядки реактора и последующего технологического контроля за состоянием активной зоны. Специалисты ОХТМИ Б.А. Гусев, А.М. Алешин, И.В. Мирошниченко приняли непосредственное участие в работах по дезактивации. В обоснование технологического регламента потребовалась переработка методического и аналитического обеспечения процесса и подготовки «Сборника методик химического, радиохимического и спектрометрического контроля проведения дезактивации первого контура». Откорректированная технология дезактивации обеспечила высокую эффективность выведения открытой топливной композиции, продуктов коррозии и продуктов деления ядерного топлива. В результате проделанной работы было выведено более 10 Ки активности, ~34,3 кг продуктов коррозии и около 79 г урана.

В соответствии с федеральной целевой программой «Обращение с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996...2005 гг.» в НИТИ, в рамках развития концепции гибких

мобильных модульных комплексов, обеспечивающих полный цикл обращения с ЖРО корабельных ЯЭУ, разработана, изготовлена и принята в эксплуатацию модульная установка цементирования (МУЦ) концентратов ЖРО. Эта работа была признана изобретением, защищенным соответствующим патентом.

В 2005 году для предприятия «СевРАО» была изготовлена одномодульная установка МУЦ-С, в которой оборудование сконпоновано в один модуль путем установки шнекового питателя на нижний уровень с наклонной подачей цемента на высоту 1 300 мм в загрузочный узел. Производительность МУЦ-С при этом достигла значения двух бочек в час. Установка допускала отверждение концентратов ЖРО с солесодержанием до 200 г/л. По прочности фиксации радионуклидов получаемые цементные блоки не уступают битумным компаундам. При аварийном затоплении радиоактивных цементных блоков на срок до 90 суток выход радиоцезия в пресной воде не превышает 0,5 %, а в морской воде – 0,25 % от исходной активности. Таким образом, даже при попадании на дно моря в случае аварии при транспортировке эти отходы не вызовут значительного загрязнения окружающей среды. Основными исполнителями этой работы являлись В.Н. Епи-махов, М.С. Олейник, В.Д. Смирнов.

Как известно, газо-аэрозольные выбросы радиоактивных веществ со стендов-прототипов ЯЭУ в атмосферу осуществляются после систем очистки через вентиляционную трубу высотой 100 м.

Источником низкоактивных сбросов НИТИ в Копорскую губу являются очищенные воды с модульной мембранно-сорбционной установки переработки ЖРО, образующихся в результате эксплуатации ЯЭУ стендов-прототипов, а также сточные воды, поступающие через систему промышленно-ливневой канализации от технологических зданий института.

Проведенный в 2005 году всесторонний анализ выбросов и сбросов НИТИ в пределах зоны наблюдения радиусом 30 км показал, что уровни активности инертных радиоактивных газов не превышает 53 % от допустимых выбросок НИТИ. За весь период эксплуатации ЯЭУ объёмная концентрация ^{131}I в газовых выбросах постоянно находилась ниже минимально-допустимого значения, что объясняется эффективной работой системы выдержки газов и высокой степенью разбавления активности выбросов на выходе в окружающую среду за счет работы других вентиляционных систем.

Результаты анализа многолетних данных радиационного контроля выбросов, сбросов и природной среды в районе НИТИ подтверждают факт нормальной радиационной обстановки и практическое отсутствие локального возрастания радиоактивности природной среды за счет деятельности действующих ЯЭУ. Максимальный радиационный риск для населения г. Сосновый Бор от воздействия установок за весь период исследований ни разу не достиг уровня риска, регламентированного нормами радиационной безопасности. Несмотря на значительный отработанный ресурс ЯЭУ, они продолжают находиться в радиологически безопасных режимах эксплуатации. Основными исполнителями данной работы

являлись Е.Б. Панкина, В.Н. Епимахов, М.П. Глухова.

В 2006 году в отделе выполнен большой объем работ, имеющих немалое значение в научных и практических целях.

До недавнего времени дистиллят и воду высокой чистоты (ВВЧ) получали в основном методами дистилляции и ионного обмена. Дистилляция требует высоких энергетических затрат (до 60 кВт/ч для получения 1 м³ воды) и поэтому экономически оправдана только для получения ВВЧ из минерализованных вод. Применение ионообменных смол оправдано для маломинерализованных пресных вод, при этом регенерация ионообменных смол приводит к трех- четырехкратному увеличению жидких отходов. В связи с изложенным в технологических целях все более широкое применение для водоподготовки находят малоэнергоёмкие безреагентные мембранные методы. Наиболее перспективным в этом отношении является метод обратного осмоса, позволяющий проводить обессоливание как пресных, так и минерализованных вод.

В 2006 году завершён комплекс исследовательских, расчетных, конструкторских, проектных, монтажных работ и пусконаладочных испытаний модульной мембранно-сорбционной установки (ММСУ ВВЧ) очистки хозяйственной воды и получения воды высокой чистоты.

Установка работает в автоматическом режиме. Установленные средства КИПиА предназначены для измерения величин давления и расхода в гидравлической системе установки, электропроводности воды и фильтрата, а также для целей сигнализации о превышении технологических уставок. Эксплуатация установки помимо автоматизированного технологического контроля электропроводности предусматривает регламентный химико-технологический лабораторный контроль качества воды и фильтрата по следующим параметрам: pH, удельная электропроводность, плотный остаток, сухой остаток и другим параметрам.

Результаты выполненного химико-технологического контроля показали, что качество воды после 1-й и 2-й ступеней очистки ММСУ-ВВЧ удовлетворяет паспортным требованиям для обратноосмотических мембран: содержание остаточного активного хлора не превышает 0,1...0,3 мг/л. Содержание органических веществ, определяемых химическим потреблением кислорода и взвешенных веществ не превышает, соответственно, 1 мг.экв/л и 0,4 мг/л.

Основными исполнителями этой работы являлись В.Н. Епимахов, М.С. Олейник, С.В. Глушков, А.А. Ефимов, В.В. Викулов и другие.

Известно, что хлорид-ионы являются основными коррозионными агентами, инициирующими локальные виды коррозии конструкционных нержавеющих сталей аустенитного класса, применяемых в атомной энергетике. Поэтому их нормируемые содержания в отдельных потоках водных технологических сред (прежде всего на АЭС с РБМК) составляют единицы микрограммов на литр.

Применяемые для контроля хлорид-ионов в технологических средах АЭС методики выполнения измерений (МВИ) основаны на использовании фотометрии, ионной хроматографии и капиллярного электрофореза. Однако по просто-

те методической схемы и инструментального оформления наиболее предпочтительными для применения в условиях АЭС становятся МВИ на основе прямой потенциометрии.

Накопленный в институте опыт применения потенциометрических измерений хлорид-ионов в технологических водных средах с использованием пористых металлических серебряных электродов, а также экспериментально установленный нижний предел существования хлоридной функции для этих электродов, составляющий 1 мкг/дм³, позволили решить задачу определения хлорид-ионов в диапазоне концентраций от 3,5 до 100 мкг/дм³.

Для того чтобы добиться повышения достоверности результатов анализов хлорид-ионов в указанном диапазоне концентраций, в первую очередь необходимо было методически усовершенствовать процедуру градуировки:

- определить необходимый и достаточный массив данных для получения градуировочной зависимости;
- ввести контроль достоверности полученной градуировочной зависимости;
- ввести обязательную проверку стабильности градуировочной зависимости до начала анализа рабочих проб;
- учесть вклад остаточного содержания хлорид-ионов в так называемой «нулевой» воде (воде, используемой для приготовления градуировочных растворов).

Все выше перечисленные методические разработки нашли свое отражение в функциональной схеме и программных модулях созданного потенциометрического устройства «рСl-метр-011АМ».

В мае 2006 г. два экземпляра потенциометрических устройств были поставлены на Смоленскую АЭС с реакторами РБМК-1000. Результаты проведенной апробации и последующего практического использования «рСl-метр-011АМ» подтвердили возможность стабильной и воспроизводимой работы потенциометрических устройств разработки НИТИ при определении содержания хлорид-ионов в рабочих технологических средах.

Прототип потенциометрического устройства использовался в оперативном режиме для оценки качества послемонтажных отмывок технологических контуров стендовых ЯЭУ НИТИ.

По результатам опытно-промышленной эксплуатации принято решение о переходе к аттестации в органах Ростехрегулирования потенциометрического устройства «рСl-метр-011АМ» для целей анализа водных технологических сред объектов атомной энергетики.

Основными исполнителями работы являлись Н.Я. Вилков, Н.В. Воронина, В.Н. Матвеев.

Специалистами ОХТМИ В.Н. Епимаховым, М.С. Олейником, Е.Б. Панкиной, М.П. Глухой в 2006 году проведены исследования возможности применения природных неорганических минеральных сорбентов для очистки ЖРО от радионуклидов.

Для Ленинградской области вопросы обеспечения экологической безопасности, вопросы обращения с ЖРО имеют особую актуальность, поскольку область относится к одному из наиболее «атомных» регионов России. На ее территории помимо собственно объектов энергетики, таких, как ЛАЭС, НИТИ, НПО «Радиовый институт им. В.Г. Хлопина», Санкт-Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова (ПИЯФ), которые в той или иной степени занимаются переработкой собственных ЖРО, функционирует и целый ряд хранилищ ЖРО. Так, более 40 лет функционирует хранилище ЖРО на Опытном заводе НПО «Государственный институт прикладной химии» (ГИПХ) в пос. Кузьмолово. На территории ПИЯФ один из корпусов также предназначен для частичной переработки и временного хранения ЖРО.

Исторически первыми в регионе возникли предприятия, производящие радиоактивные отходы. Лишь в 1961 году был введен в эксплуатацию Ленинградский спецкомбинат (ЛСК) «Радон», который внес решающий вклад в ликвидацию десятков ведомственных захоронений радиоактивных отходов, находившихся в черте г. Ленинграда и на территории Ленинградской области (Приозерск, Приморск, Приветное, Агалаково и др.). На начало XXI-го века на ЛСК во временных хранилищах размещено около 60 тыс.м³ радиоактивных отходов. В дальнейшем, за счет развития атомной энергетики, выведения энергоблоков ЛАЭС и других морально устаревших объектов из эксплуатации объёмы РАО существенно возрастут, а возможности ЛСК по их переработке и длительному хранению уже сейчас полностью исчерпаны.

Ленинградская область обладает обширной сырьевой минеральной базой, которая должна быть задействована для обеспечения экологической безопасности при обращении с ЖРО с минимальными экономическими затратами.

Природные неорганические сорбенты были первыми материалами, нашедшими широкое применение в процессах очистки. Именно ионообменные свойства природных минералов, входящих в состав почв, и обеспечивают в природе очистку поверхностных вод. С внедрением синтетических ионообменных смол из-за их меньшей емкости они стали постепенно вытеснять из практики водоподготовки природные сорбенты. В то же время, практически неограниченные запасы, дешевизна, довольно высокие абсорбционные, ионообменные, фильтрационные свойства делают экономически целесообразным использование этих сорбентов в процессах очистки промышленных, в том числе и радиоактивных сбросов. Еще более рациональным для очистки ЖРО представляется использование отходов горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности, утилизация которых также является насущной экологической проблемой.

Проведенные исследования позволили оценить возможность применения бокситов и прилегающих к ним пород Бокситогорского района Ленинградской области, а также отходов производства глинозема на основе этих бокситов в качестве сорбционных материалов для очистки ЖРО от радионуклидов. Выяснилось, что наибольшей сорбционной способностью по цезию из минералов Бокситогор-

ского района обладают бентонитовые глины, а для сорбции радиоцезия может применяться бокситовый красный шлам. При сорбции стронция наилучшие показатели отмечаются у бокситового красного шлама, вслед за ним идет доломит, который считается одним из лучших сорбентов для радиостронция.

В 2007 году основная деятельность коллектива ОХТМИ была направлена на подготовку к испытаниям стендовых комплексов института. В новых помещениях развернуты автоматизированные системы химического, радиохимического и газового контроля технологических сред. Введены в опытную эксплуатацию лабораторные помещения, проведены пусконаладочные испытания и подготовлено к работе приборное оснащение (анализатор общего углерода, ионный хроматограф, эмиссионный спектрометр и др.). Выполнена модернизация системы водоподготовки стендового комплекса, позволившая обеспечить в достаточных количествах потребности в воде высокой чистоты.

В период очередного этапа испытаний одной из АПЛ в ФГУП ПО «Севмаш» проверена работоспособность серийных образцов ВХЛПТ-Р, в том числе:

- непрерывный и периодический регламентный контроль нормируемых показателей качества воды высокой чистоты второго контура на всех режимах работы ЯЭУ;
- освидетельствование изделий и замена элементов для продления срока службы.

Для другой АПЛ проведены работы по обеспечению функционирования ВХЛПТ-Р на базе ОАО «Амурский судостроительный завод» в следующем объеме:

- шеф-монтажные работы;
- проверка изделия при анализе проб КПС;
- восполнение комплектности по результатам регулировочно-сдаточных работ и испытаний.

В порядке оказания услуг и внедрения разработок института в атомной и тепловой энергетике специалистами ОХТМИ в 2007 году выполнены следующие работы:

- обеспечено техническое сопровождение эксплуатации ионных хроматографов «Стайер» на Ростовской и Кольской АЭС;
- в рамках государственного контракта проведена эффективная подготовка воды для питания котлов и тепловых сетей Ленинградской области с разработкой способов защиты котельного оборудования и внутридомовых систем отопления и горячего водоснабжения от отложений;
- на основе имеющегося в НИТИ опыта применения технологии высокоградиентной магнитной фильтрации разработан магнитный фильтр производительностью до 300 м³/час для высокотемпературной очистки оборудования тепловых сетей и внутридомовых систем от продуктов коррозии и проведены его сертификационные испытания. Такой фильтр смонтирован на муниципальной котельной в пос. Сельцо Волосовского района Ленинградской области.

Специалистами ОХТМИ В.Н.Епимаховым, Е.Б. Панкиной, М.П. Глухой, М.С. Олейником совместно с сотрудником ЛСК «Радон» А.А. Игнатовым в 2007 году завершена работа по анализу геологической ситуации в местах размещения хранилищ радиоактивных отходов Ленспецкомбината «Радон».

Основной объём накопленных на ЛСК отходов составляют РАО низкой и средней категории активности.

Опыт эксплуатации хранилищ РАО показывает, что основной радиационной нагрузке подвергаются грунтовые и подземные воды. В процессе многолетней эксплуатации отдельных приповерхностных хранилищ ТРО выявлен факт делокализации радионуклидов в четвертичный водоносный горизонт. Имеются единичные данные о подтверждении вертикальной миграции трития вблизи периметра хранилищ ТРО в глубинный Ломоносовский водоносный горизонт. С 1986 по 2002 годы проводился сбор и анализ данных радиационного мониторинга грунтовых вод на промышленной площадке ЛСК.

Для прогнозирования радиационной обстановки на территории промплощадки института и за ее пределами накоплена база данных радиохимического анализа проб грунтовых вод из сети наблюдательных скважин за период с 2002 по 2006 годы. Результаты анализа позволяют сделать следующие выводы. С 1996 года наблюдается стабилизация активности радионуклидов после ее снижения, который был характерен для всех скважин в период 1990...1995 гг. Данные радиационного мониторинга грунтовых вод на территории ЛСК «Радон» за 2006 год подтверждают полученную ранее информацию о различном уровне активности и соотношении радионуклидов в воде скважин в непосредственной близости от хранилищ ТРО.

На основании развернутых систематических исследований можно констатировать, что загрязнение грунтовых вод наблюдается только вблизи хранилищ ЛСК «Радон». По сравнению с периодом 90-х годов уровень загрязненности значительно снизился. При миграции радионуклидов от хранилищ происходит существенное снижение концентраций за счет процессов разбавления и сорбции радионуклидов на грунтах.

В июле 2007 г. в рамках химического сопровождения эксплуатации ЯЭУ тяжелого атомного ракетного крейсера (ТАРКр) «Петр Великий» специалистами ОХТМИ проведено обследование состояния оборудования вторых и третьих контуров ЯЭУ реактора. Всего выполнено 597 анализов и измерений.

В процессе обследования контурного оборудования носового и кормового эшелонов ТАРКр проведена проверка межконтурной плотности теплообменников первых – третьих контуров обоих эшелонов. С использованием аппаратуры передвижной лаборатории физико-химической диагностики в пробах обнаружен и измерен тритий. Исходя из соотношения содержания трития в воде первых контуров и в баках ЖВЗ, а также с учетом водообмена в третьих контурах суммарный размер протечек реакторной воды в третий контур ЯЭУ носового и кормового эшелонов оценивается величинами от 5 до 20 литров, что позволяет продол-

жать эксплуатацию оборудования на мощности без ограничений и без проведения ремонтных работ. Обследованием фактического состояния парогенераторов носового и кормового эшелонов ухудшения коррозионной обстановки не обнаружено.

Результаты химического анализа проб воды и ионитов свидетельствуют о том, что эксплуатация контурного оборудования ЯЭУ на ТАРКр «Петр Великий» обеспечивается в строгом соответствии с требованиями отраслевых стандартов и технической документации, при этом рекомендовано расчётный проектный ресурс работы шихты в фильтрах вторых контуров привести в соответствие с фактически наблюдаемым, т.е. снизить вдвое и внести соответствующие изменения в эксплуатационную документацию. Исполнителями проведённой работы являлись В.Я. Бредихин, А.А. Змитродан, А.А. Петухов.

Основная деятельность коллектива ОХТМИ в 2008 году была направлена на обеспечение первого этапа испытаний стендового комплекса. В полном объёме был организован оперативный химический и радиохимический контроль технологических сред и теплоносителя. По окончании испытаний коллективу ОХТМИ, привлечённому к организации и проведению оперативного контроля, от имени межведомственной комиссии и совета главных конструкторов выражена глубокая признательность и благодарность.

Изготовлены и внедрены в практику технологического химического контроля на стендовом комплексе два устройства для измерения микроконцентраций хлорид-ионов в водных технологических средах «рСl-метр-011 АМ» с микропроцессорным управлением и контролем стадий анализа. Изготовлены три таких же устройства для дооснащения лабораторий химико-технологического контроля.

Обеспечены изготовление, наладка и испытания системы газового контроля стенда КМС НИТИ.

В порядке оказания услуг и внедрения разработок НИТИ в атомной и тепловой энергетике ОХТМИ выполнены следующие работы:

- изготовлен и поставлен на Смоленскую АЭС хлоридомер «рСl-метр 11»;
- на Нововоронежской АЭС внедрена технология дезактивации первого контура ВВЭР-440;
- продолжены работы по авторскому надзору при эксплуатации АСРК первого и второго энергоблоков Тяньваньской АЭС в Китае.

В 2008 году завершен анализ отработанной шихты ионообменных фильтров блоков очистки и расхолаживания (БОиР) № 1 и 2 и проведено обобщение результатов исследований водного режима первого контура стенда КВ-1 за предыдущие 12 лет его эксплуатации. Результаты анализа технологических сред показали, что качество теплоносителя первого контура в третьей кампании испытаний активной зоны при работе реактора на энергетических уровнях мощности всегда соответствовало требованиям отраслевого стандарта ОСТ В95.823-95. Для увеличения ресурса работы активной зоны водородный показатель теплоносителя в третьей кампании испытаний поддерживался на уровне не ниже 10 ед. рН. С этой

целью перед каждым вводом реактора в действие в теплоноситель периодически вводился водный раствор аммиака, чтобы исходная его концентрация в реакторной воде была не ниже 30 мг/кг. В конечном итоге удалось создать концентрацию водорода в рабочем газе баллонов ГВД на уровне 1,0...1,5 % объёмных и тем самым достичь состояния автоматического поддержания концентрации аммиака в теплоносителе в середине диапазона нормирования.

Исходя из результатов накопления долгоживущих радионуклидов на ионообменных фильтрах БОиР, сделан вывод о возможности эксплуатации первого контура ЯЭУ стенда КВ-1 на мощности с отключенными ионообменными фильтрами и необходимости вводить их в действие только на расхоленном реакторе после окончания каждого цикла испытаний. При этом согласно расчету можно полагать, что одноразовой загрузки ионообменных фильтров БОиР № 1 и 2 будет достаточно для поддержания водно-химического режима первого контура в течение всей кампании испытаний активной зоны реактора.

