

АТОМ-ПРЕССА

№ 4 (687) январь 2006 г.



Цена свободная

ФГУП «ОКБ «ГИДРОПРЕСС» – 60 ЛЕТ

Постановлением Правительства СССР от 28 января 1946 года, подписанным И.В. Сталиным, принято решение об образовании Особого конструкторского бюро «Гидропресс» по конструкциям гидропаропрепессового оборудования (сокращенно – ОКБ «Гидропресс»). В дальнейшем ОКБ «Гидропресс» переименовано в Опытное конструкторское бюро «Гидропресс».



Деятельность ОКБ «Гидропресс» начиналась с разработки проекта опытного уран-графитового тяжеловодного реактора для наработки оружейного плутония, сданного в эксплуатацию в 1949 году.

В ОКБ «Гидропресс» в кратчайшие сроки были разработаны проекты экспериментальных установок для Института атомной энергии, Физико-энергетического института: на экспериментальных реакторах были развернуты исследования, позволяющие создать научную базу для ядерного оборонного комплекса и атомной энергетики.

Эти работы, а также создание парогенератора и теплообменников для Первой в мире АЭС (г. Обнинск) подтвердили способность ОКБ «Гидропресс» быстро решать проблемы новой техники: уже в 1963 году была введена в эксплуатацию реакторная установка для атомной подводной лодки с применением жидкометаллического теплоносителя свинец-висмут (проект 645), а в 1964 году – реакторная установка ВВЭР-210 для 1-го блока Нововоронежской АЭС.

Для обеспечения самостоятельности и более благоприятных условий при выполнении важнейших государственных задач в ноябре 1963 года Правительством СССР было принято решение о преобразовании ОКБ «Гидропресс» в самостоятельное предприятие Госкомитета по использованию атомной энергии (ГКАЭ). При эффективной поддержке ГКАЭ (Минсредмаш) в ОКБ «Гидропресс» была создана инженерная, экспериментальная и производственная база, оснащенная современным оборудованием и техникой, численность сотрудников достигла более 2500 человек.

С 60-х годов деятельность ОКБ «Гидропресс» определяется тремя основными тематическими направлениями работ.

ПЕРВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – проведение работ, обеспечивающих вклад в укрепление обороноспособности страны, усиление военной мощи ее флота.

Были созданы проекты ядерных паропроизводящих установок (ЯППУ) для атомных подводных лодок (АПЛ) с применением жидкометаллического теплоносителя свинец-висмут (ЖМТ). Эти работы выполнялись с 1952 года, их возглавлял главный конструктор ОКБ «Гидропресс» Б.М. Шолкович и научный руководитель Физико-энергетического института академик АН УССР А.И. Лейпунский.

Выполнение работ потребовало решения большого объема новых сложных научно-технических, конструкторских, расчетных и технологических проблем, создания ряда уникальных экспериментально-исследовательских стендов в ОКБ

пресс» лауреатами стали ведущие конструкторы В.И. Акимов, Г.А. Тачков, В.А. Чистяков, Л.Х. Парнев.

Накопленный опыт позволил ОКБ «Гидропресс» совместно с ФЭИ, ЦНИИ КМ «Прометей», заводом им. Орджоникидзе и другими предприятиями и организациями в 60-70-е годы разработать и изготовить более совершенную блочную ЯППУ БМ-40/А для второго поколения АПЛ с ЖМТ. Первая АПЛ проекта 705К с ЯППУ БМ-40/А была сдана в эксплуатацию ВМФ в декабре 1977 года. Работы по созданию первой ЯППУ БМ-40/А для АПЛ проекта 705К возглавлял главный конструктор ОКБ «Гидропресс» В.В. Стекольников и его заместители Г.А.



Юрий Григорьевич Драгунов – директор-генеральный конструктор, д.т.н., заслуженный конструктор РФ, почетный гражданин г. Подольска и Московской области.

НА ПЕРЕДОВЫХ РУБЕЖАХ НАУКИ

«Гидропресс», Физико-энергетическом институте, в ЦНИИ КМ «Прометей» (ранее ЦНИИИМС) и в других организациях. К решению проблем создания ЯППУ с ЖМТ было привлечено большое число НИИ, КБ и заводов, которые проводили исследования, создавали новые материалы и технологии, испытывали опытные узлы, системы и оборудование.

Первой ядерной установкой, которая обеспечила успешное решение задачи по созданию ЯППУ для АПЛ, был стенд 27/ВТ, сооруженный в 1958 году на промплощадке Физико-энергетического института в г. Обнинске. Разработчиком документации ЯППУ было ОКБ «Гидропресс», изготовителем оборудования ЯППУ – Подольский завод им. Орджоникидзе. Стенд 27/ВТ являлся наземным прототипом энергетической установки АПЛ проекта 645 и представлял собой полномасштабную половину одного борта АПЛ, включавшую реактор, парогенератор, насосы, трубопроводы 1-го и 2-го контуров, турбинную установку, систему управления и другие обеспечивающие системы.

Стенд 27/ВТ соорудился с целью всесторонней проверки конструкторских технических решений по каждому оборудованию и системам ЯППУ, отработки режимов работы и управления ЯППУ, а также обучения личного состава будущей АПЛ. Впервые в мировой практике была создана ЯЭУ с ЖМТ мощностью 17500 л.с. в небольшом объеме, с высокими параметрами пара во 2-м контуре (давление – 42 кг/см², температура – 440°C), с давлением в первом контуре около 20 кг/см². В 1961 году комплекс работ по созданию стенда 27/ВТ был удостоен Ленинской премии, среди ее лауреатов был Б.М. Шолкович.

Результаты экспериментов, полученные на стенде 27/ВТ, позволили ОКБ «Гидропресс» разработать проект ЯППУ с ЖМТ для АПЛ проекта 645. Сдача в эксплуатацию АПЛ проекта 645 (АПЛ № К-27) состоялась в 1963 году. В 1964 и 1965 годах АПЛ К-27 совершила два рекордных для советских подводных лодок автономных похода длительностью 51 и 52 суток без всплытия. Комплекс работ по созданию не имеющих мирового аналога реакторных установок с теплоносителем свинец-висмут проекта 645 для АПЛ К-27 был удостоен Ленинской премии. От ОКБ «Гидро-



Тачков и Е.В. Куликов.

В начале 80-х годов были изготовлены и сданы в эксплуатацию еще две ЯППУ БМ-40/А для серии АПЛ проекта 705К и 9 парогенераторов МП-7М для трех серийных АПЛ проекта 705.

Таким образом, в начале 80-х годов в составе ВМФ действовало соединение из шести самых скоростных и маневренных АПЛ проектов 705К и 705 с ЯППУ БМ-40/А и ОК-550, известных за рубежом под названием «Альфа». Они были занесены в Книгу рекордов Гиннеса за свои скоростные показатели.

За успехи в создании серии установок с ЖМТ для АПЛ проектов 705К и 705 более 60 сотрудников ОКБ «Гидропресс» были удостоены правительственных наград. Главному конструктору ОКБ «Гидропресс» В.В. Стекольникову было присвоено звание «Герой Социалистического Труда». Заместитель главного конструктора Е.В. Куликов стал лауреатом Государственной премии СССР. ОКБ «Гидропресс» было награждено орденом Трудового Красного Знамени.

ВТОРОЕ НАПРАВЛЕНИЕ – разработка проектов реакторных установок ВВЭР для атомных электростанций.

Работа ОКБ «Гидропресс» по первому водо-водяному энергетическому реактору (ВВЭР) была начата в 1955 году: в июне получено техническое задание на проект первого отечественного ВВЭР для АЭС электрической мощностью 150 МВт, разработанное Институтом атомной энергии под непосредственным руководством академиком И.В. Курчатова и А.П. Александрова. Постановлением правительства от 08.08.1955 г. разработка первого проекта реактора ВВЭР была поручена ОКБ «Гидропресс».