Специалистами ОХТМИ в 2009 году проводилось комплексное радиационное обследование промплощадки опытного завода ФГУП РНЦ «Прикладная химия». На этом заводе в течение длительного времени вопросы хранения и переработки радиоактивных отходов либо не решались совсем, либо принимались решения с отступлениями от принятых в атомной промышленности норм и правил. Несмотря на продолжающееся производство радиоактивной продукции, не проводились обновление и модернизация основных фондов, не выполнялся необходимый объём ремонтных работ.

В связи с острой необходимостью выпуска изотопной продукции было принято решение о реабилитации данного радиохимического производства. Для определения основных направлений разработки технических решений о реабилитации производственных объектов и территории опытного завода, а также для оценки стоимости работ необходимы были объективные данные по существующей радиационной обстановке и инженерному состоянию оборудования и сооружений объекта.

По номенклатуре, объёму и методике проведения работ выполнены два комплекса радиологических исследований по оценке состояния:

- территории (почв и грунтовых вод);
- помещений, зданий и сооружений.

По результатам проведенных замеров мощности амбиентной дозы гамма-излучения выявлено значительное количество участков радиоактивного загрязнения почв территории с различными уровнями превышения естественного фона. Дано их описание, радиационные характеристики, размеры и площадь. Глубина проникновения радионуклидов в грунт в основном не превышает 10 см, в отдельных местах достигает 30 см.

Даны предложения по обращению с загрязненными грунтами, объём которых может составлять примерно 870 м³.

Загрязнения отмечены во многих помещениях обследованных зданий.

Основную номенклатуру загрязненного оборудования, подлежащего демонтажу, составили баки, трубопроводы и арматура общим весом 38 т.

Результаты, полученные в ходе комплексного радиационного обследования территории, зданий и сооружений опытного завода ФГУП РНЦ «Прикладная химия», послужили основанием для принятия проектных решений по реконструкции производства и обращению с радиоактивными отходами, образующимися в процессе проведения работ по реабилитации.

Исполнителями проведенной работы являлись А.М. Алешин, Б.А. Гусев, В.Ф. Дегтев, В.В. Жернильский, В.В. Кобеков, М.И. Коньшин.



Дёгтев В.Ф.



Жернильский В.В.



Коньшин М.И.

Выпущен первый официальный отчёт по экологической безопасности за 2008 год. Отчёт признан одним из лучших в отрасли по полноте и качеству представленных материалов.

Основная задача коллектива ОХТМИ в 2010 году состояла в обеспечении подготовительных работ к проведению испытаний на стендах КВ-1 и КВ-2.

Особенно важными были лабораторные испытания образцов ионообменных материалов катионита и анионита.

В связи с прекращением производства в России ионообменных материалов ядерного класса катионита КУ-2-8чС, анионита АВ-17-8чС и термостойкого анионита АВ-17Тч в отрасли сложилась критическая ситуация с обеспечением ионитами фильтров основных и вспомогательных систем реакторных установок. Единственным выходом из сложившейся ситуации было использование ионитов зарубежного производства.

На атомных электростанциях переход на импортные сорбенты прошел без особых сложностей, так как в системах АЭС используются фильтры с отдельной загрузкой ионитов, и условия эксплуатации ионообменных фильтров реакторных систем на отечественных и зарубежных АЭС примерно одинаковы.

На малогабаритных реакторах ситуация значительно сложнее. На корабельных ЯЭУ и наземных стендах-прототипах, к которым относится стенд КВ-1, в первом, втором и третьем контуре реакторной установки используются не подлежащие регенерации фильтры смешанного действия, работающие при более вы-

соких скоростях фильтрации и большей температуре.

Формально вопрос использования импортных анионитов на корабельных ЯЭУ вроде бы был решен. ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова в 1993 году разработал и ввел в действие руководящий документ «Материалы загрузочные для судовых ионитных фильтров. Марки и технические требования». Этим руководящим документом было рекомендовано использовать на кораблях зарубежные ионообменные материалы нескольких марок. Но в этом же руководящем документе поясняется, что «номенклатура загрузочных материалов, способы и схемы их применения в системах очистки и подготовки воды должны выбираться исходя из принятого водного режима, требований к качеству воды и составу основного оборудования». Поэтому на практике рекомендации руководящего документа на АПЛ и надводных кораблях с ЯЭУ не были реализованы.

Для решения задачи оптимальной загрузки штатных фильтров ЯЭУ стенда КВ-1 в ОХТМИ проведены лабораторные испытания 21 образца различных партий 8 различных типов импортных сорбентов. Были выработаны дополнительные требования к импортным сорбентам по осмотической стабильности, термической стойкости и вымыванию органики и, таким образом, обоснован выбор ионитов ядерного класса типа Амберлит и Дауэкс.

В конечном итоге в НИТИ на период эксплуатации стенда КВ-1 в кампании 3+ приняты окончательные решения:

- фильтры БОИР № 1 и 2 загрузить смешанной шихтой, состоящей из катионита Дауэкс в H^+ форме и анионита Дауэкс в OH^- форме;
- фильтр третьего контура загрузить такой же шихтой;
- фильтры КПС загрузить смешанной шихтой, состоящей из катионита Амберлит в H^+ форме и анионита Амберлит в OH^- форме.

Разработка обоснованных рекомендаций по выбору ионитов и технологии загрузки фильтров ЯЭУ стенда КВ-1 импортными ионитами сняла одну из острых проблем подготовки стенда к началу испытаний в кампании 3+.

В 2010 году было завершено изготовление водно-химической лаборатории приборного типа для модернизируемой АПЛ на заводе «Звездочка».

На Белоярской АЭС проведены пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию модернизированной автоматизированной системы радиационного контроля 3-го энергоблока.

Выполнены работы по гарантийному обслуживанию и послеремонтному сопровождению эксплуатации АСРК 1-го и 2-го энергоблоков Тяньваньской АЭС в Китае. Для строящихся 3-го и 4-го энергоблоков подготовлены предложения по разработке, проектированию и созданию новых систем АСРК для этих энергоблоков.

Завершена разработка рабочей документации и проведена сертификация стационарного обнаружителя взрывчатых веществ «ЧУБ», предназначенного для решения очень важной проблемы борьбы с террористическими группировками. «ЧУБ» спо-

собен обнаружить следовые количества взрывчатых веществ на пальцах рук человека, проходящего через КПП предприятия, транспортного узла, пограничного пункта. При обнаружении взрывчатых веществ «ЧУБ» подает свето-звуковой сигнал оповещения контролеру КПП с одновременной выдачей сигнала «тревога» на ЦПУ системы физической защиты. «ЧУБ» позволяет обнаружить следовые количества взрывчатых веществ типа гексогена, октогена, тетрила и нитроцеллюлозных порохов.

Среднее время контроля не превышает 6 секунд.

В ходе 1-го этапа испытаний стендового комплекса отбор проб от систем первого контура осуществлялся с использованием технических средств защитной камеры. Основной анализ проб выполнялся в лаборатории, при этом имелась возможность контроля некоторых показателей непосредственно в защитной камере с помощью автоматизированной системы химического контроля (АСХК). Результаты первого этапа испытаний показали, что в случае возникновения высокой радиоактивности теплоносителя имеющиеся дозиметрические установки и механические блокировки не позволят извлечь пробу из защитной камеры. В этой ситуации, естественно, лабораторный анализ будет невозможен. На основании этого специалистами ОХТМИ было принято решение о применении дистанционного автоматизированного химического контроля в защитной камере, который обеспечил бы контроль полного перечня контролируемых и исследовательских параметров первого контура.

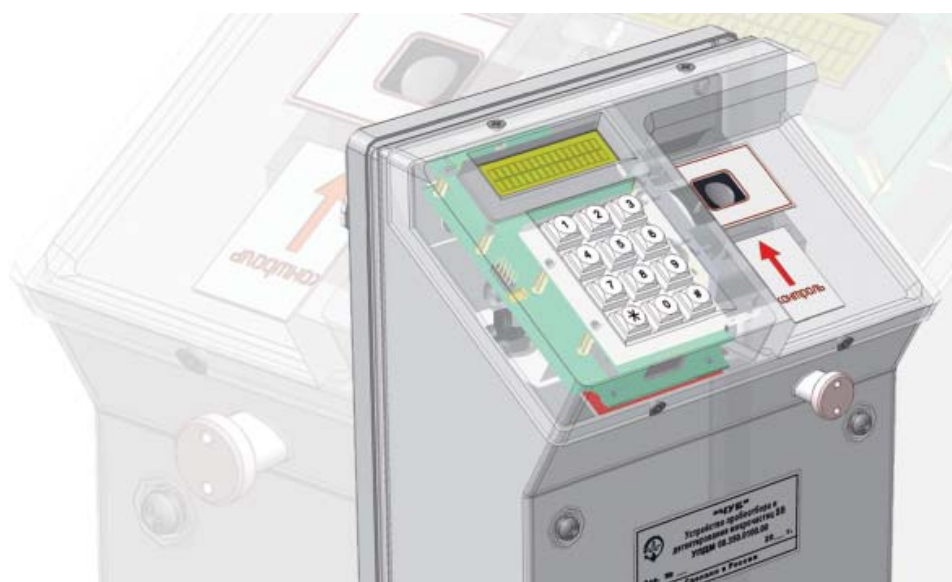
Для реализации принятых решений потребовалось выполнение работ по нескольким направлениям, включающим оснащение защитной камеры дополнительными техническими средствами обращения с пробами, дооснащение АСХК средствами контроля, изготовление дополнительной оснастки и пр. Эти работы выполнялись с 2008 по 2010 год, при этом получены следующие результаты:

- впервые в практике отечественной атомной промышленности реализован контроль химических параметров технологических сред ионохроматографическим методом непосредственно на пробоотборных линиях. Это дало возможность выполнения анализа проб, которые не могут быть доставлены в лабораторию из-за высокой удельной активности, при этом, следовательно, снизились дозовые нагрузки на персонал и стало более оперативным и представительным выполнение анализов;
- разработана и изготовлена линия проточного анализа водных проб, подключенная непосредственно к пробоотборным линиям и позволяющая производить контроль основных и вспомогательных показателей технологических сред первого контура в процессе пробоотбора;
- разработано и изготовлено устройство, позволяющее производить прецизионную дозировку и разбавление высокоактивных проб. Управление устройством осуществляется с помощью АРМ оператора пробоотбора, что в значительной мере обеспечивает безопасность персонала;
- разработана и изготовлена система видеонаблюдения в защитной камере, которая позволяет обеспечить визуальный контроль над технологическим

- процессом обращения с высокоактивными пробами;
- разработано и введено в эксплуатацию специальное программное обеспечение АРМ оператора пробоотбора, с помощью которого производится управление потоками пробы в пробоотборных и аналитических гидравлических линиях, отображение на мнемосхеме пути движения пробы и промывочной воды, управление устройством фасовки высокоактивных проб, регистрация и обработка информации с проточных датчиков, учет образующихся ЖРО, ведение журнала процедур отбора проб, архивация полученных данных.

Реализованные технические решения обеспечивают дальнейшее развитие дистанционного автоматизированного химического контроля в защитной камере.

В 2012 году предусмотрено изготовление партии обнаружителей взрывчатых веществ «ЧУБ» для поставки их заинтересованным организациям.



Обнаружитель «ЧУБ» сертифицирован:

в системе ГОСТ Р
№ РОСС RU.OC02.H00700;
в системе ОИТ
№РОСС RU.0001.01A300.47.10.0849.



**На Обнаружитель «ЧУБ» имеется
4 патента РФ.**

Патентовладелец:



“НИТИ” ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
имени А.П. Александрова”



ОТДЕЛ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ОНФИ)

В 2001 году отделом нейтронно-физических исследований переданы ЛАЭС программные средства расчётного сопровождения эксплуатации активных зон энергоблоков ЛАЭС для расчётов количеств целевых нуклидов (прежде всего ^{60}Co), нарабатываемых в загруженных облучательных устройствах (ОУ). Расчётное сопровождение производства кобальта стало неотъемлемой частью технологической цепочки облучения ^{59}Co и получения ^{60}Co . С помощью расчётной модели:

- оценивается время, количество и активность накопленного кобальта для различных конструкций облучательных устройств;
- контролируется текущая активность кобальта в ОУ;
- принимается решение о выгрузке ОУ с активностью, удовлетворяющей требованиям заказчика;
- рассчитывается высотное распределение активности кобальта, что позволяет заранее планировать последовательность разборки ОУ и загрузки ампул в транспортный контейнер.

Основными исполнителями этой работы являлись А.В. Ельшин, В.Г. Артёмов, А.С. Иванов, А.В. Пискарёв, А.С. Карпов, Ю.П. Шемаев.

В 2002 году для создания метрологического обеспечения аппаратуры, используемой при проведении нейтронно-физических измерений на стендах-прототипах ЯЭУ, отделом завершена работа по сертификации калибратора постоянного тока (КПТ-01). Получен сертификат об утверждении типа средств измерений на этот прибор. Наибольший вклад в эту работу внесли В.Ф. Борисов, С.А. Гутов, В.В. Малохатка.



Карпов А.С.



Пискарёв А.В.



Шемаев Ю.П.



Малохатка В.В.

Находилась в стадии завершения разработка расчетной методики и основные работы по программным средствам контроля и учета количества ядерных материалов в отработавших тепловыделяющих сборках на ЛАЭС. Реализующие эту методику программные средства (попутно они вычисляют и остаточное энерговыделение в топливе) «привязаны» к базе данных (БД) ЛАЭС по учету и контролю движения топлива на станции и представлены в виде серверного приложения БД ORACLE. В процессе опытной эксплуатации переданной на ЛАЭС разработки добавлялись новые функциональные и расчетные возможности программных средств. Основные исполнители В.К. Сергеев, А.С. Иванов, А.В. Ельшин.

В 2002 году ОНФИ разработал расчетно-экспериментальную методику (с применением импульсного источника нейтронов) контроля подкритичности в бассейнах выдержки (БВ) хранилища отработавшего ядерного топлива ЛАЭС. Подготовлен верификационный отчет для аттестации в Ростехнадзоре программных средств, входящих в методику. Работу выполняли В.Г.Артемов, Р.Э. Зинатуллин, А.В. Пискарев.

В 2003 году была разработана система контроля подкритичности реактора РБМК. Проведены приемо-сдаточные испытания системы на втором блоке ЛАЭС. Полученные результаты испытаний подтвердили характеристики системы, заложенные в ТЗ. Основные исполнители В.Ф. Борисов, В.В. Малохатка.

Аттестованная в Ростехнадзоре программа САПФИР-95 была передана для использования в НИИАР, НИКИЭТ, РНЦ КИ, ИПБ РАЭ РАН, АЭП (г. Москва), ЛАЭС.

Одной из важных задач, связанных с эксплуатацией атомных электростанций, является обеспечение безопасного хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). В хранилищах ОЯТ Ленинградской атомной электростанции к 2004 году находилось на хранении более 25 000 ОТВС с начальным обогащением 1,8 % и 2,0 %.

С переводом ЛАЭС на использование более обогащенного топлива одной из задач продления срока службы станции являлось обеспечение требований ядерной безопасности при уплотненном размещении в хранилище ОЯТ дополнительных партий ОТВС. Для этого в ХОЯТ должны быть реализованы схемы размещения отработавшего топлива, исключающие возможность скопления в отдельных областях хранилища недовыгоревших ОТВС с высокими размножающими свойствами.

Перед ОНФИ была поставлена задача разработать комплекс программ САПФИР_95 & RS-ХОЯТ, который, в сочетании с импульсной методикой измерения постоянной спада нейтронного потока, позволял бы контролировать подкритичность в бассейнах выдержки ХОЯТ.

Поставленная задача была успешно решена специалистами отдела. Комплекс САПФИР_95 & RS-ХОЯТ на основе расчета коэффициента размножения в нормальных условиях эксплуатации и при постулируемых аварийных ситуациях обеспечил выполнение следующих операций:

- оперативный контроль подкритичности в БВ ХОЯТ;

- определение отдельных фрагментов БВ с наибольшими размножающими свойствами для принятия соответствующих мер по обеспечению требований ядерной безопасности;
- обоснование новых схем уплотненного размещения ОТВС, исключающих возможность скопления ОТВС с малой глубиной выгорания топлива;
- прогнозирование изменения размножающих свойств БВ ХОЯТ при размещении в них ОТВС, а также при размещении в БВ новых партий ОТВС.

Основными исполнителями указанной работы являлись В.Г. Артемов, А.В. Пискарев, А.С. Иванов.

В 2006 году доработана и оформлена концепция мониторинга нейтронно-физических условий испытаний элементов активных зон на полномасштабных стендах-прототипах корабельных ЯЭУ. Основным инициатором концепции и разработчиком мониторинга нейтронно-физических характеристик на стендах НИТИ являлся кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией Петр Витальевич Писарев. К сожалению, он после тяжелой болезни рано ушел из жизни, поэтому все основополагающие выводы и рекомендации мониторинга были оформлены и подготовлены к печати его коллегами по работе А.В. Ельшиным, В.В. Рассказовым, В.П. Хариним.



Рассказов В.В.



Харин В.П.

Характер решаемых на стендах-прототипах задач определяет требования к накоплению и анализу информации системы внутриреакторного контроля (ВРК) и позволяет сформулировать цель внутриреакторных исследований. Разнообразие информации, получаемой от системы ВРК, дает возможность оперативного выявления отклонений от условий безопасной работы испытываемых нестандартных изделий и установки в целом. Для этого необходимы непрерывный сбор и обработка информации. Непрерывный мониторинг локальных характеристик, осуществляемый системой ВРК, дополняет возможности других систем контроля и управления установкой.

Основными требованиями к технологии сбора и анализа нейтронно-физической информации в условиях стендовых испытаний активных зон является достоверность, детальность, комплектность и эффективность. В соответствии с этими требованиями цель внутриреакторных исследований на стендах-прототипах НИТИ можно сформулировать как разработку системы – истории испытаний ЯЭУ, включающей архив исходных и оцененных данных по интегральным условиям испытаний. В основе формирования истории испытаний лежит непрерывный режим регистрации всех параметров ЯЭУ. Это важно для выделения существенных, значимых условий работы с учетом временной иерархии событий, влияющих на результаты анализа.

Мониторинг нейтронно-физических и теплофизических условий испытаний на стендах КВ-1 и КВ-2 обеспечивается:

- специальной системой ВРК, которая предназначена для контроля условий испытаний составных частей активных зон;
- измерительно-вычислительным комплексом (ИВК), позволяющим фиксировать изменение в ходе испытаний большого числа параметров ЯЭУ с различными частотами регистрации.

Внутриреакторные измерения с использованием ВРК дополняются измерениями с помощью активационных индикаторов, расположенных в сухих гильзах, обеспечивающих доступ внутрь активных зон. Для испытаний ЯЭУ характерно осуществление большого числа маневров. Мониторинг позволяет регистрировать все события, имевшие место в процессе испытаний, важные для интерпретации результатов.

Следует отметить, что автоматизация сбора и обработки информации не только ускорила ее обработку, но и повысила точность определения основных параметров, таких как энерговыработка установки, за счет корректного учета изменения параметров при маневрах мощности.

Важным аспектом в технологии мониторинга нейтронно-физических характеристик является этап входного контроля свежих ТВС (гамма-сканирование ТВС), позволяющий учесть заводские допуски на границы и распределение топлива по высоте твэла. Результаты входного контроля ТВС использовались в расчетной модели реактора стенда КВ-1.

На завершающем этапе технологической цепочки мониторинга необходимо проводить гамма-сканирование ОТВС, позволяющее определить фактическое распределение накопления осколков деления в каждой ОТВС и по всему объему активной зоны в целом. Эти данные позволяют провести прямое сопоставление результатов испытаний с данными расчетного сопровождения испытаний ЯЭУ.

Специалистами ОНФИ (В.П. Даниленко, Н.В. Ельшиной) и ОГК СКУ АЭС (В.Г. Михалицыным, Е.А. Ключниковым, А.А. Чертковым) в период 2006...2007 г.г. совместно с ГНЦ РФ ФЭИ и ООО «Флоу-Спектр» (г. Обнинск), а также ООО «ТИМ» (г. Санкт-Петербург) был выполнен комплекс работ по созданию автоматизированной системы научных исследований (АСНИ) на стенде аварийной защиты парогенератора ПГН-272 для реакторной установки типа БН-800. Областью ответственности НИТИ являлась разработка общесистемных решений, математического и программного обеспечения АСНИ. Автоматизированная система научных исследований предназначена для автоматизации процесса разработки и отладки алгоритмов управления и защиты парогенератора «натрий-вода» на натурном стенде, включающем в себя прототип парогенератора ПГН-272 для реакторной установки. Разрабатываемые алгоритмы предназначены для решения научно-технических задач обеспечения безопасности парогенератора «натрий-вода» и создания высокоэффективной системы автоматической защиты парогенератора, входящей в АСУ ТП энергоблока с реакторной установкой типа БН-800.