Работа выполнялась интенсивно, с творческим подъемом специалистов ОКБ «Гидропресс» и Института атомной энергии, в результате уже в нояб-

ре 1955 года был сделан эскизный проект реактора ВВЭР-1 для 1-го блока Нововоронежской АЭС электрической мощностью 210 МВт. Технический проект реактора ВВЭР-1 был в основном разработан в 1956 году, что позволило определить номенклатуру научно-исследовательских и экспериментальных работ в обоснование проекта. В 1959 году была закончена разработка технической документации.

Создание первого ВВЭР, введенного в эксплуатацию на НВАЭС в 1964 году, опыт его эксплуатации имели исключительно важное значение для дальнейшего развития АЭС с ВВЭР.

Необходимо отметить, что основные технические решения, разработанные для первого реактора ВВЭР, были оригинальными и стали традиционными для всех последующих поколений ВВЭР. К таким решениям относятся: треугольная разбивка расположения кассет в активной зоне реактора (отсюда – шестигранная форма кассет); изготовление корпуса из цельнокованых обечеек без продольных швов, без единой врезки в стенки ниже входных патрубков теплоносителя.

Разработка проекта ВВЭР-1 в ОКБ «Гидропресс» выполнялась под руководством главных конструкторов А.А. Хохлачева (до 1962 г.), В.В. Стекольников.

Создание 1-го блока НВАЭС с реактором ВВЭР-1 отмечено Государственной премией СССР за 1966 год, от ОКБ «Гидропресс» лауреатами стали А.А. Хохлачев и Е.М. Сорокин.

Опыт создания ВВЭР-1 дал возможность ОКБ «Гидропресс» разработать в короткие сроки проекты ВВЭР-70(В-2) для АЭС «Райнсберг», ВВЭР-365(В-3М) для 2-го блока НВАЭС и реакторных установок ВВЭР-440 для серии АЭС. В 2005 году успешно эксплуатируются реакторные установки (РУ) ВВЭР-440 на 27 блоках АЭС в России и за рубежом.

Работа по созданию реакторных установок ВВЭР-440 была удостоена Государственной премии СССР, от ОКБ «Гидропресс» лауреатами стали В.В. Стекольников и В.П. Денисов. Многие специалисты были награждены отечественными и зарубежными орденами и медалями.

В период 80-х годов были реализованы важные мероприятия по повышению безопасности АЭС с РУ ВВЭР-440. Модернизация АЭС с РУ ВВЭР-440 (типа В-230) была первоочередной, т.к. системы безопасности этих АЭС не соответствовали современным требованиям. Одним из основных направлений модернизации РУ ВВЭР-440 была разработка мероприятий, исключающих хрупкое разрушение корпуса реактора. В результате большого объема исследований, выполненного ОКБ «Гидропресс», РНЦ «Курчатовский институт», ЦНИИ КМ «Прометей», НПО «ЦНИИТМаш», был обоснован режим термической обработки (отжига) корпусов ВВЭР-440, находящихся в эксплуатации, с методикой определения критической температуры хрупкости металла корпуса реактора после его отжига, с установлением эмпирического соотношения, связывающего параметры отжига и эксплуатации, включая плотность потока нейтронов. Режим отжига реализован для восстановления радиационного ресурса корпусов реакторов ВВЭР-440 на АЭС: Нововоронежской (блоки №№ 3, 4), Кольской (блоки №№ 1, 2), Армянской (блок № 1), «Козлодуй» (блоки №№ 1, 2, 3), «Норд» (блоки №№ 1, 2, 3), «Богунце В-1» (блок № 1), «Ловица» (блок № 1).

За создание научных основ и внедрение отжига корпусов реакторов ВВЭР-440 для повышения безопасности АЭС ряду специалистов была присуждена премия Совета Министров СССР за 1991 год. От ОКБ «Гидропресс» лауреатами премии стали Ю.Г. Драгунов, М.Ф. Рогов, Ю.М. Максимов, В.Е. Нечетный.

В 1969 году в ОКБ «Гидропресс» началась разработка реакторной установки ВВЭР-1000 (В-187) для головного энергоблока № 5 на Нововоронежской АЭС мощностью 1000 МВт (эл.). В проекте РУ В-187 впервые в нашей стране была разработана компоновка с защитной герметичной обложкой, рассчитанной на полное давление, возникающее при максимальной проектной аварии с разрывом главного циркуляционного трубопровода Ду 850 мм.

Блок № 5 НВАЭС с РУ ВВЭР-1000 введен в эксплуатацию в 1980 году. Создатели головного блока НВАЭС с РУ ВВЭР-1000 были удостоены Государственной премии СССР, от ОКБ «Гидропресс» лауреатами стали Ю.В. Вихорев и В.П. Спассков.

На основе опыта создания РУ В-187 в ОКБ «Гидропресс» были разработаны реакторные установки ВВЭР-1000 для «малой» и «большой» серий. В 2005 году в эксплуатации в России и за рубежом находятся 26 блоков АЭС с РУ ВВЭР-1000.

За творческий вклад ОКБ «Гидропресс» в создание реакторных установок ВВЭР 14 специалистов удостоены званий лауреатов Государственной премии СССР, премий Совета Министров СССР и Правительства РФ, многие специалисты награждены орденами и медалями.

На основе действующих ВВЭР-1000 ОКБ «Гидропресс» разработаны более совершенные реакторные установки ВВЭР-1000 для строящихся АЭС в Китае, Иране и Индии, разрабатываются РУ ВВЭР для АЭС нового поколения большой мощности ВВЭР-1000 (В-392), ВВЭР-1500 и средней мощности ВВЭР-640, разработан проект усовершенствованной реакторной установки ВВЭР-1000 (В-466) с повышенными технико-экономическими показателями и сроком службы основного оборудования до 60 лет.

Окончание. Начало на стр. 1

ТРЕТЬЕ НАПРАВЛЕНИЕ – создание оборудования для реакторных установок на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем.

В 1955 году было принято решение правительства о сооружении реактора БН-250 (впоследствии БН-350) на Мангышлакском полуострове для обеспечения опресненной водой и электроэнергией предприятий г. Шевченко. ОКБ «Гидропресс» было поручено разработать документацию на теплообменники натрий-вода и парогенераторы.

Создание ПГ для БН-350 было новой задачей, не имевшей прецедентов. Кроме обычных парогенераторных проблем, не был изучен процесс взаимодействия воды с натрием, что не могло быть исключено при эксплуатации.

Поиск концепции и конструкции ПГ проводился параллельно силами нескольких организаций: ОКБ «ГП», ВТИ, ЦКТИ. Решением Министерства среднего машиностроения был принят к реализации проект ОКБ «Гидропресс».

Для освоения и отработки технологии теплоносителя – жидкого натрия были созданы новые стенды, на которых испытывались одно- и многотрубные модели, в том числе в 1965 году пущен в эксплуатацию стенд Н-3000 с тепловой мощностью 3000 МВт. Этот стенд длительное время был самым крупным натриевым стендом в мире. Без этих исследований невозможно было создать работоспособный парогенератор. Установка БН-350 выведена на расчетную мощность в 1975 году.

Постановлением правительства от 08.09.64 г. ОКБ «Гидропресс» поручена разработка опытного реактора на быстрых нейтронах БОР-60. Задачами этого реактора и всей РУ были проверка и отработка физических и теплотехнических параметров, а также технологии радиоактивного натрия для использования при создании в ближайшем будущем реакторов БН большой мощности.

Основные узлы реактора были испытаны на стендах ОКБ «Гидропресс» на натрии или воде. Изготовление корпуса и внутрикорпусных узлов реактора по чертежам ОКБ «Гидропресс» велось на Ижорском заводе, теплообменники и ПГ – на Балтийском заводе. Механизмы СУЗ и ряд других узлов, в частности, уникальная система наведения механизма для загрузки-выгрузки топливных пакетов, изготовлены в ОКБ «Гидропресс». Сооружение установки было выполнено в кратчайшие сроки, несмотря на ряд трудностей и препятствий.