ОТДЕЛ ГЛАВНОГО КОНСТРУКТОРА СКУ АЭС



*Михалицын В.Г.
Начальник ОГК СКУ АЭС*

В 2001 году для обеспечения выполнения договора на создание АСРК отделом главного конструктора СКУ АЭС выполнен комплекс работ по анализу технологических функций энергоблока с ВВЭР-1000 для Тяньваньской АЭС, реализуемых с блочного пункта управления (БПУ). Работа была выполнена в соответствии с рекомендациями МЭК 60964 и дополнений к этому документу, что являлось базой для верификации БПУ и разработки человеко-машинного интерфейса пунктов управления Тяньваньской АЭС (системы видеокадров, панелей резервного пульта управления и т.д.), а также как составная часть материалов в обоснование безопасности энергоблока. Основными исполнителями этой работы являлись Ю.Н. Кудицкий, Е.А. Смоленцев, В.Г. Михалицын, И.Н. Сергеева, Л.Л. Карабутова.

Совместно с ОДИ и ОАО «Новая Эра» специалисты отдела приступили к разработке дисплейного пульта контроля и управления, специально предназначенного для использования в условиях АЭС.

В 2003 году проведен комплекс работ по функциональному анализу АЭС, технологических функций БПУ Тяньваньской АЭС (Китай), реализуемых с блочного пункта управления. Работа выполнена в соответствии с рекомендациями МЭК 60964. Результаты данной работы явились базой для разработки человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) БПУ Тяньваньской АЭС (системы видеокадров, панелей резервного пульта управления и т.п.), а также как составная часть материалов в обоснование безопасности энергоблока и вошли в состав окончательного отчета по обоснованию безопасности Тяньваньской АЭС. Основными исполнителями работы являлись Ю.Н. Кудицкий, В.Г. Михалицын, Е.А. Смоленцев, А.А. Сидорчук, Е.М. Лукьянов и др.

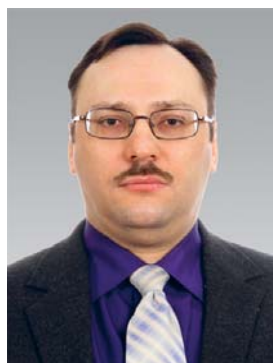
Была разработана комплексная система видеокадров для автоматизированных рабочих мест операторов БПУ Тяньваньской АЭС – реакторной и турбинной установок. В состав системы вошли обобщенные и детальные технологические видеокадры управления («мнемосхемы»), информационные видеокадры для контроля режимов работы энергоблока («режимные» видеокадры), а также протоколы (оперативные отчетные документы). Разработанные системы видеокадров (около 500 шт.) и протоколы реализованы на БПУ Тяньваньской АЭС в рамках основной системы верхнего блочного уровня – системы OM690 фирмы SYEMENS. Таким образом, впервые в России был разработан полный пакет проектных решений для ЧМИ БПУ АЭС. Основными исполнителями этой работы являлись Ю.Н. Кудицкий, Е.А. Смоленцев, В.Г. Михалицын, А.А. Сидорчук, В.Л. Горбатюк.

В 2004 г. отдел главного конструктора СКУ АЭС совместно со специалистами СПб АЭП, РНЦ «Курчатовский институт» и ОКБ «ГИДРОПРЕСС» в основном завершил работы по проектированию, тестированию и вводу в эксплуатацию системы представления параметров безопасности (СППБ) для энергоблока № 1 Тяньваньской АЭС с реакторной установкой ВВЭР-1000. Разработка СППБ базировалась на требованиях МЭК 60960.

Интегрированная в АСУ ТП система представления параметров безопасности с учетом требований МАГАТЭ, МЭК и возможностей цифровых программно-технических средств впервые разработана в Российской Федерации



Кудицкий Ю.Н.



Лукьянов Е.М.



Сидорчук А.А.



Сергеева И.Н.

СППБ представляла собой обособленный комплекс информационных средств (видеокадров, пиктограмм и т.п.), отображающих информацию о состоянии безопасности энергоблока, интегрированных в поставляемую фирмой Siemens систему верхнего блочного уровня – ОМ 690, и в подсистему верхнего уровня, разработанную РНЦ «КИ». Таким образом, СППБ является частью человеко-машинного интерфейса операторов БПУ, начальника смены АЭС, административного персонала АЭС.

Разработанная система по своим функциям значительно перекрывает требования по представлению параметров безопасности МЭК 60964. Система реализует функции предварительной обработки и обобщения информации, относящейся к оперативному контролю безопасности, представляет возможность быстрой навигации (перехода) к необходимым технологическим и информационным видеокадрам ОМ690, содержащим детальную информацию о состоянии и режимах работы систем нормальной эксплуатации важных для безопасности и систем безопасности. При этом значительно снижается нагрузка на персонал в аварийных ситуациях.

Основными исполнителями работы являлись Ю.Н. Кудицкий, В.Г. Михалицын, Е.А. Смоленцев, И.Н. Сергеева, С.В. Батанина.

Для расширения информационной поддержки персонала блочного пункта управления, в том числе при нарушениях пределов и условий безопасной эксплуатации, было реализовано динамическое представление информации о выполнении автоматических защитных действий. Разработка велась на основе проектного документа «Описание функций безопасности» (так называемого LEFU), сформированного кооперацией предприятий в составе ОКБ «ГИДРОПРЕСС», СПб АЭП, РНЦ «Курчатовский институт», Framatom ANP, Siemens.

В 2007 году в ОГК СКУ АЭС был создан внутренний информационный портал НИТИ, на основе которого развиваются электронный архив института, электронные архивы структурных подразделений, а также области совместной работы специалистов НИТИ при выполнении различных проектов (исполнители В.С. Батанин, Е.В. Кравец).

В 2008 г. специалистами отдела выполнена разработка, поставка и наладка специального программного обеспечения (СПО) для системы контроля и управления стенда испытаний газовых турбин в ОАО «Силовые машины» – филиале Ленинградского металлического завода. Стенд предназначен для проведения исследовательских измерений при испытаниях узлов камеры сгорания, лопаток и других элементов газовых турбин. Система контроля и управления стенда, а также другие системы автоматизации (система управления турелью, система управления клапанами продувки) реализованы заказчиком с использованием контроллеров серии I-8000 (фирмы JCP DAS) в качестве устройств сопряжения с объектом и промыш-



Батанин В.С.

ленных компьютеров в качестве серверов системы и автоматизированных рабочих мест (АРМ) оператора. В качестве инструментального программного обеспечения для реализации АРМ оператора заказчиком был выбран пакет Lab View.

При разработке СПО была поставлена задача получения типовых конфигурируемых программных модулей (пакетов), что позволило бы в дальнейшем снизить затраты на модернизацию и развитие системы (добавление каналов контроля и управления, увеличение вычислительных мощностей, создание и включение в систему дополнительных подсистем, реализованных на аналогичных технических средствах и т.д.).

В результате разработки создан комплект типовых модулей универсального специального программного обеспечения, который может быть использован как инструмент для разработки небольших систем контроля и управления технологическим оборудованием испытательных стендов, других подобных технологических объектов. Модульность и возможности конфигурирования полученного типового программного обеспечения позволяют сократить сроки создания новых систем контроля и управления, а также развития существующих СКУ.

С разработкой и внедрением СКУ стенда решена важная практическая задача обеспечения экспериментальных исследований на современном техническом уровне, со значительной степенью автоматизации управления, удобным пользовательским интерфейсом, с возможностью оперативной перенастройки задач контроля и управления стендом согласно целям и задачам проводимых экспериментов.

Специалисты ОГК СКУ АЭС В.И. Быковский, С.С. Фомин, С.В. Харитон-



Быковский В.И.



Фомин С.С.



Харитонцев С.В.



Чертков А.А.

цев, А.А. Чертков совместно с ООО «Альбатрос» выполнили разработку, испытания и поставку комплекса управления движением корабля.

Комплекс является модульным и подразделяется на два уровня. К верхнему уровню относятся: контроллер верхнего уровня, дисплей, панель управления, а также указатели положения рулей. К нижнему уровню относятся: контроллер нижнего уровня и датчики положения рулей.

Комплекс обеспечивает управление движением корабля в автоматическом

режиме по заданному курсу, в автоматическом режиме от штурвала и в ручном режиме от органов управления (кнопок) на панели управления.

Комплекс управления движением прошел испытания в соответствии с техническими условиями и приемку Морского регистра РФ.

В 2007...2008 гг. осуществлена поставка комплексов управления движением на вновь вводимые корабли: два комплекса на гидрографические суда и один комплекс на пожарный катер. Все поставленное оборудование успешно прошло ходовые испытания и введено в эксплуатацию.

В результате разработки сформирован типовой комплект оборудования и специального программного обеспечения, позволяющий организовать на его базе комплексы управления движением для кораблей различного назначения – от низкоскоростных гидрографических кораблей до высокоскоростных катеров.

В 2009 году специалисты отдела совместно с ООО «НПП Альбатрос» выполнили разработку унифицированного комплекса «Пеленг АР», предназначенного для дистанционного автоматизированного или автоматического управления одной или двумя рулевыми машинами судна и стабилизации курса, устанавливаемого «вручную» или автоматически по сигналам от навигационного комплекса.

Областью применения комплекса являются суда различного назначения (военные корабли, суда гидрографии и т. д.).

В результате выполненных работ сконструирован и поставлен на производство унифицированный комплекс «Пеленг АР» нового поколения, базирующийся на современных технических средствах и типовых технических решениях.

Новый комплекс поставлен на два судна с различным составом рулевых машин.

В течение 2008...2009 гг. было изготовлено уже пять таких комплексов на суда различного назначения.

С целью унификации программно-технических решений в 2009 году осуществлена модернизация комплекса, и НИТИ совместно с ООО «НПО Альбатрос» стал поставлять модернизированные комплексы «Пеленг АР».

За 2010 год изготовлено и поставлено восемь комплексов «Пеленг АР». Комплексы прошли приемо-сдаточные испытания в НИТИ и на испытательном стенде ООО «Электроприбор». Четыре комплекса прошли также швартовные, ходовые, государственные испытания на соответствующих судах.

Комплексы поставляются для судостроительных заводов Санкт-Петербурга (завод «Алмаз», Средне-Невский судостроительный завод), г. Астрахани (завод «Звездочка»), г. Владивостока (завод «Восточная верфь»), пос. Навашино (завод «Окская судовой верфь»), г. Рыбинска (завод «Вымпел»). Комплексы поставляются также и для зарубежных стран: Словения, Вьетнам, Туркмения.

Все технические характеристики комплекса «Пеленг АР» подтверждены соответствующими испытаниями согласно требованиям технических условий и правилам Российского Морского Регистра.

В создании комплекса принимали непосредственное участие специалисты отдела В.И. Быковский, С.В. Васильев, О.В. Осипенко, Г.В. Терещенко.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



*Ильин В.Г.
Начальник ЭОРБ*

В 2004 г. экспериментальным отделом радиационной безопасности (ЭОРБ) с привлечением специалистов ОДИ создана мобильная система радиационного и технологического контроля (МСРТК-НИТИ). Система предназначалась для радиационного контроля при проведении дефектации ОТВС, а также для локальных работ на объектах ВМФ и народного хозяйства для контроля основных радиационных и технологических параметров. МСРТК-НИТИ является транспортабельной, может легко разворачиваться на объекте, стабильно работать в широком диапазоне температур и влажности, при наличии сильных вибраций, колебаний напряжения питающей сети. Результаты контроля фиксируются на электронных и бумажных носителях, а при отказе центрального компьютера отдельные элементы системы могут работать в автономном режиме.

Испытания МСРТК-НИТИ проводились в Государственном центре средств измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и ФГУП НИТИ в период с 21 мая по 21 июля 2004 г.

С учетом положительных результатов испытаний утвержден тип МСРТК-НИТИ, зарегистрированный в Государственном реестре средств измерений, а в Государственном комитете РФ по стандартизации и метрологии получен соответствующий сертификат.

Основными исполнителями работы являлись В.Г. Ильин, А.Н. Леявин, Н.М. Петров, С.В. Батраков, Г.А. Соловьев.

Отделом радиационной безопасности совместно со специалистами КЭЭР, ОХТМИ, ОНФИ и КО в 2008 году создан стенд, на котором проведены испытания автономного комплекса контроля радиоактивной следности атомных подводных лодок, разработанного ФГУП «ЦНИИ имени академика А.Н. Крылова».



Леявин А.Н.



Петров Н.М.

Для обеспечения заданных условий проведения испытаний были выполнены:

- расчеты спектрального состава нейтронного излучения на поверхности контейнера стенда КВ-2 при работе ЯЭУ на мощности;
- расчеты уровней плотности потока тепловых нейтронов на основе экспериментальных данных по измерению мощности дозы нейтронного излучения на работающей установке и распределению активационных эффектов на поверхности контейнера;
- расчет удельной активности солевого раствора за счет активации тепловыми нейтронами.

Данные расчетов послужили основой для опытно-конструкторских работ, в результате которых был спроектирован и изготовлен стенд для проведения испытаний комплекса контроля радиоактивной следности.

Контрольные измерения удельной активности рабочего раствора во время проведения испытаний стенда при работе ЯЭУ на мощности подтвердили расчетные данные и верность решений, заложенных в конструкцию стенда.

В результате проведенных испытаний были проверены и подтверждены тактико-



Мобильная система радиационного и технологического контроля (МСРТК-НИТИ)

технические и эксплуатационные характеристики опытных образцов комплекса контроля радиоактивной следности АПЛ, выданы рекомендации о возможности принятия в эксплуатацию и целесообразность его промышленного производства.

В соответствии с договором между ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» и ЗАО НПО «Энергоатоминвент» в 2008 году выполнено обследование радиационной обстановки в основных зданиях, сооружениях и на территории опытного завода ФГУП «Прикладная химия» (радиохимическое производство), сложившейся в результате многолетней эксплуатации, с целью определения видов и объёмов работ по ее нормализации.

Работа проводилась специалистами ЭОРБ и ОХТМИ, имеющими аттестаты аккредитации лаборатории на основную деятельность, дающие право выполнять для сторонних организаций работы, связанные с измерениями радиационных параметров.

В результате обследования территории промплощадки, зданий и сооружений было выявлено 28 участков радиоактивного загрязнения с различными уровнями превышения естественного фона и 185 помещений с радиоактивным загрязнением поверхностей, превышающим контрольные уровни.

Экспериментальным отделом радиационной безопасности на основании результатов контроля объёмной активности инертных радиоактивных газов в воздухе нижней аппаратной выгородке ППУ стенда КВ-1 в 2009 году проведен анализ этих результатов с целью определения регистрируемой течи теплоносителя первого контура.

На действующих транспортных реакторных установках течь теплоносителя первого контура в нижней аппаратной выгородке фиксируется по изменению параметров первого контура и позволяет идентифицировать ее на уровне не менее 70 кг/ч за время более 3 часов.

По результатам расчетного анализа показано, что непрерывная регистрация активности воздуха в нижней аппаратной выгородке позволяет определить течь теплоносителя с уровня 5 кг/ч за время примерно 2 часа. Такая система измерения активности воздуха в нижней аппаратной выгородке была реализована на стенде КВ-1. Одной из задач испытаний этой системы являлось изучение влияния изменения мощности реактора и дренирования теплоносителя первого контура на показания блоков детектирования.

Контроль объёмной активности инертных радиоактивных газов в воздухе нижней аппаратной выгородки проводился с использованием блоков детектирования штатного комплекса КМК-1.

С помощью воздухозаборной системы воздух отбирается из верхней левой части нижней аппаратной выгородки с последующим сбросом его в то же помещение.

В состав воздухозаборной системы входят отсечные клапаны, которые автоматически срабатывают при повышении давления и температуры воздуха в выгородке выше уставок. Это обеспечивает возможность непрерывного отбора воздуха из нижней аппаратной выгородки и, соответственно, контроля объёмной ак-

тивности инертных радиоактивных газов в нем.

Анализ результатов экспериментальных исследований фоновой активности в воздухе нижней аппаратной выгородки показал, что:

- при отсутствии дренажа теплоносителя первого контура его объёмная активность определяется ^{41}Ar воздуха выгородки и линейно зависит от уровня мощности реактора;
- при проведении дренажей теплоносителя первого контура параметр, характеризующий скорость выхода радионуклидов из дренируемой воды, существенно изменяется в течение 2 часов после проведения дренажа.

Система непрерывного контроля активности воздуха нижней аппаратной выгородки с использованием блока детектирования БДБГ-03 позволяет регистрировать течь теплоносителя первого контура примерно 5 кг/ч при его суммарном поступлении в объём выгородки более 5 кг, что существенно превышает эффективность контроля течи первого контура в сравнении с другими методами.

Исследования проводились сотрудниками ЭОРБ А.С. Зотовым и Ю.К. Корневым под руководством О.Н. Саранчи.

ЭОРБ в 2010 году осуществлял основные функции по контролю радиационной обстановки в зданиях стендов-прототипов ЯЭУ, на территории промплощадки института, контролю воздушных выбросов и водных сбросов, контролю выполнения персоналом требований норм и правил радиационной безопасности.

Начальник ЭОРБ В.Г. Ильин вместе с начальником ОХТМИ А.А. Ефимовым принимал участие в обследовании и разработке принципиальной схемы очистки высокоактивных ЖРО реакторного отсека АПЛ.

С учетом этих исходных данных специалистами НИТИ была разработана принципиальная технологическая схема очистки высокоактивных ЖРО реакторного отсека и выпущена пояснительная записка с описанием принципиальной схемы, основных характеристик оборудования, элементов и способов контроля, предложений по изоляции продуктов очистки. В предложенной схеме очистки учтен большой опыт работы по переработке ЖРО сложного физико-химического состава от ЯЭУ стендов-прототипов института, а также предусмотрены технические средства для локализации и удержания такого большого количества радионуклидов. Все работы по аварийной АПЛ проводятся по договору с ОАО «НИКИЭТ им. Н.А. Доллежаля».

В целях повышения информативности аппаратурно-технологического контроля состояния активной зоны ЯЭУ стенда КВ-2 специалистами ЭОРБ предложен метод, основанный на измерении фотонного излучения ИРГ, транспортируемых из газовых объёмов первого контура за пределы биологической защиты за счет конвекционных и диффузионных процессов. Предварительные расчетные оценки предлагаемого метода, выполненные специалистами НИТИ и ОАО «ОКБМ Африкантов», подтвердили его работоспособность и эффективность в условиях стенда КВ-2.

Для решения этой задачи на стенде КВ-2 были установлены: блок детектиро-

вания БДРГ-14с на поверхности теплоизоляции корпуса реактора для измерения мощности экспозиционной дозы фотонного излучения ИРГ и блок детектирования БДПН-01 в бетонной шахте на корпусе реактора для измерения плотности потока запаздывающих нейтронов из теплоносителя первого контура. Эти блоки детектирования по расчетным оценкам с учетом толщины защиты между источником излучения и детектором позволят зарегистрировать увеличение осколочной активности только на стадии развития негерметичности твэлов до открытой поверхности топливной композиции и ее контактом с теплоносителем.

Для экспериментальной проверки информативности предложенного метода специалистами ОАО «ОКБМ Африкантов» было предложено использовать существующий трубопровод третьей ветки системы подпитки-проливки, выходящий на крышку реактора.

Измерение мощности дозы фотонного излучения предложено производить с помощью наиболее чувствительного блока детектирования из состава штатного комплекса радиационного контроля стенда КВ-2 типа БДМГ-05 с монтажом дополнительной радиационной защиты от фонового излучения.

Анализ показаний БДМГ-05 в сопоставлении с данными радиохимического контроля проб теплоносителя первого контура позволит определить представительность предложенного метода в условиях стенда КВ-2 и при положительных результатах его можно рекомендовать для аппаратурного контроля состояния активных зон реакторов интегрального типа. Основным исполнителем выполненной работы являлся О.Н. Саранча.



Саранча О.Н.