В период выполнения проекта объект был перенесен из г. Обнинска в г. Димитровград (в то время г. Мелекес), тепловая мощность была увеличена с 40 МВт до 60 МВт. В 1968 году состоялся физический пуск, в 1969 году – энергетический пуск без парогенераторов на воздушном теплообменнике (этот год считается официальным годом пуска БОР-60), а в 1970 году подключили ПГ и турбину. Работе присуждена Государственная премия СССР 1974 года, лауреатом премии в ОКБ «Гидропресс» стал Б.И. Лукасевич.

На этой установке испытывались модели парогенераторов как прототипы ПГ для АЭС БН-600, а в будущем и других АЭС с БН. Была создана оригинальная конструкция секционного модульного ПГ, рассчитанная на то, чтобы при аварии в одной из секций она могла быть отключена от остального ПГ.

Пуск АЭС с РУ БН-600 произведен в апреле 1980 года. Секционная схема себя оправдала полностью. Работа по БН-600 удостоена Ленинской и Государственной премий СССР. В ОКБ «Гидропресс» лауреатом Ленинской премии стал В.Ф. Титов, Государственной – А.С. Соколов.

В настоящее время разработан проект парогенераторов для АЭС БН-800, в основу которого положены схема и конструкция ПГ БН-600, разработан концептуальный проект ПГ для АЭС БН-1800.

Кроме перечисленных работ, значительные разработки были выполнены ОКБ «Гидропресс» по тематике РБМК.

В соответствии с постановлением правительства от 29.09.1966 г., в ОКБ «Гидропресс» разрабатывались сепараторы пара для РУ РБМК-1000. После пуска первых двух блоков Ленинградской АЭС были отмечены недостатки сепараторов, проявлявшиеся при достижении номинальной мощности. В результате до-

работки на основе проведенных дополнительных экспериментальных работ был выполнен проект сепараторов для АЭС с РБМК-1500, по этой документации изготовлены сепараторы для Игналинской АЭС.

Создание РУ с РБМК удостоено Государственной премии СССР, в ОКБ «Гидропресс» лауреатом стал И.Н. Тестов.

Для АЭС с РБМК в ОКБ «Гидропресс» разработано большое количество проектов различного оборудования пароводяного тракта, которое работало без каких-либо замечаний.

Работы по третьему направлению выполнялись под руководством главного конструктора В.В. Стекольников и его заместителей: главного кон-

структора СВБР-75/100. Проект РУ выполнялся в рамках программы продления срока службы блоков АЭС первого поколения с ВВЭР и конкретно ориентирован на реновацию 2-го, 3-го и 4-го блоков НВАЭС путем замещения выводимых из эксплуатации РУ на новые, размещаемые в помещениях восстанавливаемых блоков. Проект РУ разработан как базовый и может быть использован для:

- реновации АЭС с легководными реакторами, исчерпавшими срок службы;
- создания модульных АЭС различной мощности в регионах с большими, средними и малыми электрическими сетями;
- создания модульных АТЭЦ раз-

НА ПЕРЕДОВЫХ РУБЕЖАХ НАУКИ

руктора Б.И. Лукасевича и В.Ф. Титова. Научным руководителем работ по тематике БН был А.И. Лейбунович.

В 1998 году руководителем ОКБ «Гидропресс» назначен Ю.Г. Драгунов.

В настоящее время ОКБ «Гидропресс» является одним из ведущих предприятий Федерального агентства по атомной энергии в области разработки и создания реакторных установок ВВЭР для атомных электростанций, атомных паропроизводящих установок, парогенераторов и теплообменников для установок с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, сепараторов пара для АЭС с канальными реакторами РБМК. Предприятие осуществляет комплекс конструкторских, расчетных, экспериментальных работ по вышеперечисленным проектам, изготавливает и поставляет на АЭС высокотехнологичное оборудование (приводы системы управления и защиты СУЗ ШЭМ-3 для реакторов ВВЭР-1000, блоки трубчатых электронагревателей, уплотнительные прокладки металлические и из расширенного графита и т.д.), осуществляет авторское сопровождение пусконаладочных работ и эксплуатации реакторных установок на действующих объектах. Благодаря успешной эксплуатации спроектированного оборудования ОКБ «Гидропресс» завоевало признание и уважение в России и за рубежом.

Ведутся в большом объеме работы по обеспечению строительства АЭС в Китае, Иране, Индии. Так, на 1-м и 2-м энергоблоках АЭС «Тяньвань» в Китае большая группа высококвалифицированных специалистов ОКБ «Гидропресс» участвует в пусконаладочных работах реакторных установок ВВЭР-1000. На АЭС «Бушер» в Иране и АЭС «Куданкулам» в Индии специалисты ОКБ «Гидропресс» участвуют в монтаже оборудования и систем РУ ВВЭР-1000.

После пуска 6-го блока Запорожской АЭС в 1995 году были введены в строй следующие энергоблоки АЭС с реакторной установкой ВВЭР-1000 (В-320):

- 1-й блок Волгодонской АЭС (2001 г.) и 3-й блок Калининской АЭС (2004 г.) в России;
- 1-й блок (2000 г.) и 2-й блок (2002 г.) АЭС «Темелин» в Чехии;
- 2-й блок Хмельницкой АЭС (2004 г.) и 4-й блок Ровенской АЭС (2004 г.) на Украине;

- в Словакии были введены в строй энергоблоки № 1 (1998 г.) и № 2 (1999 г.) АЭС «Моховце» с реакторной установкой ВВЭР-440 (В-213).

На российских АЭС работали бригады специалистов ОКБ «Гидропресс» с участием в подготовке и проведении пусконаладочных работ по РУ. На АЭС в Чехии и на Украине специалисты ОКБ «Гидропресс» обеспечивали инженерно-консультационное сопровождение подготовки и проведения пусконаладочных работ по оборудованию и системам РУ и при вводе энергоблоков в эксплуатацию.

Накопленные опыт и знания в области атомных производящих установок с жидкотеплоносительным теплоносителем свинец-висмут позволили российским научным и проектно-конструкторским организациям, наряду с развитием работ в области специальных РУ, начать разработки проектов АЭС и АТЭЦ гражданского назначения и концептуальных проектов ускорительно-управляемых систем с теплоносителем свинец-висмут.

В 1997 году ОКБ «Гидропресс» приступило к разработке реакторной

установки СВБР-75/100. Проект РУ выполнялся в рамках программы продления срока службы блоков АЭС первого поколения с ВВЭР и конкретно ориентирован на реновацию 2-го, 3-го и 4-го блоков НВАЭС путем замещения выводимых из эксплуатации РУ на новые, размещаемые в помещениях восстанавливаемых блоков. Проект РУ разработан как базовый и может быть использован для:

- реновации АЭС с легководными реакторами, исчерпавшими срок службы;
- создания модульных АЭС различной мощности в регионах с большими, средними и малыми электрическими сетями;
- создания модульных АТЭЦ раз-

личной мощности и размещения их вблизи потребителя;

- создания опреснительных комплексов различной мощности с возможностью многоцелевой модернизации.

В настоящее время ведущие ученые мира проводят исследования для обоснования концепции ускорительно-управляемой трансмутации радиоактивных отходов ядерного топливного цикла. В рамках этой проблемы, в период 1998-2001 гг. ОКБ «Гидропресс» совместно с ГИЦ РФ-ФЭИ, по линии международного научно-технического сотрудничества (МНТЦ), выполнили проект свинцово-висмутного мишенного комплекса МК-1 мощностью ~1 МВт и изготовили опытный образец. МК-1 прошел демонстрационные испытания в присутствии коллег из США, Франции и Швеции.

МК-1 является составной частью экспериментальной установки Лос-Аламосской национальной лаборатории ЛАНЛ (США) для проведения испытаний в пучке ускорителя протонов. При разработке МК-1 использован опыт создания и эксплуатации реакторных установок с теплоносителем свинец-висмут применительно к судовым установкам, накопленный в России с 1952 года.