В феврале 2010 года закончен монтаж и проведены пусконаладочные работы установки дозиметрической УДГ-АТ130 производства УП «АТОМТЕХ», предназначенной для проверки средств измерения фотонного излучения в широком диапазоне значений мощностей доз. Эта установка является головной среди подобных установок, и поэтому для ввода ее в промышленную эксплуатацию с соблюдением требований норм и правил, действующих в атомной энергетике, и подтверждения метрологических характеристик необходимо было провести большой объем работ для подтверждения ее соответствия этим требованиям.

Дополнительно к процедурам сертификации и аттестации необходимо было оснастить лабораторию поверки соответствующим набором технических средств, нормативной и эксплуатационной документацией с целью организации полномасштабной лаборатории поверки.

На основании свидетельства о первичной поверке и анализа документации установки УДГ-АТ130 федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии было выдано свидетельство об утверждении типа средств измерений от 26.08.2010. Этим свидетельством утвержден тип: «установка дозиме-

трическая гамма-излучения УДГ-АТ130», зарегистрированный в Государственном реестре средств измерений и допущенный к применению в Российской Федерации.

Автоматизированное рабочее место поверителя включено в локальную вычислительную сеть автоматизированной системы радиационного контроля, что позволяет в режиме «on line» отслеживать состояние средств измерения ионизирующих излучений.

Ввод в эксплуатацию лаборатории поверки средств измерения фотонного излучения с установкой УДГ-АТ130, предназначенной для измерения мощности экспозиционной дозы в диапазоне от 50,4 мкР/ч до 7524 Р/ч, позволяет проводить работы по поверке и калибровке всех средств измерения ионизирующих излучений в НИТИ во всем диапазоне измерений, а также проводить подобные работы с радиометрами и дозиметрами подразделений МЧС, обслуживающих НИТИ.

Основным исполнителем работы являлся Н.М. Петров. В работе также принимали участие И.А. Гопалов, В.Н. Сухинин, Д.Л. Рипский и другие.



Дистанционно-управляющий облучатель и калибровочный стенд установки УДГ-АТ130

НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЦЕНТР АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В августе 2001 г. заместителем министра Российской Федерации по атомной энергии Е.А. Решетниковым были утверждены новые показатели ТЭО головного энергоблока АЭС с ВВЭР-640 в составе Научно-промышленного центра атомной энергетики в г. Сосновый Бор. В решении об утверждении показателей в частности отмечалось, что «в настоящее время возросла необходимость сооружения АЭС с энергоблоком средней мощности ВВЭР-640 в России. Техно-экономические показатели проекта, с учётом применения хорошо отработанных решений по реакторным установкам типа ВВЭР, обеспечивают широкий круг потенциальных зарубежных заказчиков. В России также существует необходимость в сооружении блоков средней мощности. Строительство головного блока ВВЭР-640 на площадке НПЦ АЭ является одной из важнейших задач для обеспечения серийной реализации проекта АЭС с ВВЭР. Техно-экономические показатели проекта рассмотрены и утверждены руководством Департамента сооружения атомных объектов на совещании 22.05.2001».

Решением заместителя Министра предписывалось:

1. Рекомендовать показатели ТЭО головного энергоблока АЭС с ВВЭР-640 в составе НПЦ АЭ г. Сосновый Бор с расчётной стоимостью строительства в сумме 842411 тыс. руб. для последующего представления инвестиционного проекта.
2. НИТИ совместно с СПБАЭП обеспечить доработку проектной документации для головного энергоблока АЭС с ВВЭР-640 с учётом предложений по модернизации базового проекта, одобренных 30.10.2000 решением № 6 Научно-технического совета Санкт-Петербургского института Атомэнергопроект.
3. Принять технико-экономические показатели проекта. С целью дальнейшего улучшения ТЭО поручить СПБАЭП, ОКБ «ГИДРОПРЕСС» и РНЦ КИ провести обоснование возможности повышения мощности энергоблока на 7...10 % для серийной реализации АЭС с ВВЭР-640.

По крупномасштабному стенду (КМС) в 2002 г. продолжались общестроительные работы в объёме утвержденного пускового комплекса. При этом завершены работы по стальной защитной оболочке стенда, включая покраску гермооболочки. Выполнены огнезащитные покрытия металлических строительных конструкций здания стенда. Завершены строительно-монтажные работы по

внешним сетям пожаро-хозяйственного водопровода и хозяйственно-фекальной канализации. Выполнена предмонтажная отделка центрального зала и помещений постаментной части стенда.

В январе 2002 г. заместителем Министра РФ по атомной энергии Б.И. Нигматулиным утверждена программа экспериментальных исследований на крупномасштабном стенде. Таким образом, была завершена инициированная НИТИ большая работа по определению целей и задач экспериментальных исследований на КМС. Программа была разработана на основе предложений НИТИ, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», СПбАЭП, РНЦ «Курчатовский институт», ГНЦ ФЭИ, ОКБМ, ОЦРК и АЭП, обобщена на рабочей группе, созданной из ведущих специалистов отрасли, и одобрена на секции НТС Минатома. Определены основные задачи, для решения которых предназначается стенд КМС и которые являются актуальными для всех реакторов ВВЭР:

- экспериментальное моделирование пространственных процессов тепло-массопереноса, распространения паровоздушных смесей, водорода, газов и аэрозолей внутри контейнментов АЭС и передачи тепла к конечному поглотителю с использованием различных, в том числе и пассивных, систем отвода тепла;
- получение экспериментальных данных для верификации базовых контейнментных расчетных кодов.

К сожалению, из-за отсутствия необходимого финансирования строительства КМС эта программа не была реализована.

Подразделения института продолжали работы по созданию системы контроля и управления (ОДИ) и системы автоматизированного газового контроля среды внутри гермообъёма стенда (ОХТМИ).

На промежуточном стенде тяжелых аварий (ПСТА) велись работы по обоснованию применения устройства локализации расплава (УЛР) в бетонной шахте Тяньваньской АЭС в Китае. Проводилось расчетно-экспериментальное обоснование возможности удержания расплава кориума в корпусе реактора ВВЭР при тяжелой аварии применительно к 3-му и 4-му блокам Нововоронежской АЭС, а также 1-му и 2-му блокам Кольской АЭС.

По крупномасштабному стенду продолжались строительно-монтажные работы в объёме пускового комплекса. Были завершены работы по созданию системы автоматизированного газового контроля в объёме защитной оболочки КМС.

Продолжались работы по созданию системы ИВК-1 «АНИС КМС» пускового комплекса.

К 2004 году были выполнены большие объёмы работ по подготовке площадки к производству строительно-монтажных работ (СМР) по блоку ВВЭР-640:

- произведена вырубка леса;
- произведена вертикальная планировка площадки;
- выполнено ограждение всего периметра строительной площадки;
- начато изготовление оборудования с длительным циклом изготовления, в том

числе изготовлены все обечайки корпуса реактора (со сроком службы 60 лет) с механической обработкой и подготовкой к нанесению плакирующей наплавки;

– разработана рабочая проектная документация, обеспечивающая выполнение СМР на период более 2-х лет.

Однако, в дальнейшем в разработанной Минатомом и одобренной Правительством РФ «Стратегии развития атомной энергетики» сооружение головного энергоблока АЭС с ВВЭР-640 в г. Сосновый Бор не нашло своего продолжения. В то же время директивных указаний по приостановлению работ и отмене возложенных на НИТИ, как заказчика, обязанностей по сооружению АЭС руководством Минатома РФ выпущено не было.

В 2004 году персоналом НППЦ АЭ выполнены следующие работы:

- подготовка материалов для получения новой лицензии на сооружение АЭС. 31 марта 2004 г. институт получил лицензию ГАН РФ на сооружение энергоблока сроком действия до 01.04.2010;
- экспертиза поступающей от Генерального конструктора (ОКБ «ГИДРО-ПРЕСС») документации по техническому проекту реакторной установки;
- участие в составе делегации Минатома РФ в выставке достижений России, проводимой в честь года России в Казахстане (г. Астана), с презентацией проектов крупномасштабного стенда (КМС) и головного энергоблока АЭС с ВВЭР-640 в составе НППЦ АЭ;
- участие в разработке проекта АЭС с ВВЭР-1000 в качестве замещающих мощностей ЛАЭС.

Специалистами НППЦ АЭ совместно с ОТФИ и ОХТМИ в 2005 году проведены расчетные и экспериментальные исследования в обоснование выбора эффективности устройства локализации расплава (УЛР) для АЭС «Куданкулам» с реактором ВВЭР-1000.

На основе экспериментальных результатов по кинетике взаимодействия жертвенных материалов с расплавом кориума была разработана расчетная методика для описания процесса взаимодействия выбранной композиции оксидного жертвенного материала с металлической и оксидной фазами расплава активной зоны.

Условием неразрушения корпуса УЛР под действием термомеханических нагрузок является обеспечение запаса до разрушения, который в соответствии с деформационной моделью при однократном нагружении определяется как отношение относительного удлинения к интенсивности пластических деформаций. По результатам расчетов этот запас превышает десятикратную величину.

Наиболее опасной с точки зрения эффективности локализации расплава и, более того, целостности контейнмента является угроза образования вторичной критической массы. Для исключения этой опасности в состав оксидного жертвенного материала был включен Gd_2O_3 , который сокристаллизуется с UO_2 и расчеты подтвердили обеспечение глубокой подкритичности кориума в УЛР. Основными исполнителями работы являлись С.В. Бешта, Е.В. Крушинов, С.А. Витоль, В.С. Грановский, В.Б. Хабенский.

В 2006 году специалистами промежуточного стенда тяжелых аварий в рамках международного проекта METCOR проведено экспериментальное исследование физико-химических процессов при взаимодействии расплава оксидного и металлооксидного кориума со сталью корпуса реактора. Эксперименты были выполнены на установках «Расплав-2» и «Расплав-3», в которых для плавления ~двух килограммов кориума и перегрева расплава применялась технология индукционной плавки в холодном тигле. Известно, что при тяжелой аварии АЭС с плавлением активной зоны в корпусе реактора формируется ванна расплава кориума. Для обоснования удержания кориума в охлаждаемом водой корпусе реактора обычно рассматриваются только теплогидравлические процессы в ванне расплава, тепловые нагрузки на корпус и его напряженно-деформированное состояние. Однако физико-химическое взаимодействие оксидного высокотемпературного расплава кориума в принципе может приводить к дополнительной коррозии корпусной стали. В экспериментах измерялись, в частности, температура на поверхности ванны расплава, температура стальных образцов и их глубина коррозии. Пост-тест анализом рассчитывались температурные поля в стальных образцах, исследовалась структура и состав закристаллизованных слитков кориума и зоны взаимодействия со сталью.

При выполнении первой части проекта опыты проводились с полностью окисленным кориумом $UO_{2+x} - FeO_2 - FeO_4$ в нейтральной и воздушной атмосфере над расплавом. Установлено, что в результате взаимодействия происходит коррозия стали по механизму окисления, контролируемая диффузионным сопротивлением коррозионного слоя. На основе полученных экспериментальных данных были разработаны корреляции для расчета кинетики коррекции корпусной стали ВВЭР в условиях наружного охлаждения корпуса.

В дальнейшем при проведении следующих этапов проекта выполнялось варьирование состава расплава, индекса его окисленности, состава среды над расплавом и температуры стали на поверхности взаимодействия с расплавом.

По результатам обобщения экспериментальных данных получена эмпирическая корреляция для расчета скорости коррозии и длительности инкубационного



Беита С.В.



Витоль С.В.



Кружинов Е.В.

периода. При различных температурах поверхности стали обнаружены два различных по кинетике режима коррозии, граница между которыми определяется достижением на наружной поверхности коррозионного слоя температуры эвтектики системы. Установлено, что скорость коррозии практически не зависит от состава окислительной атмосферы (паровая или воздушная). Основными исполнителями работы являлись С.В. Бешта, В.С. Грановский, Е.В. Крушинов.

Эти сотрудники вместе с С.А. Витолем, С.А. Котовой, А.А. Сулацким, В.Б. Хабенским провели экспериментальные исследования переходных процессов в топливном расплаве при тяжелой аварии реактора типа ВВЭР. Эксперименты в НИТИ выполнялись с использованием установки «Расплав-3».

В процессе развития тяжелой аварии ядерного реактора с плавлением активной зоны на днище корпуса реактора происходит формирование ванны расплава, которая состоит из оксидного субокисленного кориума состава $U - Zr - O$ и расплава стали. Степень окисленности оксидного расплава определяется долей металлического циркония в нем. Во всех без исключения исследованиях и обоснованиях, связанных с локализацией расплава в охлажденном корпусе реактора, конечная структура ванны рассматривалась двухслойной с расплавом оксидов урана и циркония в донной части корпуса и поверхностном слое расплава стали.

Принятая двухслойная структура ванны расплава является следствием допущения о том, что указанные расплавы оксидов и стали являются несмешивающимися и химически не взаимодействующими жидкостями. При этом допущении плотность расплава стали будет меньше плотности расплава оксидов урана и циркония. Кроме этого основного допущения при расчетном обосновании возможности локализации расплава кориума в корпусе реактора в расчетных кодах принимались еще два допущения:

- не учитывалось поглощение/выделение энергии химических реакций в расплаве кориума;
- теплогидравлические процессы в ванне расплава рассматривались в стационарных условиях по кислородному потенциалу системы при неизменной конфигурации ванны расплава.

Причиной упрощенного рассмотрения процессов явилось недостаточное их понимание, вызванное, в частности, отсутствием экспериментальных данных из-за большой сложности проведения экспериментов с высокотемпературными, агрессивными урансодержащими компонентами расплава. Исследования перечисленных процессов были выполнены в рамках международного проекта НИТИ совместно с РНЦ «Курчатовский институт», НПО «Луч» и ИБРАЭ РАН.

При проведении исследований выявлены важные закономерности:

- при данном расположении металлического слоя в результате интенсивных окислительно-восстановительных реакций происходит выделение энергии, окисление урана и циркония и переход их в виде оксидов из металлического слоя в оксидную ванну. Потеря расплавом металла урана и циркония приводит к уменьшению его плотности и обратной (вторичной) инвер-

сии металлического и оксидного слоев. Всплывающий стальной расплав имеет высокую температуру, близкую к температуре оксидов, что может усиливать фокусирующий эффект в области поверхностного слоя стали;

- при поверхностном расположении слоя стали, обогащенной ураном и цирконием, контакт с паровой атмосферой интенсифицирует его поверхностное окисление с выделением тепла, приводя к образованию низкотеплопроводной оксидной корки, что может обуславливать увеличение тепловой нагрузки в зоне расположения расплава стали. Высота слоя расплавленного металла при окислении уменьшается, что также усиливает фокусирующий эффект.

С использованием термодинамической модели были выполнены приближенные оценки распределения компонентов между оксидной и металлической фазами расплава при варьировании основными исходными параметрами, соответствующими области изменения исходных параметров для реактора ВВЭР-440. Определены условия, при которых может образоваться трехслойная ванна расплава. Обнаруженные новые закономерности могут оказывать определяющее влияние на структуру ванны расплава, энерговыделение в нем, элементный состав оксидной и металлической жидкости и, соответственно, на обоснование эффективности локализации расплава в корпусе реактора и во вне реакторной ловушке.

В 2007 году специалистами ОТФИ и НППЦ АЭ В.С. Грановским, С.В. Бешта, В.Б. Хабенским, А.А. Сулацким, Е.В. Крушиновым и др. выполнен комплекс расчетных исследований в обоснование устройства локализации расплава и оптимизации жертвенного материала с учетом особенностей проекта АЭС-2006.

Одной из мер по повышению безопасности управления тяжелой аварией АЭС с ВВЭР является использование нового устройства локализации расплава. Это устройство предназначено для приема, локализации и захолаживания расплава активной зоны (кориума) и внутрикорпусных устройств при тяжелой аварии, сопровождающейся плавлением активной зоны реактора и выходом расплава за пределы корпуса.

Впервые УЛР было смонтировано на Тяньваньской АЭС в Китае, а затем на АЭС «Куданкулам» в Индии. В обоих случаях это устройство тигельного типа, в котором расплав локализуется в пределах стального корпуса с наружным водяным охлаждением. Подача воды также производится на поверхность ванны расплава.

Одной из основных особенностей УЛР АЭС с ВВЭР, в значительной мере обеспечивающего его функциональные характеристики, является применение в конструкции нового класса жертвенных материалов (ЖМ), которые, взаимодействуя с кориумом и растворяясь в нем, модифицируют в благоприятном для охлаждения и локализации расплава направлении свойства расплава и характеристики ванны. Для этого наряду со стальным жертвенным материалом используется оксидный жертвенный материал (ОЖМ). Масса ОЖМ в УЛР составляет десятки тонн, поэтому одной из задач этапа НИОКР и проектирования являлась минимизация указанной массы и, по возможности, упрощение технологии изготовле-

ния изделий из ОЖМ с целью снижения стоимости УЛР.

Комплекс расчетных исследований был выполнен с целью оптимизации конструкции УЛР, используемых материалов и обоснования ее эффективности, которая обеспечивается, главным образом, путем сохранения целостности стального корпуса УЛР, находящегося под термохимическим и термодинамическим воздействием. Кроме того, расчетами определены массы жертвенных материалов и схема их размещения в корпусе УЛР, время задержки подачи воды на поверхность сплава, выход водяного пара и неконденсирующихся газов из УЛР в помещения контейнмента. Работа по расчетному обоснованию УЛР выполнялась для АЭС-2006.

Для расчетного обоснования УЛР использовался разработанный в НИТИ расчетный код CORCAT. Математическая модель, реализованная в этом коде, представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений (по времени), записанных для масс и удельных энтальпий компонентов системы. Уравнения для удельной энтальпии даются в приближении термодинамического равновесия компонентов.

Ключевым моментом при моделировании расчетным кодом CORCAT процессов формирования ванны является выход расплава на стенку корпуса, который происходит после проплавления стенки корзины с ЖМ. Параметры расплава, интенсивность теплообмена и локализация зоны выхода на поверхности корпуса УЛР определяют максимальную плотность теплового потока, проводимого к охлаждающей воде, и, соответственно, минимальный запас до кризиса, а также температурное и напряженно-деформированное состояние корпуса.

Выполненный расчет показывает, что минимальный запас до разрушения корпуса УЛР, определенный в соответствии с деформационной моделью как отношение относительного удлинения к максимальной интенсивности пластических деформаций, составляет $K_p = 8$.

Проведенный расчетный анализ температурного и напряженно-деформированного состояния корпуса УЛР подтвердил обеспечение его целостности в условиях термомеханического нагружения в процессе локализации расплава.

Таким образом, разработанная конструкция УЛР обеспечивает выполнение своих функций по удержанию расплава при тяжелой (хотя и гипотетической) аварии на ЛАЭС-2.

16.03.2007 издан приказ № 110 по федеральному агентству по атомной энергии. Во исполнение постановления Правительства РФ № 605 от 06.10.2006 «О федеральной целевой программе «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007...2010 гг. и на перспективу до 2015 г.», учитывая необходимость использования при строительстве Ленинградской АЭС-2 земельного участка, на котором предполагалось размещение Северо-Западного НПЦ АЭС с головным блоком ВВЭР-640, возводимого в рамках договора «О долевом участии в капитальном строительстве, заключенного между ФГУП концерн «Росэнергоатом» и ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», руководитель федерального агентства С.В. Кириенко приказал:

1. Приказами Минатома России № 454 от 06.11.1992 «О создании на базе НИТИ СЗ НПЦ АЭ» и № 155 от 28.04.1995 «Об организации работ по строительству СЗ НПЦ АЭ» не руководствоваться.
2. Генеральному проектировщику ФГУП СПб «Атомэнергопроект» рассмотреть целесообразность использования принятых в эксплуатацию по актам рабочих комиссий временных титульных зданий и сооружений, а также выполненных строительно-монтажных и опытно-конструкторских работ по подготовке территории строительства и вертикальной планировки на площадке головного энергоблока ВВЭР-640 применительно к новому ситуационному стройгенплану площадки ЛАЭС-2.
3. ФГУП концерн «Росэнергоатом» и ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» на основании данных ФГУП Санкт-Петербургского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института «Атомэнергопроект» подготовить в установленном порядке необходимую документацию с предложениями комиссии по списанию затрат, нецелесообразных к дальнейшему использованию и по распределению долей собственности между концерном «Росэнергоатом» и НИТИ и приему-передаче документации по проектно-изыскательским работам, НИР и ОКР по головному блоку ВВЭР-640 СЗ НПЦ АЭ, созданного за счет средств федерального бюджета и целевых инвестиционных средств.

С изданием этого приказа фактически был решен вопрос об отмене всех предыдущих постановлений о строительстве головного блока ВВЭР-640 в составе НИТИ. Так окончательно был «похоронен» перспективный проект ВВЭР-640 – проект, который и сегодня является одним из лучших по решениям в области обеспечения безопасности. Реализация проекта могла обеспечить передовые позиции и укрепить лидерство России на мировом рынке атомной энергетики.

Специалистами ОТФИ и КМС в 2008 году проведены экспериментальные исследования характеристик модели системы пассивного отвода тепла из гермообъёма защитной оболочки (СПОТ ЗО) проекта АЭС-2006 на стенде КМС.

Целью испытаний являлось экспериментальное обоснование эффективности отвода тепла из парогазовой среды контейнмента при помощи теплообменников-конденсаторов, а также получение опытных данных для верификации расчетных кодов, предназначенных для моделирования теплогидравлических процессов в контейнменте АЭС. Поскольку эффективность работы системы СПОТ ЗО определяется различными процессами, совокупное влияние которых трудно воспроизвести в локальных экспериментах, то экспериментальные данные, полученные на стенде КМС в условиях, максимально приближенных по геометрии и параметрам среды к натурным, являются уникальными и имеют чрезвычайную ценность для верификации расчетных кодов и обоснования характеристик натурной системы СПОТ ЗО.

Вторая задача, которая решалась на данном этапе и имела прямое отношение к такой важной проблеме, как водородная безопасность, связана с изучени-

ем распространения в гермообъёме гелия, как имитатора водорода, что, с учетом масштаба КМС, также имеет огромное значение для понимания физических явлений, характерных для проектных и запроектных аварий на АЭС с ВВЭР, сопровождающихся выходом водорода в контеймент.

К основным результатам экспериментальных исследований можно отнести следующие:

- впервые на стенде КМС проведены исследования внутриконтейментных процессов при подаче пара от внешнего источника и отводе тепла из гермообъёма с помощью теплообменников-конденсаторов. Подтверждена работоспособность систем и оборудования стенда КМС при значениях термодинамических параметров среды в гермообъёме, соответствующих стадии длительного отвода остаточного тепла АЭС с ВВЭР в авариях с потерей теплоносителя;
- выполнены испытания модели СПОТ 3О АЭС-2006 (ЛАЭС-2) по отводу тепла из гермообъёма в режиме принудительной циркуляции теплоносителя в контуре. Для различных стационарных состояний определены значения тепловой мощности теплообменников-конденсаторов. Произведен 5-ти суточный эксперимент по определению рабочих характеристик СПОТ 3О в натурных условиях в паро-воздушно-гелиевой среде. При температуре среды в защитной оболочке 143 °С и давлении 0,5 МПа абс. суммарная тепловая мощность модельных конденсаторов СПОТ 3О составила 514 кВт. Выявлена пространственная неравномерность отвода тепла теплообменниками-конденсаторами СПОТ 3О (~25 %), вызванная сложной пространственной картиной течения парогазовой среды в гермообъёме;
- проведен 5-ти суточный эксперимент по определению рабочих характеристик СПОТ 3О при подаче пара и гелия в гермообъём 3О и отводе тепла из него с помощью трех из четырех теплообменников-конденсаторов. При температуре парогазовой среды в защитной оболочке 133 °С и давлении 0,4 МПа абс. суммарная тепловая мощность СПОТ 3О составила 340 кВт. При этом зафиксирован колебательный процесс отвода тепла одной из секций теплообменника с периодом колебания мощности от одного до двух часов;
- впервые на стенде КМС проведены крупномасштабные исследования внутриконтейментных процессов при наддуве гермообъёма как воздушно-гелиевой, так и паро-гелиевой смесью. Получены опытные данные по распределению имитатора водорода (гелия) в паровоздушной среде контеймента и по растворению газов в конденсате приямка;
- установлено, что за все время эксперимента гелий как в газовой фазе гермообъёма 3О, так и в целом в парогазовой среде, распределялся равномерно. Объёмные концентрации гелия в различных боксах защитной оболочки, исключая бокс подачи пара и гелия, были одинаковы в пределах погрешности измерения ($\pm 0,2$ % об.);
- получены опытные данные по различным физическим явлениям, вклю-

ченным в отраслевую верификационную матрицу явлений по тепло-массопереносу в контейнменте.

Работа выполнялась под руководством Ю.А. Мигрова и непосредственном участии В.Н. Епимахова, В.К. Засухи, А.И. Горшкова, Т.Б. Маликова.

В 2008 году специалистами промежуточного стенда тяжелых аварий Е.В. Крушиновым и С.А. Витолем проведены исследования по измерению температуры ликвидус внекорпусного кориума, которую очень важно знать для анализа тяжелой аварии АЭС и управления ею. На внекорпусной стадии аварии кориум содержит материалы реактора в смеси с продуктами разложения бетона или жертвенного материала.

Целью проводимых исследований являлось экспериментальное определение температуры ликвидус рекомендованного партнером проекта МНТЦ LITEC прототипного многокомпонентного внекорпусного кориума. Индивидуальная плавка в холодном тигле расплава с высоким содержанием SiO_2 сопряжена с большими трудностями по приготовлению расплава. В процессе исследований проведены три эксперимента с индукционными плавками, причем в двух первых была проведена в основном модернизация и настройка необходимого оборудования. Первые опыты показали, что удержание ванны расплава в стабильном состоянии возможно только при значительном перегреве над температурой ликвидус, что затрудняет визуальный политермический анализ. Снижение мощности, вводимой в расплав, вызывает кристаллизацию тугоплавкой фазы на охлаждаемых элементах печи. В процессе плавки также наблюдалось значительное аэрозолеобразование, что влияет на изменение состава расплава во время исследований. Лишь в третьем, удачном эксперименте были выполнены необходимые измерения.

Анализ изображений поверхности расплава показал, что при захолаживании поверхности расплава на ней появляется более холодная жидкость, и в ней на фоне перегретого расплава применяемыми техническими средствами не удалось зафиксировать образования твердой фазы.

При исследовании систем с большим содержанием стеклофазы для определения температуры ликвидус определяют температуру момента просветления объекта, т.е. исчезновения последних кристалликов твердой фазы. В связи с тем, что просветление расплава хорошо фиксируется при исследованиях фазовых превращений в высокотемпературном микроскопе (ВТМ), этот фактор был использован при определении температуры ликвидус. Следует отметить, что в ВТМ в качестве держателя образцов используется иридиевая проволока. Иридий – один из наиболее инертных материалов и его взаимодействие с оксидными пробами, а, следовательно, и влияние на результаты измерений минимально.

В рамках проектов МНТЦ «METCOR» специалистами ПСТА и ОТФИ в 2009 году экспериментально исследовалось физико-химическое взаимодействие расплава оксидного кориума с образцами корпусной стали реактора ВВЭР-1000 на установках платформы РАСПЛАВ, реализующих технологию индукционной плавки урансодержащего кориума в холодном тигле. Экспериментальные исследе-

дования показали, что основными параметрами, определяющими механизм, кинетику и глубину коррозии, являются кислородный потенциал и состав сплава, а также температура стали и тепловой поток, подводимый от расплава к корпусу.

Коррозия стали в каждом эксперименте исследовалась в приблизительно стабилизированных условиях температурного состояния образца в течение времени, достаточного для определения ее скорости (постоянной или изменяющейся во времени). В процессе одного эксперимента реализовывались, как правило, несколько температурных режимов. Последующий анализ включал в себя измерения конечной глубины коррозии, электромагнитные расчеты, расчеты теплогидродинамики расплава и температурного состояния образца, а также комплекса физико-химических анализов проб из слитков кориума и стали.

Экспериментальными исследованиями взаимодействия расплава субокисленного кориума с охлаждаемой корпусной сталью реактора установлено, что разрушение стали соответствует механизму эвтектического плавления. Глубина эвтектического плавления (растворения) стали ограничивается положением изотермической поверхности, температура которой для условий удержания расплава в корпусе составляет величину не менее $\sim 1090^\circ\text{C}$.

Результаты исследования подтверждают общие закономерности окисления стали на воздухе и при взаимодействии с расплавом кориума в окислительной атмосфере, обусловленные особенностями диффузии ионов железа, при этом основным диффузионным сопротивлением является корка кориума, примыкающая к его поверхности.

Полученные корреляции для скорости коррозии могут быть использованы для учёта коррозии корпусной стали в анализах удержания расплава в корпусе реактора при тяжелой аварии с плавлением активной зоны.

Для локализации расплава кориума при тяжёлой аварии АЭС с ВВЭР в под-



Стенд "Расплав-2", тигель

реакторном пространстве бетонной шахты устанавливается устройство локализации расплава тигельного типа. Это устройство включает в себя водоохлаждаемый металлический корпус, частично заполненный жертвенным материалом, с которым взаимодействует поступающий из корпуса реактора расплав, и нижнюю плиту, по которой расплав стекает в корпус ловушки.

Теплоотвод от образующейся ванны расплава к охлаждающей воде осуществляется через стенки корпуса ловушки и частично от поверхности расплава сначала излучением, а затем непосредственно к воде, подаваемой на поверхность с некоторой задержкой после начала поступления расплава в УЛР. В зависимости от характера развития тяжелой аварии задержка составляет от 0,5 до 2,0 ч.

За это время основная масса расплава (его металлическая и оксидная части) поступает в УЛР, что благодаря отсутствию воды в корпусе ловушки исключает как возможность возникновения паровых взрывов, так и генерацию водорода в результате пароциркониевой реакции.

Для обеспечения защиты строительных конструкций бетонной шахты и неохлаждаемой части корпуса УЛР от воздействия теплового излучения с поверхности ванны расплава на этих конструкциях устанавливаются теплозащитные экраны из специального гематитового бетона (СГБ).

С целью обоснования применимости СГБ в качестве материалов теплозащитных экранов на стенде РАСПЛАВ в НИТИ для аналогичных условий УЛР было выполнено экспериментальное исследование кинетики и механизма разрушения образцов из СГБ под действием лучистого теплового потока.

В ходе проведенных опытов установлено, что разрушение СГБ под действием лучистого теплового потока происходит в результате поверхностного плавления при достижении температуры 1350...1360 °С. Можно полагать, что в условиях УЛР осыпание или скалывание части теплозащитных экранов, армированных стальной проволокой, маловероятно. В худшем случае частичное осыпание может происходить в форме однократного акта после выполнения экранами своих защитных функций. При этом в УЛР будет поступать незначительная масса СГБ из-за небольшой толщины осыпающейся части панелей.

Из полученных результатов проведенных опытов можно сделать вывод о том, что для плотности теплового потока 0,15 мВт/м², превышающей максимально возможное значение в условиях удержания расплава в рассмотренной конструкции УЛР, скорость плавления теплозащитных панелей составляет примерно 2 мм/мин. При этом с учетом времени прогрева СГБ до температуры плавления тепловая защита конструкций при толщине панелей 0,3 м обеспечивается в течение более 3 ч.

Для полученной консервативной оценки максимальной плотности теплового потока 0,1 мВт/м² это время превысит 4 ч при уменьшении толщины теплозащитных панелей до 0,25 м.

Выполненная работа имеет большое практическое значение для обоснования соответствующих конструкций при проектировании и изготовлении УЛР.

В работе принимали участие В.Б. Хабенский, В.С. Грановский, С.В. Бешта, С.А. Витоль, А.А. Сулацкий, Е.В. Крушинов.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Создание автоматизированной системы радиационного контроля

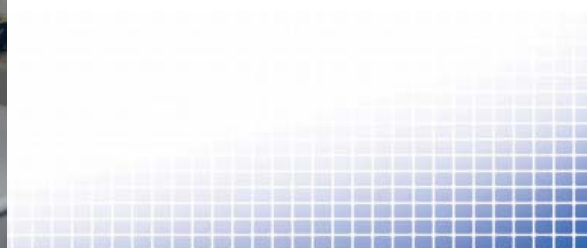
2001 год для НИТИ явился официальным стартом участия института в разработке автоматизированной системы радиационного контроля (АСРК) для Тяньваньской АЭС в Китае. 25 мая 2001 г. был подписан договор между ЗАО «Атомстройэкспорт» (заказчик) и ГП НИТИ (поставщик) на разработку, изготовление и поставку оборудования, программного обеспечения, технической и эксплуатационной документации АСРК.

Приказом директора института № 01/222 от 25.07.2001 был установлен четкий график работ по разработке документации, поставке и вводе в эксплуатацию АСРК для 1-го и 2-го энергоблоков ТАЭС.

В целях концентрации усилий на безусловном выполнении экспортного заказа и обеспечения эффективного управления работами руководство договором директор института В.А. Василенко оставил за собой.



Тяньваньская АЭС





Специалисты НИТИ на Тяньваньской АЭС



Приказом были назначены:

- Г.Г. Леонтьев – техническим руководителем работ (заместителем руководителя договора).
- О.Ю. Пыхтеев – менеджером проекта (заместителем руководителя договора).
- головное подразделение НИТИ по разработке и поставке АСРК – отдел ХТМИ (начальник отдела А.А. Ефимов).

Руководители направлений работ:

В. П. Черных – разработка программно-технического комплекса верхнего уровня (заместитель технического руководителя);

В.Г. Ильин – разработка систем контроля радиационной обстановки, контроля радиоактивных загрязнений, контроля индивидуальных доз;

В.Б. Гайко – разработка системы радиационного технологического контроля;

С.Н. Некрестьянов – разработка спектрометрического монитора МАРС-010-СГГ;

М.Н. Баев – разработка спектрометрического монитора МАРС-012-СУГ;

В.Г. Михалицын – разработка блочного щита радиационного контроля и информационного обеспечения операторов;

В.Д. Смирнов – разработка программно-технических средств управления исполнительными механизмами и измерения нерадиационных параметров;

А.Ф. Ставинов – разработка конструкторской и эксплуатационной документации, обеспечение нормоконтроля;

А.П. Лукашев – метрологическое обеспечение работ;

А.Е. Гаврилов – обеспечение качества проекта, лицензирование и сертификация.

Контроль за ходом выполнения работ был возложен на группу системного управления и обеспечения (Д.В. Макаров). В последующем за этой группой был закреплен статус органа контроля и управления всеми проектами института.

15...20 апреля 2002 г. Российская делегация в составе представителей Генерального поставщика АЭС – ЗАО «Атомстройэкспорт», Генерального проектан-та АЭС и АСРК – ФГУП Санкт-Петербургского института «Атомэнергопроект», Главного конструктора и комплектного поставщика АСРК – ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» впервые посетила площадку Тяньваньской АЭС, расположенную на берегу Жёлтого моря, вблизи г. Ляньюньгань. От НИТИ в работе совещания по АСРК на Тяньваньской АЭС участвовали О.Ю. Пыхтеев, Г.Г. Леонтьев, В.П. Черных, В.Б. Гайко, В.Н. Епимахов.

С 12 по 22 сентября 2002 г. специалисты НИТИ Г.Г. Леонтьев и В.П. Черных участвовали в работе 14-го промежуточного координационного совещания (14 ПКС) по сооружению ТАЭС. В работе 17-го ПКС, которое проходило в Китае с 14 по 22 декабря принял участие С.В. Батраков.

В 2003 году завершён важнейший этап реализации проекта создания АСРК для 1-го и 2-го блоков Тяньваньской АЭС в Китае – сдача представительного образца разработанной системы Заказчику на полигоне в НИТИ. Полигон Главно-

го конструктора АСРК (коим являлся НИТИ) был создан в институте и включал в свой состав программные имитаторы средств нижнего уровня и реальный программно-технический комплекс верхнего уровня АСРК.

31.01.2003 состоялся первый визит китайских специалистов в НИТИ, а с 20.02.2003 по 28.02.2003 прошли комплексные приемочные функциональные испытания оборудования АСРК: автоматических технологических спек-



МАРС-012-СУГ



АРМ сменного инженера по РБ энергоблока

в содружестве с СПб АЭП выработать концепцию комплексной, интегрированной по всему объёму радиационного контроля на АЭС, автоматизированной системы, основанной на современных компьютерных технологиях.

Главным конструктором и комплектным поставщиком АСРК для ТАЭС стал

торметров МАРС-010-СТГ (контроль состава и активности радионуклидов в газе) и МАРС-012-СУГ (контроль состава и активности радионуклидов в теплоносителе), а также программно-технического комплекса верхнего уровня АСРК. После испытаний было получено разрешение на отгрузку поставочных комплектов оборудования в Китай.

2004 год явился знаменательным для НИТИ тем, что в этом году была сдана в опытную эксплуатацию автоматизированная система радиационного контроля (АСРК) на Тяньваньской АЭС в Китае.

Накопленный за более 30 лет опыт работы в области исследования процессов формирования состава и активности радионуклидов в технологических контурах, водных сбросах и газоаэрозольных выбросах АЭС различного типа, разработки современных инструментальных методов и средств контроля, автоматизированных систем сбора, обработки и представления информации позволил

НИТИ. Для изготовления и поставки комплектующих АСРК были привлечены более 20 ведущих отечественных и зарубежных предприятий и организаций. Часть оборудования, отсутствующая на мировом рынке, была впервые разработана НИТИ в кооперации с российскими предприятиями.

Разработка программного продукта, изготовление новых технических средств, постановка на производство и изготовление серийного оборудования проводились при постоянном аудите инозаказчика и инспекции Госатомнадзора России, а также Генерального поставщика АЭС – ЗАО «Атомстройэкспорт».

Созданная АСРК отвечала всем требованиям Российских и международных стандартов. Комплекс «интеллектуальных» мониторов и блоков управления исполнительными механизмами, разработанная архитектура АСРК и технология создания специального программного обеспечения с использованием современных средств автоматизированного программирования позволяли конфигурировать любую структуру АСРК применительно к конкретному объекту, в том числе и для Российских АЭС.

К разработке, изготовлению и поставке оборудования и программного обеспечения для АСРК было привлечено более 150 ведущих специалистов НИТИ. Общее руководство работами по созданию и вводу в эксплуатацию АСРК осуществлялось директором института В.А. Василенко.

После создания, наладки и ввода в эксплуатацию автоматизированной системы радиационного контроля (АСРК) на Тяньваньской АЭС в Китае специалистами НИТИ совместно с СПБИ «Атомэнергопроект» в 2006 г. разработаны концепция и техническое задание на модернизацию системы радиационного контроля (СРК) 3-го блока Белоярской АЭС с реактором БН-600. В основу были положены решения, найденные при разработке АСРК Тяньваньской АЭС.

При разработке концепции были учтены все исходные требования заказчика по радиационному контролю в режимах нормальной эксплуатации, проектных и запроектных авариях, а также при проведении противоаварийных мероприятий по защите персонала и населения.

Концепция предусматривала также интегрирование в состав СРК существующих на АЭС систем секторного контроля герметичности оболочек (КГО) твэлов, КГО по натрию и газу, и системы обнаружения дефектных сборок.

При выполнении концепции должен быть реализован обмен информацией с внешними абонентами: АСУ ТП, концерном «Росэнергоатом».

Функциональные возможности системы радиационного контроля расширяются за счет применения центральной базы данных, содержащей более детальные данные радиационного контроля, и программных приложений, реализующих человеко-машинные интерфейсы системы контроля и управления технологическими процессами, удовлетворяющими современным требованиям. При этом полностью сохраняется работоспособность имеющегося комплекса задач АСРК.

Работа по созданию АСРК ТАЭС – наглядный пример комплексного подхода

НИТИ к решению сложнейших технологических задач, начиная от НИОКР и до практической реализации в производственных целях.

Для проведения совместных работ и участия в международных конференциях 26 специалистов НИТИ выезжали в заграникомандировки в Китай, Францию, Германию, США, Вьетнам, Украину и Беларусь.

Так, начальник отдела НПЦ АЭ С.В. Бешта с 4 по 10 марта 2006 года принял участие в работе девятой встречи контактной экспертной группы в г. Париже по проектам МНТЦ, относящимся к проблемам тяжелых аварий на АЭС, где он выступил с сообщением о ходе работ по проектам METCOR и CORPHAD.

С 22 по 26 апреля 2006 года сотрудники ОТФИ Ю.В. Юдов, Ю.Г. Вербицкий, А.Н. Гудошников по приглашению общества по безопасности реакторных установок приняли участие в научно-техническом семинаре «Использование расчетного кода ATHLET как референтного при кросс-верификации расчетного кода КОРСАР», который проводился в г. Гархинге (Германия) в рамках российско-германского проекта по обмену опытом при разработке и верификации расчетных кодов ATHLET и КОРСАР.

С 10 по 20 мая 2006 года заместитель директора НПЦ АЭ В.С. Свердлов посетил г. Ханой (Вьетнам) для участия в работе Международной выставки по вопросам реализации проекта атомной электростанции средней мощности с реактором типа ВВЭР-640.

С 3 по 11 июня 2006 года С.В. Бешта принял участие в Международном конгрессе по достижениям на атомных электростанциях в г. Рино (США), где сделал доклад «Взаимодействие расплава субоxygenного кориума с корпусной сталью».

С 18 по 27 сентября 2006 года помощник генерального директора института О.Ю. Пыхтеев принял участие в работе 28-го промежуточного Координационного совещания по сооружению Тяньваньской АЭС.

Кроме того сотрудники ОДИ, ОХТМИ, ЭОРБ 11 раз выезжали в Китай на площадку строительства Тяньваньской АЭС для выполнения пусконаладочных работ по АСРК второго блока и по вопросам авторского сопровождения состояния оборудования и программного обеспечения АСРК первого блока ТАЭС.

В 2008 году для проведения совместных работ и участия в международных конференциях 21 специалист института выезжали в заграникомандировки, в том числе в Китай (на Тяньваньскую АЭС), в США (на международный конгресс по достижениям на атомных электростанциях), в Швейцарию (на международную конференцию по промышленному производству ^{60}Co), в Германию (на международную конференцию по водно-химическим режимам АЭС), а также в Украину, Белоруссию, Казахстан для решения технических вопросов по поставкам оборудования и проведения совместных работ.

По международному сотрудничеству института в 2009 году проводились работы по четырём проектам МНТЦ:

– «Инженерно-геологическое, гидрогеологическое и радиоэкологическое

- обоснование строительства хранилищ токсичных и радиоактивных отходов в кембрийских и вендских глинах северо-западного региона России»;
- «Исследования взаимодействия кориума в составе корпуса реактора АЭС (METCOR-P)»;
- «Фазовые соотношения в системах кориума (PRECOS)»;
- «Взаимодействие материалов в кориуме реактора CANDU (MATICAN)».

15 специалистов института выезжали в заграникомандировки для проведения совместных работ и участия в международных конференциях.

В 2010 году для проведения совместных работ и участия в международных конференциях 15 специалистов института выезжали в заграникомандировки в Китай, США, Канаду, Латвию, Казахстан, Украину.

В течение года проводилась работа по пяти проектам МНТЦ:

- «Исследование взаимодействия расплава кориума со сталью корпусов реактора АЭС (METCOR-P)»;
- «Фазовые соотношения в системах кориума (PRECOS)»;
- «Взаимодействие материалов в кориуме реактора CANDU (MATICAN)»;
- «Разработка технологии синтеза алюмосиликофосфатных геокерамических матриц для иммобилизации радиоактивных форм стронция и цезия»;
- «Распределение элементов и инверсия сплава в ванне кориума реактора ВВР (EPICOR)».



Посещение стендов «Расплав» представителем комиссариата по атомной энергии Франции господином М. Ричардом (крайний справа)

СТРУКТУРНЫЕ, КАДРОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОСЛЕ 2001 ГОДА

Для обеспечения высокого качества и конкурентоспособности выпускаемой институтом продукции, особенно при изготовлении оборудования для атомных станций и для Министерства обороны, с целью выполнения требований технических условий и стандартов, условий поставок и договоров, а также для укрепления производственной дисциплины приказом директора института № 01/254 от 30.08.2001 был создан отдел контроля качества с подчинением его главному инженеру института. В составе отдела предусматривались две группы: входного контроля и контроля качества продукции. Начальником отдела контроля качества был назначен Е.В. Клепинин.

О кадровых назначениях 2001 года

В связи с увольнением на пенсию с 15.05.2001 главного инженера КЭЭР В.М. Рыжова приказом директора института на эту должность был назначен К.В. Моисеев, работавший до этого заместителем главного инженера КЭЭР. В.М. Рыжов в марте 2002 г. снова был принят на работу в НИТИ в качестве ведущего инженера в отдел фондов научно-технической и управленческой документации для подготовки информационных материалов в различные средства массовой информации, оформления годовых научно-технических отчетов института и продолжения повествования об истории НИТИ.

В июле 2001 г. на должность начальника отдела главного конструктора СКУ АЭС был назначен В.Г. Михалицын, а на должность начальника отдела документационного обеспечения Т.В. Гартунг.

2002 год стал юбилейным для НИТИ. 40 лет назад, 17 июля 1962 г. был издан приказ Государственного комитета по использованию атомной энергии (ГКАЭ) о создании Государственной испытательной станции (ГИС) по отработке перспективных корабельных ЯЭУ. В 1996 г. НИТИ присвоено имя академика А.П.Александрова.

С целью координации работ по проведению мероприятий, связанных с юбилейной датой, директор института 28.05.2002 издал приказ № 02/182 о создании специальной комиссии по подготовке и проведению праздника – 40-летия образования НИТИ – под председательством В.А. Василенко. Заместителем председате-

ля был назначен В.С.Шевченко. В состав комиссии вошли: А.Л. Лошков, Ю.М. Кожевников, Р.Д. Филин, О.Ю. Пыхтеев, Н.П. Грановская, В.М. Рыжов, Т.П. Черная.

В соответствии с разработанной и утвержденной директором НИТИ программой были подготовлены и реализованы следующие мероприятия по институту:

- оформлен, издан и вручен всем сотрудникам праздничный рекламный буклет;
- организованы и проведены торжественные вечера в большинстве подразделений института с вручением денежных премий, почетных грамот и благодарностей;
- в торжественной обстановке на здании 108 открыта мемориальная доска первому главному инженеру НИТИ Э.С. Брянских;
- возложены цветы к памятнику А.П. Александрова перед зданием 108 и к его бюсту на площади в г. Сосновый Бор;
- проведен юбилейный прием директором НИТИ значительного числа руководителей различных предприятий, с которыми институт имел многолетние производственные связи;
- организован и проведен торжественный вечер НИТИ во дворце культуры «Строитель». На вечере институту было вручено новое знамя, а также многочисленные подарки и сувениры;
- в газете «Маяк» опубликованы историческая справка о НИТИ и воспоминания старейших сотрудников института о начале и продолжении трудовой деятельности в институте;
- впервые в день юбилея административное здание 108 было украшено военно-морскими флагами расцвечивания;
- в конце 2002 года в издательстве «Моринтех» издана книга «40 лет НИТИ им. А.П. Александрова», подготовленная большой группой авторов – руководителей и специалистов института.

В связи с юбилейной датой приказом Министра РФ по атомной энергии А.Ю. Румянцева № 345 от 17.07.2002 была поощрена большая группа работников НИТИ. Объявлена благодарность и награждены часами с символикой Министрства РФ по атомной энергии А.В. Демидов, Ю.А. Мигров, А.И. Хозичев.

Объявлена благодарность В.С. Батанину, В.С. Грановскому, Е.И. Дербукову, А.С. Ковалеву, Ю.Н. Кудицкому, А.Л. Лошкову, В.П. Пигалеву, В.М. Рыжову, В.В. Сафонову, А.А. Шаленинову.

За большой вклад в социально-экономическое развитие Ленинградской области и многолетний добросовестный труд указом Президента Российской Федерации В.В. Путина № 816 от 31.07.2002 награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством II степени» директор ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» В.А. Василенко.

В 2002 году завершена работа по подготовке новой редакции Устава института. Новая редакция Устава согласована Минимуществом РФ и утверждена Минатомом РФ. Государственная регистрация новой редакции Устава произведена 27.05.2002 (свидетельство о регистрации – серия ЛО-002 № 14786). Утвержденной редакцией Устава установлено новое фирменное наименование института – Фе-

деральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский технологический институт имени А.П. Александрова», сокращенное наименование – ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», внесены изменения в наименование органов управления предприятием, перечень видов деятельности и т.д.

О кадровых изменениях в 2002 году

С 01.03.2002 вместо В.А. Котлярчука главным энергетиком назначен Г.П. Чернышев.

В связи с увольнением П.И. Попова начальником управления капитального строительства был назначен Н.И. Горошко.

Начальником отдела фондов научно-технической и управленческой документации с 01.08.2002 назначена Е.Г. Заритовская вместо М.П. Мачулис.

С 02.09.2002 вместо И.А. Шишкина начальником секретного отдела назначен В.Г. Салагин.

Вместо Н.Н. Овинцовского начальником ОЭЦ с 28.10.2002 назначен Е.Б. Шехонов.

С 26.12.2002 вместо Д.П. Кирикова начальником отдела технической и ядерной безопасности назначен В.Л. Руденко.

Кадровые изменения в 2003 году

В связи с уходом на пенсию В.Е. Воронина начальником КЭЭР с 12.11.2003 назначен К.В. Моисеев, работавший до этого главным инженером КЭЭР.

Численность персонала института по состоянию на 01.12.2003 составила 2 161 человек, в том числе промышленно-производственный персонал – 2033 человека.

В 2005 году впервые в истории института была проведена комплексная проверка состояния ядерной и радиационной безопасности, учета и контроля ядерных материалов, радиоактивных веществ и их физической защиты на стендах-прототипах ЯЭУ центральным аппаратом Ростехнадзора (Управлением по регулированию безопасности исследовательских ядерных установок, ЯЭУ судов и радиационно-опасных объектов). В заключительном акте комиссии отмечено, что состояние ЯБ и РБ на ЯЭУ стендов-прототипов и других потенциально опасных объектов НИТИ при осуществлении заявленных видов деятельности соответствует требованиям норм и правил в области использования атомной энергии и руководящим документам Ростехнадзора и Росатома.

В соответствии с постановлением Правительства РФ в 2005 году Министер-



Чернышёв Г.П.



Горошко Н.И.



Салагин В.Г.



Заритовская Е. Г.

ство Российской Федерации по атомной энергии (Минатом РФ) было преобразовано в Федеральное агентство по атомной энергии («Росатом» РФ), т.е. была произведена очередная (далеко не первая, но и не последняя) реорганизация штаба нашей отрасли с образованием новых структур управления и назначением новых руководителей, в связи с чем были внесены соответствующие коррективы в Устав НИТИ, с изменением форм документов, печатей, штампов и т.д.

В 2007 году как в жизни НИТИ, так и в целом по атомной отрасли произошли знаменательные события. В соответствии с Федеральным законом, подписанным Президентом Российской Федерации В.В. Путиным 01.12.2007, была создана Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», которая, являясь правопреемником Федерального агентства по атомной энергии, должна обеспечивать проведение государственной политики в области развития атомной отрасли, выполнения заданий государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа. Если провести некую аналогию с прошлым, то с созданием Госкорпорации «Росатом» как бы был воссоздан знаменитый Минсредмаш СССР, но только в новых рыночных условиях.

В 2007 г. институт отметил 45-ю годовщину со дня своего основания. За 45 лет своего существования НИТИ превратился в крупнейший научно-исследовательский институт, способный решать многочисленные задачи всесторонних испытаний и исследований различных ЯЭУ. Институт не имеет отечественных аналогов научной и испытательной деятельности. Он осуществляет комплексную отработку ЯЭУ, решает сложные и многоплановые задачи



Ветераны НИТИ у памятника А.П. Александрову 17 июля 2007 г.

экспериментально-теоретического сопровождения эксплуатации ЯЭУ в течение всего жизненного цикла.

К своему 45-летию администрацией и профсоюзным комитетом института был подготовлен обширный план мероприятий, посвященный этой дате. Впервые в истории НИТИ была оформлена историко-тематическая фотовыставка, размещенная в вестибюле главного административного здания. Стенды с фотографиями всех директоров института (начиная с первого), различных объектов в начале их строительства и в теперешнем виде, коллективов подразделений и ветеранов-пенсионеров, научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок вызвали большой интерес как у сотрудников института, так и у гостей НИТИ.

В день 45-летия были возложены цветы к бюсту А.П.Александрова на площади перед зданием ВНИПИЭТ в городе и к памятнику А.П.Александрову перед административным зданием института.

Особым образом были отмечены ветераны института. На торжественном собрании всем работающим ветеранам, имеющим стаж работы в институте не менее 40 лет, генеральным директором В.А.Василенко были вручены денежные премии.

Ветеранам, имеющим стаж от 30 до 40 лет, и продолжающим трудиться в НИТИ были объявлены благодарности или вручены почетные грамоты. Необ-



У бюста А.П. Александрову на площади перед зданием ВНИПИЭТ



Поздравление ветеранов

ходимо отметить, что старейшим сотрудником института на тот момент являлся заведующий лабораторией отделения динамических исследований Юрий Терентьевич Климов, поступивший на работу в НИТИ в 1963 году.

По случаю 45-летия главное административное здание НИТИ было оформлено флагами расцвечивания. Городская газета «Маяк» посвятила памятной дате большую статью о деятельности института в целом, а также отдельные публикации сотрудников НИТИ о различных научно-технических разработках за последние годы.

21.08.2007 издан приказ директора института № 07/519, согласно которого в связи с увеличением производственных площадей зданий и сооружений института, с учетом типовой инструкции по эксплуатации производственных зданий и сооружений была создана группа технического надзора с непосредственным подчинением главному инженеру НИТИ.

Основными задачами этой группы являются:

- технический надзор за исправным состоянием и безопасной эксплуатацией зданий, сооружений и территории института;
- планирование титулов капитального ремонта, реконструкции объектов, курирование и приемка работ по капитальному, текущему ремонту и реконструкции зданий, сооружений и территории.

Начальником группы назначен Е.Е. Анопочкин.

В целях централизации работ по неразрушающим методам контроля прика-

зом директора НИТИ от 6.11.2007 № 07/728 была образована единая лаборатория с непосредственным подчинением главному инженеру института, в которую вошли группа, входящая до этого в состав КЭЭР, и группа из ИКАР.

Начальником лаборатории был назначен А.Т. Черногубов.

С 3 мая 2007 г. главным инженером института назначен А.А. Иванов, до этого работавший в должности главного инженера стенда КВ-2. В.П.Журавлев по состоянию здоровья был освобожден от должности главного инженера и переведен помощником главного инженера НИТИ.

Численность сотрудников института к концу 2007 года составила 2 298 человек.

В НИТИ проводились и проводятся работы по решению проблем повышения оперативности и информативности методов и средств радиационного контроля внутриреакторных процессов, воздушных выбросов и водных сбросов ЯЭУ. Созданы судовые автоматизированные комплексы для проведения оперативного радиационного мониторинга акваторий и атмосферного воздуха. Для мониторинга радиоактивных загрязнений почв разработаны специализированные средства определения подвижных форм радионуклидов.

В основе всех разработок лежат оригинальные идеи, защищенные авторскими свидетельствами и патентами. Найденные решения по своим технико-экономическим показателям превосходят все известные аналоги. Они внедрены на Ленинградской, Нововоронежской, Балаковской и Тяньваньской (Китай) атомных электростанциях, на ФГУП ПО «Маяк», в составе судовых природоохранительных комплексов гражданского и оборонного назначения, вновь разрабатываемых и строящихся объектов транспортной и стационарной энергетики.



*Главный инженер института А.А. Иванов (крайний справа)
с руководителями инженерно-технических служб*

**СОТРУДНИКИ НИТИ –
ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



Гусев Б.А.



Епимахов В.Н.



Ефимов А.А.



Леонтьев Г.Г.



Пыхтеев О.Ю.

Постановлением Правительства РФ № 121 от 27.02.2008 сотрудникам НИТИ Б.А. Гусеву, В.Н. Епимахову, А.А. Ефимову, Г.Г. Леонтьеву, О.Ю. Пыхтееву за указанный комплекс работ присуждена **премия Правительства Российской Федерации**.

За высокие достижения в труде приказом от 28.03.2008 № 417/К госкорпорации «Росатом»:

Награждены **знаком «Академик И.В. Курчатов» 4-й степени**:

- начальник лаборатории И.К. Гриневецкий;
- заместитель начальника первого отдела И.А. Шишкин.

Объявлена благодарность начальнику группы лаборатории П.З. Кинашу.

Приказом № 427/К за долголетний добросовестный труд в атомной промышленности и в связи с 60-летием со дня рождения награжден нагрудным **знаком «Академик И.В. Курчатов» 2-й степени** генеральный директор НИТИ В.А. Василенко.

Приказом Государственной корпорации «Росатом» от 19.08.2008 № 788/К в связи с профессиональным праздником «Днем работников атомной отрасли» были награждены:

Нагрудным знаком «Академик И.В. Курчатов» 3-й степени

- начальник ОХТМИ А.А. Ефимов.

Нагрудным знаком «Академик И.В. Курчатов» 4-й степени:

- заведующий лабораторией ОТФИ С.Н. Волкова;
- начальник отдела ОДИ В.П. Черных.

Почетной грамотой ГК по АЭ:

- начальник службы КЭЭР Н.Е. Арбузов;
- главный инженер ИКАР А.С. Ковалев.

Объявлена благодарность:

- ведущему научному сотруднику ОНФИ С.П. Дашуку;
- заведующему лабораторией ОХТМИ В.Н. Епимахову;
- начальнику отдела ГК СКУ АЭС В.Г. Михалицыну;
- ведущему инженеру КЭЭР И.А. Никонову;
- начальнику группы КЭЭР К.П. Пукалову.

Приказом генерального директора НИТИ от 01.12.2008 № 08/804 введены в действие лицензии Ростехнадзора на право выполнения работ и предоставления услуг по проектированию и конструированию инженерно-технических средств систем физической защиты (ИТС СФЗ) объектов использования атомной энергии и на право изготовления оборудования ИТС СФЗ:

- систем физической защиты;
- систем охранно-пожарной сигнализации и защиты;
- систем связи, радио, телевидения, видеонаблюдения, автоматизации и вычислительной техники зданий и сооружений;
- сооружений и комплексов с экспериментальными и исследовательскими ядерными реакторами;
- радиационных объектов и т.д.

Ответственными за выполнение требований лицензий назначены руководители подразделений А.П. Петров, А.А. Ефимов, П.В. Куприков, А.Ф. Ставинов, Е.Б. Шехонов, Е.В. Клепинин, В.Л. Руденко.

Приказом предписывалось поддерживать необходимые численность и квалификацию сотрудников на уровне, достаточном для выполнения разрешенной лицензиями деятельности, и выполнять требования федеральных законов, нормативных актов, регламентов, стандартов, программ обеспечения качества.

05.12.2008 издан приказ генерального директора НИТИ «Об организации размещения информационных материалов на сайте НИТИ», который утверждал регламент размещения информации на официальном сайте ФГУП «НИТИ им.А.П. Александрова», информационную структуру сайта, форму аннотации для информационных материалов.

Ответственность за соблюдение установленного регламентом порядка размещения информационных материалов на сайте НИТИ возлагалась на начальника ОНТИ Е.М. Филиппова.

Оперативное руководство и координацию работ по подготовке информационных материалов, предназначенных для размещения на сайте НИТИ, осуществляет ученый секретарь института.

Кадровые изменения в 2008 году

С 09.11.2008 начальником автохозяйства назначен Волгин Дмитрий Вячеславович вместо В.И. Иващенко.

С 22.12.2008 начальником отдела охраны труда и техники безопасности назначена Оксана Викторовна Астахова вместо А.А. Гайдая.

Списочная численность сотрудников института на конец 2008 года составила 2 300 человек.

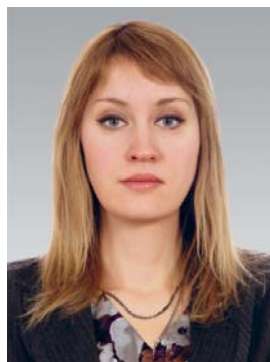
Наиболее важным событием в жизни института в 2009 году явилось проведение совещания представителей предприятий и организаций, принимавших участие в создании наземных стендов-прототипов для отработки корабельных ЯЭУ. Совещание было организовано по инициативе Департамента разработки и испытаний ядерных боеприпасов и военных энергетических установок (ДРЯБП и



Клепинин Е.В.



Руденко В.Л.



Астахова О.В.



Волгин Д.В.

ВЭУ) и НИТИ с целью более детального ознакомления с результатами многолетних испытаний и исследований корабельных ЯЭУ на стендах-прототипах НИТИ, а также определения дальнейшей перспективы развития и совершенствования стендовой базы института.

В совещании приняли участие представители: ДРЯБП и ВЭУ, НИТИ, в/ч 31270, 1 ЦНИИ МО РФ, ОКБМ «Африкантов», РНЦ «Курчатовский институт», НПО «Аврора», ГНЦ ФЭИ, НИКИЭТ им. Н.А. Доллежаля, СПМБМ «Малахит», ЦКБМТ «Рубин», ОКБ «ГИДРОПРЕСС», ЦНИИ им.А.Н.Крылова, НИИАР, ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 4939 ВП МО РФ.

Участники совещания отметили, что мировой опыт отработки, комплексных испытаний и исследований на наземных полномасштабных стендах-прототипах наглядно и убедительно подтверждает необходимость их строительства при создании ЯЭУ различного назначения. При этом решающее значение имеет именно опережающая эксплуатация наземного стенда относительно сроков строительства серийных ЯЭУ. Это дает возможность своевременно выявить конструкторские просчёты и скрытые дефекты, не тиражировать их в серийные ЯЭУ и получать существенный экономический эффект. Применительно к корабельным ЯЭУ предварительная стендовая отработка способствует повышению надежности и безопасности установок, увеличивает время использования кораблей по прямому назначению.

Комплексные испытания и отработка ЯЭУ на стендах-прототипах НИТИ, завершающие разработки многих коллективов ученых, конструкторов, проектантов, вбирают в себя как «концевая» технология усовершенствованные методы от-



Участники совещания в конференц-зале института

работки и испытаний отдельного оборудования, позволяют получить результаты, недостижимые в частных испытаниях. Успешное решение этих задач требует совместных усилий самых разных специалистов в различных областях науки и техники: физике и ядерной физике, математике, механике, теплофизике, гидродинамике, химии, радиохимии, ядерной и радиационной безопасности и др.

Полученные на стендах-прототипах НИТИ результаты испытаний ЯЭУ в большинстве случаев были использованы при эксплуатации АПЛ с подобными ядерными энергетическими установками. Это касается не только совершенствования алгоритмов управления установкой, но и вопросов ремонта и модернизации оборудования, продления срока его службы и технического ресурса, изменения водно-химического и газового режимов теплоносителя, отработки технологий выгрузки ОТВС и отправки их на переработку и т.д.

Для получения дополнительной информации о параметрах ЯЭУ при испытании на наземном стенде-прототипе в НИТИ созданы первые в стране измерительно-вычислительные комплексы (ИВК) АНИС, обеспечивающие в масштабе реального времени сбор, обработку и представление информации о работе систем и оборудования стендов-прототипов. На этих ИВК впервые был реализован режим аварийной циклической регистрации параметров установки.

Испытания ЯЭУ в НИТИ сопровождаются разработанными специалистами института всережимными математическими моделями, которые являются основой не только для обоснования безопасности испытаний с помощью расчетных исследований, но и для создания полномасштабных тренажёров с целью обучения и подготовки операторов ЯЭУ. Созданные в институте расчетно-моделирующие комплексы (РМК) являются мощным средством изучения и анализа свойств ЯЭУ. Целое семейство РМК, переданное в российские проектные и научные предпри-



Фотография на память возле памятника А.П. Александрову

ятия, позволяет оптимизировать проектно-технические решения, отработать системы управления и системы технического диагностирования корабельных ЯЭУ.

Все выступавшие на совещании представители предприятий и организаций однозначно подтвердили необходимость развития стендовой базы НИТИ, продолжения испытаний ЯЭУ на стендах КВ-1 и КВ-2. Большое внимание было уделено разработке проекта опытной ППУ с жидкометаллическим теплоносителем и реконструкции стенда КМ-1 для отработки ППУ.

Участники совещания решили организацию подобных совещаний сделать на регулярной основе с периодичностью в два-три года.

28.12.2009 генеральным директором НИТИ был подписан приказ «О реорганизации энергохозяйства института».

Этим приказом предусматривалось объединение отдела главного энергетика и энергоцеха в одно подразделение – отдел главного энергетика (ОГЭ).

Необходимо отметить, что коллектив объединенного отдела главного энергетика в период организационной перестройки не допустил срывов в бесперебойном обеспечении объектов института энергоносителями, соблюдая при этом соответствующие правила эксплуатации энергоустановок, действующие экологические и санитарные нормы и требования надзорных органов Российской Федерации.

С 01.04.2010 в составе ОГЭ было сформировано два цеха: технологический (начальник цеха А.Н. Гавричков) и электротехнический (начальник цеха И.И. Чечиков).

В эксплуатационных подразделениях цехов введены новые должности: начальник смены и сменный инженер-электрик в электротехническом цехе, сменный инженер-технолог в технологическом цехе.

Впервые за последние 30 лет в энергохозяйстве института выполнен мон-



Гавричков А.Н.



Чечиков И.И.

таж парового котла на дизельном топливе типа ДКР 6,5/13 в здании 150. Котлоагрегат с современными автоматизированными системами химводоочистки, топливоподачи и газоудаления в комплекте с итальянской горелкой компании CJD UNJGAS управляется со щита автоматического управления режимами работы котла и вспомогательными системами.

Высокая степень автоматизации, применение электроприводов с частичным регулированием и модульной го-

релки с плавным регулированием мощности значительно сокращает расходы института на содержание котельного оборудования.

С января 2010 года в институте начата большая работа по реализации Федерального закона от 23.11.2009 № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».

Одним из мероприятий по реализации этого закона является примененный в здании 108 автоматизированный тепловой узел, позволяющий поддерживать температуру теплового контура здания в зависимости от температуры наружного воздуха, что обеспечивает снижение расхода теплоносителя.

В начале отопительного сезона 2010...2011 гг. проведена реконструкция коммерческого узла учета тепловой энергии в павильоне №1. После замены участка теплосети и установки цифровых расходомеров увеличилась пропускная способность теплосети, что позволило обеспечить теплоносителем объекты строящейся ЛАЭС-2, при этом увеличилась точность измерений расхода теплоносителя до 0,5 %.

Примененный радиочастотный канал связи позволяет контролировать параметры теплоносителя на рабочем месте начальника смены электротехнического цеха.

Ведущие специалисты ОГЭ в 2010 году принимали активное участие в завершении работ по реконструкции дизельной электростанции в здании 122А для проведения ресурсных испытаний стендов КВ-1 и КВ-2. Оборудование здания 122А подготовлено к проведению комплексных испытаний после переключения всех стендовых установок института на новую схему электроснабжения.

В 2009 году кадровые изменения среди руководителей подразделений были связаны с увольнением предыдущих руководителей. В связи с тяжелой болезнью был освобожден от занимаемой должности начальник отдела кадров В.П. Сердюков. Начальником отдела кадров с 01.12.2009 назначен Сергей Владимирович Владимиров. После увольнения Г.П. Чернышева главным энергетиком института с 16.03.2009 назначен Юрий Игоревич Макаренко. Начальником секретного отдела вместо В.Г. Салагина с 01.03.2009 назначен Олег Владимирович Повзун.

2010 год ознаменован тем, что в отраслевое тарифное соглашение по атомной энергетике, промышленности и науке на 2009...2011 годы были внесены изменения, касающиеся разделов оплаты труда, охраны здоровья и социальной защиты.

Основным изменением явилось применение (в том числе и в институте) крупномасштабного проекта по внедрению принципиально новой Единой унифицированной системы оплаты труда (ЕУСОТ). Основные усилия руководства института, руководителей экономических и кадрового подразделений, профсоюзного комитета были направлены на подготовку, организационное применение



Владимиров С.В.



Макаренко Ю.И.



Повзун О.В.

и согласование внедрения ЕУСОТ в НИТИ. Эта работа при всей ее сложности и новизне прошла на достаточно высоком организационном уровне. Необходимо констатировать, что при переходе с ЕСОТ на ЕУСОТ в институте не было ни единого случая возникновения трудовых споров в связи с изменением условий оплаты труда.

По мнению руководства ГК «Росатом» устранение недостатков системы ЕУСОТ может занять до двух лет. Задачей администрации и профсоюзного комитета в это время является корректировка коллективного договора с учетом изменившейся системы оплаты труда.

В этом же году произошли значительные изменения в организационной структуре института. Заместитель генерального директора по кадрам и социальным вопросам стал называться заместителем генерального директора по управлению персоналом. На эту должность с 01.06.2010 был назначен Леонид Богданович Муцын. В его подчинение из планово-производственного отдела перешла группа труда, заработной платы и нормирования труда в виде отдела труда и заработной платы (ОТиЗ). Начальником ОТиЗ с 01.04.2010 назначена Надежда Ивановна Блонова.

Создан департамент финансирования (казначейство), который возглавил с 01.04.2010 бывший заместитель начальника планово-производственного отдела Денис Валерьевич Чумаков.

Планово-производственный отдел переименован в департамент экономики, планирования и инвестиций.



Муцын Л.Б.



Блонова Н.И.



Чумаков Д.В.



Грановская Н.П.



Кузьмичёва В.С.

Его возглавила с 01.04.2010 Надежда Павловна Грановская. Бухгалтерия переименована в департамент бухгалтерского учета. Валентина Савватиевна Кузьмичёва с 01.04.2010 назначена начальником указанного департамента – главным бухгалтером института.

В НИТИ создан также отдел конкурсных технологий, начальником которого с 01.06.2010 назначена Юлия Валерьевна Баранецкая.

В 2010 году несколько сотрудников НИТИ были награждены нагрудными знаками:

«Е.П. Славский» – генеральный директор института В.А. Василенко.

«Академик А.П. Александров»:

- начальник лаборатории ОДИ С.В. Батраков;
- заместитель начальника ОЭИМСИ А.П. Лукашев;
- начальник лаборатории ОДИ В.В. Соловьев;
- начальник отдела ИКАР Г.Л. Шитарев.

«Академик И.В. Курчатов» 4-й степени

- заведующий лабораторией ОТФИ В.К. Ефимов.

Почетная грамота ГК «Росатом» вручена начальнику группы ОНФИ Д.Н. Жуковскому.

В связи с 65-летием атомной отрасли в 2010 году награждены медалью **«65 лет атомной отрасли России»** сотрудники НИТИ:

- Алферов А.Б. – ведущий инженер;
- Аненко Л.М. – техник I категории;
- Аксенов В.Р. – ведущий научный сотрудник;
- Василенко В.А. – генеральный директор;
- Викулов В.В. – ведущий инженер;



В.С. Шевченко с коллегами

Витин С.П. – начальник лаборатории;
Грановский В.С. – ведущий научный сотрудник;
Ефимов В.А. – ведущий научный сотрудник;
Ильин В.Г. – начальник отдела;
Калинин А.В. – начальник отдела;
Круглов В.О. – наладчик КИПиА;
Леонтьев Г.Г. – заместитель начальника отдела;
Морозов Ю.А. – начальник отдела;
Петухов А.А. – начальник группы;
Розенберг А.Л. – заместитель начальника службы;
Харин В.П. – ведущий научный сотрудник;
Юрченко Ю.В. – наладчик КИПиА.

О кадровых изменениях в 2010 году

С 01.04.2010 заместителем главного инженера института по качеству назначен Евгений Вениаминович Клепинин с возложением на него обязанностей начальника ОТК.

С 01.10.2010 Егор Егорович Анопочкин назначен начальником отдела технического надзора за эксплуатацией зданий и сооружений.

С 04.05.2010 начальником столовой назначен Андрей Борисович Волков вместо ушедшей на пенсию Л.И. Жабровой.

Говоря о кадровых изменениях необходимо отметить, что еще в ноябре 2009 года тяжело заболел заместитель генерального директора по кадрам и социальным вопросам Василий Сидорович Шевченко. В начале 2010 года ему пришлось уволиться из института. Его приемником, как уже было отмечено, стал Л.Б. Муцын.

Списочная численность института по состоянию на 31.12.2010 составила 2462 человека.

Несколько слов о деятельности отдела по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям. В 1995 году после перехода Г.Ф. Забелина на работу в городскую администрацию начальником штаба ГО был назначен Г.Д. Баранов. Основные усилия штаба были направлены на подготовку персонала института по гражданской обороне и обеспечение безопасной работы ЯЭУ стендов-прототипов. Были организованы регулярные контрольные противоаварийные тренировки сменного персонала КЭЭР. После переименования в 1995 г. штаба ГО в отдел по чрезвычайным ситуациям его работа активизировалась не только по вопросам гражданской обороны и предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, но и безопасности института в целом.

С приемом в 1998 г. на должность заместителя начальника отдела бывшего флотского офицера, капитана 1 ранга запаса В.А. Конарева началось активное внедрение в систему подготовки персонала института средств вычислительной техники, что сразу подняло уровень готовности сотрудников по вопросам ГО и ЧС и изменило в лучшую сторону отношение всех категорий персонала к отрабатываемым вопросам.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ



*Голубцов А.Н.
Начальник отдела технического обучения*

С целью подготовки специалистов для подразделений НИТИ, институтом ведется работа в направлениях:

- профессиональной ориентации школьников;
- профессиональной ориентации учащихся «Сосновоборского политехнического колледжа» студентов института ядерной энергетики (филиала) СПбГПУ в г. Сосновый Бор.

В части профессиональной ориентации школьников разрабатывается программа «Школы – НИТИ» с целью выявления школьников, увлеченных изучением научно-технических дисциплин и подготовки их к поступлению в ВУЗ.

В программе «Школа – НИТИ» предусматриваются следующие занятия специалистов НИТИ со школьниками:

- проведение специальных занятий, расширяющих познания школьников в области физики и математики;
- обсуждение современных концепций и подходов к использованию ядерных технологий;

- организация творческих коллективов с привлечением школьников к работам научных подразделений НИТИ;
- участие специалистов НИТИ в проведении конкурсов творческих работ;
- организация экскурсий в подразделения института.

Работа с учащимися «Сосновоборского политехнического колледжа» и студентами института ядерной энергетики (ИЯЭ) ведется по следующим направлениям:

- проведение встреч руководителей и специалистов НИТИ с учащимися и студентами для ознакомления с основными видами деятельности института;
- участие специалистов НИТИ в экзаменационных комиссиях и проведении конкурсов «Лучший по профессии»;
- проведение производственной и преддипломной практики учащихся и студентов с привлечением студентов старших курсов к работе в научных подразделениях;
- чтение специалистами НИТИ специальных курсов в области ядерной физики, теплогидравлики, динамики ЯЭУ и др.;
- руководство научными работами студентов;
- реализация целевой контрактной подготовки специалиста.

Двухсторонний контракт студент – НИТИ регламентирует взаимоотношения между НИТИ и студентом. НИТИ гарантирует выпускнику предоставление рабочего места по специальности. Студент обязуется по окончании института заключить с НИТИ трудовой договор на срок не менее 3 (трех) лет.

Специалисты НИТИ принимают самое непосредственное участие в учебном процессе СПбГПУ и ИЯЭ.

В СПбГПУ д.т.н., профессор В.А. Василенко и к.т.н., доцент Ю.Н. Анискевич читают студентам 4-го и 5-го курсов циклы лекций «Ядерные реакторы» и «Безопасность АЭС», д.т.н. А.В. Ельшин читает лекции по расчётам ядерных реакторов.

В ИЯЭ в разные годы преподавали сотрудники НИТИ: д.т.н. А.В. Ельшин, д.т.н. И.С. Орленков, д.т.н. В.Н. Епимахов, к.т.н. В.В. Рассказов, к.х.н. А.А. Ефимов, к.т.н. Ю.А. Мигров, к.т.н. В.Р. Аксенов, к.т.н. В.В. Кривобоков, А.П. Лукашев, А.А. Чертков и другие.

Д.т.н. А.В. Ельшин в ИЯЭ заведует кафедрой «Проектирование и эксплуатация АЭС».

К.т.н. В.Р. Аксенов был основателем и первым заведующим кафедрой «Информационно-вычислительные системы». С 2008 года кафедрой заведует к.т.н. В.В. Рассказов.

Д.т.н., профессор В.Б. Хабенский является председателем ГАК, членом учёного совета СПбГПУ.

Активное участие специалистов НИТИ в учебном процессе ИЯЭ позволило повысить качество подготовки специалистов для атомной отрасли путем привлечения передовых знаний, опыта и информационных технологий в области атомной энергетики. Опыт взаимодействия НИТИ с ИЯЭ показал, что необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

- разработка предложений по корректировке образовательных программ с целью наиболее полного удовлетворения потребностей НИТИ и АЭС;
- подготовка студентов старших курсов по индивидуальным программам с учетом потребностей НИТИ;
- участие студентов старших курсов в научных работах подразделений института;
- определение тем дипломных проектов с учетом результатов работы студентов в подразделениях НИТИ.

Для обеспечения безопасной и эффективной эксплуатации оборудования НИТИ, выполнения работ на качественном и современном уровне институт поддерживает и повышает квалификацию своих работников.

Рабочие проходят повышение квалификации на рабочих местах с привлечением к обучению высококвалифицированных специалистов и рабочих НИТИ, таких как начальник группы Шаров В.А., начальник группы Крылов Н.И., начальник группы Федоров В.В., наладчик КИПиА 8 разряда Василевский А.И., слесарь по КИПиА 8 разряда Белов Ю.Г. и др.

Руководители и специалисты НИТИ проходят повышение квалификации в отраслевом «Центральном институте повышения квалификации» г. Обнинска и его филиалах (г. Москва и г. Санкт-Петербург), а также в таких известных образовательных учреждениях, как СПбГ ПУ, ПЭИПК, МИПК МГТУ им. Н.Э. Баумана, АСМС.

В настоящее время НИТИ является единственной в России экспериментальной базой по комплексной отработке перспективных ЯЭУ. В институте проводятся на полномасштабных стендах-прототипах всесторонние испытания и исследования корабельных ЯЭУ для АПЛ различных поколений. Результаты испытаний имеют большое практическое значение как для проектных организаций, так и для личного состава флота при эксплуатации ЯЭУ, систем контроля и управления, проведения ремонтных работ, обеспечения ядерной и радиационной безопасности.

Экономический эффект от проводимых на наземных стендах-прототипах ЯЭУ опытно-конструкторских работ в значительной мере определяется возможностью распространения полученных результатов на серии АПЛ, что предотвращает аварии и вывод АПЛ из действия.

Конверсия позволила с успехом внедрять в «мирной» атомной энергетике научно-технические наработки ученых и специалистов нашего института, развивать и совершенствовать те задачи, которые у НИТИ имеются.

Книга выходит в канун юбилея института. Свой пятидесятилетний юбилей коллектив ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» встречает полным сил и энергии, с уверенностью в необходимости и значимости своего труда в оснащении кораблей ВМФ и объектов гражданской атомной энергетике современными надёжными и безопасными ядерными энергетическими установками, а также различными системами и устройствами для повышения надёжности и безопасности этих объектов.

**ВETERАНЫ, ОТРАБОТАВШИЕ в НИТИ 40 ЛЕТ
И ПРОДОЛЖАЮЩИЕ ТРУДИТЬСЯ в ИНСТИТУТЕ**

- 1963 г.*
1. Климов Ю.Т. – начальник лаборатории ОДИ
 2. Хабенский В.Б. – главный научный сотрудник ОТФИ
- 1964 г.*
3. Колесников А.И. – начальник ОДИ
- 1965 г.*
4. Дудник В.Д. – начальник отдела КЭЭР
 5. Фомин С.М. – начальник группы КЭЭР
 6. Кирип Г.С. – зам. начальника отделения
 7. Ламцов В.М. – инженер КЭЭР
 8. Чемерис В.С. – ведущий инженер ОДИ
- 1966 г.*
9. Житенева С.М. – начальник группы ОДИ
 10. Зайцева В.А. – инженер ОДИ
 11. Зотов В.Н. – инженер ОДИ
 12. Костина К.С. – уборщица
 13. Крохин В.М. – инженер ОНФИ
 14. Лекарев Г.В. – инженер КЭЭР
 15. Медведский Г.К. – инженер КЭЭР
 16. Михайлов М.Г. – начальник группы ОДИ
 17. Морозов Ю.А. – начальник отдела ОДИ
 18. Овинцовский Н.Н. – слесарь ОЭЦ
 19. Рыжов В.М. – ведущий инженер отдела фондов
- 1967 г.*
20. Ивличев В.В. – ведущий научный сотрудник ОДИ
 21. Ивличева Л.В. – инженер ОТФИ



- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 22. Иконников В.И. | – начальник группы ОДИ |
| 23. Калинин А.В. | – начальник отдела КЭЭР |
| 24. Колесников В.П. | – ведущий инженер КЭЭР |
| 25. Погребной Г.А. | – начальник группы ОДИ |
| 26. Устинов В.И. | – слесарь КИП и А КЭЭР |

1968 г.

- | | |
|----------------------|---|
| 27. Аммосова С.Н. | – инженер ОДИ |
| 28. Анненко Л.М. | – техник ИКАР |
| 29. Бабаев В.В. | – начальник службы НПЦ |
| 30. Георге В.Я. | – начальник стенда |
| 31. Гриневицкий И.К. | – начальник лаборатории |
| 32. Ермолаева А.Н. | – ведущий инженер |
| 33. Зимаков В.Н. | – начальник отдела ОДИ |
| 34. Ишин В.В. | – ведущий инженер КЭЭР |
| 35. Круглов В.О. | – наладчик КИП и А ИКАР |
| 36. Ремнев Ю.В. | – инженер ОЭИ МСИ |
| 37. Филин Р.Д. | – первый зам. генерального директора НИТИ |
| 38. Холмский И.Г. | – ведущий инженер КЭЭР |
| 39. Чупалова В.М. | – инженер ОДИ |
| 40. Шишкин И.А. | – зам. начальника первого отдела |

1969 г.

- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| 41. Аганин Е.П. | – слесарь-ремонтник КЭЭР |
| 42. Белов М.Я. | – инженер КЭЭР |
| 43. Богусевич В.М. | – ведущий инженер КЭЭР |
| 44. Бредихин В.Я. | – ведущий научный сотрудник ОХТИ |
| 45. Буткевич Е.А. | – ведущий инженер КЭЭР |
| 46. Голубев А.И. | – слесарь-ремонтник КЭЭР |
| 47. Грановская Н.П. | – начальник департамента планирования |
| 48. Грознов Ю.А. | – ведущий инженер ОНФИ |
| 49. Егоров А.П. | – начальник лаборатории ОДИ |
| 50. Ефимов В.А. | – ведущий научный сотрудник ОДИ |
| 51. Жернильский В.В. | – начальник группы ЭОРБ |
| 52. Задорин Б.Ф. | – начальник группы КЭЭР |
| 53. Килипенко Ю.В. | – ведущий инженер КЭЭР |
| 54. Ким В.Ч. | – старший научный сотрудник ОДИ |
| 55. Косенко М.К. | – начальник службы КЭЭР |
| 56. Костин В.В. | – инженер КЭЭР |
| 57. Костюкова А.В. | – начальник группы |

- 58. Косякова В.В. – слесарь по КИП и А ОЭИ МСИ
- 59. Крылов Н.И. – начальник группы ОЭИ МСИ
- 60. Кузнецов В.Я. – ведущий инженер
- 61. Лебедев Э.А. – зам. начальника ИКАР
- 62. Лычагин В.М. – ведущий инженер ЭОРБ
- 63. Никитин В.А. – электромонтер КЭЭР
- 64. Новиков В.П. – начальник группы
- 65. Розенберг А.Л. – зам. начальника службы КЭЭР
- 66. Сапожников В.Я. – зам. главного инженера ИКАР
- 67. Семёнова В.Г. – уборщица производственных помещений
- 68. Стольников И.В. – машинист паровых турбин КЭЭР
- 69. Тукмачев В.Л. – начальник группы ИКАР
- 70. Хотулев В.Н. – начальник службы ИКАР
- 71. Хозичев А.И. – начальник стенда

1970 г.

- 71. Богданов Л.П. – зам. директора по ИКАР
- 73. Бодунов Е.М. – начальник группы КЭЭР
- 74. Вилков Н.Я. – ведущий научный сотрудник ОХТИ
- 75. Волков В.М. – инженер ЭОРБ
- 76. Гоголева Г.А. – инженер отдела режима
- 77. Годон Л.А. – старший научный сотрудник
- 78. Гусев Б.А. – ведущий научный сотрудник ОХТИ
- 79. Давыдов В.П. – электромонтер КЭЭР
- 80. Дойняк П.Н. – водитель автомобиля автохозяйства
- 81. Ефимов А.А. – ведущий научный сотрудник ОХТИ
- 82. Жуков В.А. – инженер ЭОРБ
- 83. Карпов О.Е. – инженер КЭЭР
- 84. Козлов В.В. – инженер КЭЭР
- 85. Коньшин М.И. – дозиметрист ЭОРБ
- 86. Коршунов А.Ф. – начальник отдела ОДИ
- 87. Кравцова З.Н. – секретарь зам. директора
- 88. Красильников Ю.Н. – ведущий инженер КЭЭР
- 89. Леонтьев Г.Г. – зам. начальника отдела ОХТИ
- 90. Логинов А.П. – дозиметрист ЭОРБ
- 91. Малышев А.П. – машинист паровых турбин КЭЭР
- 92. Метелев Н.И. – председатель профкома
- 93. Мигров Ю.А. – начальник ОТФИ
- 94. Налимов А.С. – слесарь-ремонтник КЭЭР
- 95. Незаметова Т.Д. – инженер



- | | |
|--------------------|---|
| 96. Орленков И.С. | – главный научный сотрудник ОХТИ |
| 97. Пазухин А.В. | – электромонтёр КЭЭР |
| 98. Слуцкая Н.Т. | – техник ОХТИ |
| 99. Соловьев В.В. | – начальник лаборатории ОДИ |
| 100. Тростин Б.И. | – оператор экспериментальных стендов КЭЭР |
| 101. Устинова Л.П. | – техник ОГК АСУ ТП |
| 102. Федюкина Р.В. | – инженер ООТиТБ |
| 103. Хохлов В.И. | – инженер КЭЭР |
| 104. Шаров В.А. | – начальник группы КЭЭР |
| 105. Шитарев Г.Л. | – начальник отдела ИКАР |
| 106. Юрченко Ю.Г. | – начальник группы КЭЭР |

1971 г.

- | | |
|-----------------------|---|
| 107. Агеева Г.Н. | – уборщица КЭЭР |
| 108. Анисимов И.К. | – начальник службы ИКАР |
| 109. Анискевич Ю.Н. | – учёный секретарь института |
| 110. Вдовенко В.А. | – начальник группы ОГЭ |
| 111. Гальцов С.Н. | – слесарь по КИП и А ЭОРБ |
| 112. Гартунг Т.В. | – начальник ОДО |
| 113. Горшков А.И. | – ведущий научный сотрудник ОХТИ |
| 114. Денисова Т.П. | – техник ОГЭ |
| 115. Ефимова С.А. | – инженер КЭЭР |
| 116. Жевнерова А.Н. | – секретарь директора |
| 117. Засуха В.К. | – начальник отдела НПЦ |
| 118. Иванов Г.И. | – начальник группы ОЭИ МСИ |
| 119. Истомина Л.А. | – электромонтер ОЭУСС |
| 120. Колесников В.Ф. | – главный инженер КМС |
| 121. Корюков Е.В. | – электромонтер КЭЭР |
| 122. Лошков А.Л. | – зам. генерального директора |
| 123. Лякин В.А. | – лаборант-радиохимик ОХТИ |
| 124. Ляптяева А.Г. | – специалист по кадр. делопроизводству ОК |
| 125. Ноготушкина Г.И. | – горничная |
| 126. Нурханова Н.А. | – кладовщик КЭЭР |
| 127. Петров Н.М. | – начальник службы ЭОРБ |
| 128. Петухов А.А. | – ведущий инженер ОХТИ |
| 129. Пучкова Э.И. | – зав. кассой ДФК |
| 130. Рязанцев Г.Я. | – слесарь КИП и А КЭЭР |
| 131. Саранча О.Н. | – начальник группы ЭОРБ |
| 132. Трубинов Н.Н. | – электромонтер КЭЭР |
| 133. Череповская Е.П. | – техник ОГЭ |

1972 г.

- | | |
|-----------------------|---|
| 134. Акимов А.Д. | – начальник группы КЭЭР |
| 135. Александров Б.А. | – инженер КЭЭР |
| 136. Александров Н.Н. | – аккумуляторщик ОГЭ |
| 137. Артемов В.Г. | – зав. лабораторией ОНФИ |
| 138. Батраков С.В. | – начальник лаборатории ОДИ |
| 139. Белозеров И.И. | – электромонтер ОГЭ |
| 140. Беляков А.Е. | – ведущий инженер ОЭИ МСИ |
| 141. Блаженко М.И. | – лаборант-радиохимик ОХТИ |
| 142. Василенко В.А. | – генеральный директор |
| 143. Волкова С.Н. | – зав. лабораторией ОТФИ |
| 144. Гончар А.И. | – инженер ЭОРБ |
| 145. Гопалов И.А. | – начальник службы ЭОРБ |
| 146. Грановский В.С. | – ведущий научный сотрудник ОТФИ |
| 147. Ефременко Г.В. | – слесарь по КИП и А |
| 148. Жгилев А.В. | – ведущий инженер ОДИ |
| 149. Иванников А.М. | – начальник лаборатории ОДИ |
| 150. Иванов А.С. | – ведущий научный сотрудник ОНФИ |
| 151. Ильин В.Г. | – начальник ЭОРБ |
| 152. Киреев И.П. | – начальник отдела КЭЭР |
| 153. Корнев. Ю.К. | – ведущий инженер ЭОРБ |
| 154. Кучинская Т.В. | – зав. множительным бюро КО |
| 155. Малкова Т.М. | – старший библиотекарь |
| 156. Матросов В.С. | – начальник смены КЭЭР |
| 157. Морозов С.Н. | – электрослесарь ОГЭ |
| 158. Нагорнев П.Г. | – электромонтер ОГЭ |
| 159. Орлов Г.В. | – лаборант-радиохимик ОХТИ |
| 160. Пискарев А.В. | – старший научный сотрудник ОНФИ |
| 161. Степанов Н.П. | – инженер ЭОРБ |
| 162. Ступак А.Н. | – начальник группы ИКАР |
| 163. Сурнов В.С. | – ведущий инженер КЭЭР |
| 164. Фирсов Н.И. | – электромонтер КЭЭР |
| 165. Шаленинов А.А. | – зав. лабораторией ОДИ |
| 166. Шаньгин Г.Ф. | – слесарь-ремонтник |
| 167. Ширяев А.Е. | – оператор экспериментальных стендов КЭЭР |
| 168. Ремнева Н.Н. | – слесарь по КИП и А ОЭИ МСИ |
| 169. Янчук В.К. | – начальник группы ИКАР |

ОБ АВТОРЕ



Рыжов В.М.

Родился 31 октября 1934 года в Ивановской области. В 1949 году поступил в Ивановский электромеханический техникум, который окончил в 1953 году. Был направлен на работу в г. Бердянск Украинской ССР на завод «Азовкабель», а затем был призван на воинскую службу на Черноморский флот. Служил матросом, старшим матросом, закончил службу в должности старшины 1 статьи. После демобилизации поступил и в 1964 году окончил Ивановский текстильный институт, получив специальность «Инженер-электромеханик по автоматизации производственных процессов химико-технологической промышленности».

С 1966 года – в Научно-исследовательском технологическом институте: инженер, старший инженер управления, начальник смены стенда КМ-1, начальник группы испытаний стенда. Принимал непосредственное участие в разработке и практическом применении на ЯЭУ стенда новой технологии жидкометаллического теплоносителя. Особенно важной работой была бездемонтажная технология ремонта и герметизации трещин на парогенераторах МП-7, давшая впоследствии возможность проводить испытания ЯЭУ без ограничений по мощности до окончания кампании (105 %). Используя разработанные в институте информационно-вычислительные комплексы, успешно применял их в своей практической деятельности при проведении испытательных режимов.

С 1985 года – заместитель главного инженера комплекса экспериментальных энергетических реакторов (КЭЭР), с 1991 года – главный инженер КЭЭР. Провел значительную работу по подготовке к 3-й кампании стенда КВ-1, особенно сложной была работа по монтажу, пусконаладке и вводе в эксплуатацию электрогенератора, примененного для снятия нагрузки с главной турбины и выдачи электроэнергии в сеть «Ленэнерго».

С 2002 года – ведущий инженер отдела фондов научно-технической и управленческой документации. Основные функции – подготовка к изданию Годовых Отчетов института о производственной и научной деятельности, подготовка материалов для различных сборников, журналов, энциклопедий и т.п.

Фундаментальное знание ЯЭУ стендов КМ-1, КВ-1 и КВ-2, а также практические знания разработанных в институте ИВК, РАС, РМК и других систем контроля и управления ЯЭУ позволили собрать большой материал для написания этой книги.

Награжден орденом «Знак Почета», медалью «300 лет Российского флота». Ветеран НИТИ, ветеран атомной энергетики и промышленности.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АБ	– аккумуляторная батарея
АЗ	– аварийная защита
а.з	– активная зона
АПЛ	– атомная подводная лодка
АРМ	– автоматизированное рабочее место
АС	– аварийная сигнализация
АС	– автоматизированная система обучения
АСРК	– автоматизированная система радиационного контроля
АСУ ТП	– автоматизированная система управления технологическим процессом
АСХК	– автоматизированная система химического контроля
АУЗ	– автоматизированное учебное занятие
АУК	– автоматизированные учебные курсы
АЭК	– акустико-эмиссионный контроль
АЭС	– атомная электростанция
ББР	– безбатарейное расхолаживание
БВ	– бассейн выдержки
БГД	– бетон гематитовый специальный
БД	– база данных
ВВД	– воздух высокого давления
ВВР	– водо-водяной реактор
ВМФ	– Военно-Морской Флот
ВНД	– воздух низкого давления
ВХР	– водно-химический режим
ГВД	– газ высокого давления
ГК	– главный конденсатор
ГКП	– главный командный пункт
ГТА	– главный турбинный агрегат
ГЭУ	– главная энергетическая установка
ДГ	– дизель-генератор
ДУ	– дистанционное управление
ЕУСОТ	– единая унифицированная система оплаты труда



ЕЦ	– естественная циркуляция
ЖМ	– жертвенный материал
ЖМТ	– жидкометаллический теплоноситель
ЖРО	– жидкие радиоактивные отходы
ИВК	– измерительно-вычислительный комплекс
ИИ	– ионизирующие излучения
ИК	– измерительный канал
ИМ	– исполнительный механизм
ИПА	– импульсно-пусковая аппаратура
КГ	– компенсирующая группа
КГО	– контроль герметичности оболочек твэлов
КД	– компенсатор давления
КИП	– контроль ионных примесей
КМС	– крупномасштабный стенд
КН	– конденсатный насос
КО	– компенсатор объема
КОС	– комплексная система обучения
КСАУ	– комплексная система автоматического управления
КСУ ТС	– комплексная система управления техническими средствами
КТ	– комплексный тренажер
ЛПА	– линия проточного анализа
МБК	– металлобетонный контейнер
МВК	– межведомственная комиссия
МДК	– мобильный диагностический комплекс
ММ	– математическая модель
ММСУ	– модульная мембранно-сорбционная установка
МП	– местный пост
МЦО	– межцикловое обслуживание
НД	– нормативный документ
НЖМД	– накопитель на жестком магнитном диске
НК	– надводный корабль
НФИ	– нейтронно-физические измерения
ОАО	– открытое акционерное общество
ОГЭ	– отдел главного энергетика
ОКС	– общекорабельные системы
ОПК	– основной промконтур
ОО	– образец для оценивания
ОПФ	– ответственный представитель физлаборатории
ОТВС	– отработавшая тепловыделяющая сборка

ОЯТ	– отработавшее ядерное топливо
ПБ	– программный блок
ПВ	– питательная вода
ПГ	– парогенератор
ПГБ	– парогенерирующий блок
ПДСС	– проточный датчик состава среды
ПК	– программный комплекс
ПКУ	– пароконденсационная установка
ПМТ	– полномасштабный тренажер
ПНР	– пусконаладочные работы
ПО	– программное обеспечение
ПОР	– потенциально-опасная работа
ППУ	– паропроизводящая установка
ПС	– предупредительная сигнализация
ПТК	– программно-технический комплекс
ПТС	– программно-технические средства
ПТУ	– паротурбинная установка
ПУ	– пульт управления
ПФ	– представитель физлаборатории
ПЦ ПЛУ	– прибор центральный программно-логического устройства
ПЭБ	– плавучий энергоблок
РВО	– радиоактивные отходы
РАС	– регистратор аварийных событий
РБ	– радиационная безопасность
РДЭ	– резервная дизельная электростанция
РК	– расчетный код
РК	– радиационный контроль
РМИ	– рабочее место инструктора
РМК	– расчетно-моделирующий комплекс
РМО	– рабочее место обучаемого
РУ	– реакторная установка
РХ	– ресурсные характеристики
СА	– система автоматического регулирования
СИ	– средства измерения
СКД	– система компенсации давления
СКП	– сверхкритические параметры
СКУ	– система контроля и управления
СО	– советчик оператора
СПОТ 3О	– система пассивного отвода тепла от защитной оболочки



СТД	– система технического диагностирования
СУ	– система управления
СУД	– система управления движением
СУЗ	– система управления и защиты
ТВС	– тепловыделяющая сборка
ТВЭЛ	– тепловыделяющий элемент
ТГ	– турбогенератор
ТЖМТ	– тяжелый жидкометаллический теплоноситель
ТРО	– твердые радиоактивные отходы
ТС	– технические средства
ТТИ	– теплотехнические измерения
УЗК	– ультразвуковой контроль
УЛР	– устройство локализации расплава
УР	– устройство регистрации
УЦ	– учебный центр
ФПО	– функциональное программное обеспечение
ФТО	– функциональный тренажер обучения
ЦНПК	– циркуляционный насос первого контура
ЦПУ	– центральный пульт управления
ЭД	– эксплуатационная документация
ЭСМ	– экстренное снижение мощности
ЭТР	– электронно-техническое руководство
ЭЭС	– электроэнергетическая система
ЯБ	– ядерная безопасность
ЯТ	– ядерное топливо
ЯЭУ	– ядерная энергетическая установка

Оглавление

<i>НИТИ – Флагман в области исследования и отработки перспективных ЯЭУ</i>	<i>3</i>
<i>Предисловие.....</i>	<i>19</i>
<i>Часть первая (1990...2000 годы).....</i>	<i>23</i>
<i>Краткая характеристика технического состояния стендов-прототипов</i>	
<i>на конец 1989 года</i>	<i>23</i>
<i>Подготовка и начало испытаний стенда КВ-1 в третьей кампании</i>	<i>25</i>
<i>Окончание строительно-монтажных работ и ввод в эксплуатацию стенда КВ-2.....</i>	<i>43</i>
<i>Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.....</i>	<i>56</i>
<i>Отделение динамических исследований (ОДИ).....</i>	<i>57</i>
<i>Лаборатория теплофизических исследований (ЛТФИ),</i>	
<i>с 1996 года – отдел теплофизических исследований (ОТФИ)</i>	<i>67</i>
<i>Отдел химико-технологических и материаловедческих исследований</i>	<i>73</i>
<i>Отдел нейтронно-физических исследований (ОНФИ)</i>	<i>83</i>
<i>Отдел главного конструктора систем контроля и управления АЭС (ОГК СКУ АЭС)....</i>	<i>85</i>
<i>Научно-промышленный центра атомной энергетики (НПЦ АЭ)</i>	<i>89</i>
<i>Структурные, организационные и кадровые изменения в институте</i>	<i>99</i>
<i>Часть вторая (2001...2011 годы)</i>	
<i>Начало нового века, нового тысячелетия</i>	<i>111</i>
<i>Окончание испытаний на стенде КВ-1 в третьей кампании</i>	<i>111</i>
<i>Продолжение испытаний на стенде КВ-2</i>	<i>121</i>
<i>Модернизация стенда КМ-1</i>	<i>128</i>
<i>Научно-производственные подразделения</i>	<i>131</i>
<i>Отделение динамических исследований</i>	<i>131</i>
<i>Отдел теплофизических исследований</i>	<i>153</i>
<i>Отдел химико-технологических и материаловедческих исследований</i>	<i>164</i>
<i>Отдел нейтронно-физических исследований</i>	<i>184</i>
<i>Отдел главного конструктора систем контроля и управления АЭС</i>	<i>188</i>
<i>Экспериментальный отдел радиационной безопасности</i>	<i>193</i>
<i>Научно-промышленный центр атомной энергетики</i>	<i>199</i>
<i>Международное сотрудничество</i>	<i>211</i>
<i>Создание автоматизированной системы радиационного контроля</i>	<i>211</i>
<i>Структурные, кадровые и организационные изменения</i>	<i>219</i>
<i>Подготовка специалистов</i>	<i>236</i>
<i>Об авторе</i>	<i>244</i>
<i>Список сокращений</i>	<i>245</i>