В 2002 году МК-1 доставлен в США, где был проведен входной контроль, все оборудование и системы находились в работоспособном состоянии. Идет разработка внешних систем МК-1, а специалисты ГИЦ РФ-ФЭИ и ОКБ «Гидропресс» готовят МК-1 к проведению исследовательских работ.

В рамках конверсии в 1992-1993 гг. был разработан эскизный проект атомной теплоэлектростанции «Ангстрем» для создания атомных станций малой мощности (АСММ) в труднодоступных районах.

Проект был представлен на конкурс АСММ, организованный Ядерным обществом России, и занял первое место среди АТЭЦ своей группы мощности. Генеральный конструктор реакторной установки и блочно-транспортной части – ОКБ «Гидропресс». Научный руководитель проекта – ГИЦ РФ – Физико-энергетический институт.

ОКБ «Гидропресс» в настоящее время разрабатывает проект реакторной установки ВВЭР-1500 для АЭС нового поколения повышенной безопасности с высокими технико-экономическими показателями и сроком службы основного оборудования РУ до 50 лет. Проект разрабатывается с учетом «Технических требований на энергоблок большой мощности для широкомасштабного внедрения в период после 2010 года». Создание АЭС с ВВЭР-1500 позволит снизить на 25-30 % затраты на производство электроэнергии по сравнению с АЭС с ВВЭР-1000 и сделать производство электроэнергии на АЭС еще более выгодным по сравнению с лучшими ТЭС на органическом топливе.

Анализ решений проектов энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000 показал, что имеются резервы для повышения технико-экономических показателей основного оборудования реакторной установки. Применение ряда новых технических решений позволило ОКБ «Гидропресс» разработать проект реакторной установки ВВЭР-1000 (В-466) со сроком службы основного оборудования до 60 лет.

Среди многих работ, проводимых ОКБ «Гидропресс», следует выделить совершенствование активных зон реакторов ВВЭР для АЭС и решение

проблемы продления срока эксплуатации реакторных установок ВВЭР первого поколения.

Основными направлениями в решении задачи повышения эффективности использования ядерного топлива являются разработка и внедрение в эксплуатацию на АЭС новых, более совершенных тепловыделяющих каскадов, обеспечивающих повышение эксплуатационного ресурса, глубины выгорания и надежности, что позволяет реализовать безопасные, экономически эффективные топливные циклы.

ОКБ «Гидропресс» совместно с основными партнерами (РНЦ «Курчатовский институт», ВНИИИМ им. А.А. Бочвара, ФЭИ, ОАО «Машиностроительный завод», ОАО «Новосибирский завод химконцентратов» и др.), под общей координацией концернов «ТВЭЛ» и «Росэнергоатом», занималось решением этой проблемы с начала 90-х годов прошлого века. Работы проводились по активным зонам

реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Усовершенствование тепловыделяющих каскадов шло путем разработки конструкторско-технологических решений, расчетно-экспериментального обоснования и внедрения на действующих АЭС, включая зарубежные АЭС с ВВЭР. Кроме совершенствования конструкций каскадов для повышения эффективности топливостроения, разработаны активные зоны ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 с уран-гадолиниевым топливом.

В период 1996-2005 гг., в рамках межправительственного соглашения Франции, Германии, США и России в области использования в мирных целях ядерных материалов, высвобожденных в результате уничтожения ядерного оружия, в ОКБ «Гидропресс» выполнены работы по уран-плутонию топливу (МОХ-топливу).

Был проделан огромный объем работ по блокам №№ 3, 4 НВАЭС и №№ 1, 2 КоАЭС по обоснованию продления срока эксплуатации на 15 лет. Итогом была выдана Госатомнадзором России лицензия на эксплуатацию указанных блоков за пределами назначенного срока службы.

Отработка различных вариантов конструкторских решений разрабатываемых ОКБ «Гидропресс» проектов, проверка работоспособности и надежности проектируемого оборудования проводятся на экспериментально-исследовательской базе предприятия в условиях, близких к натурным. Экспериментально-исследовательская база включает ряд тематических стендов:

- теплофизические стенды (исследования кризиса теплообмена, перемешивания потоков с различной концентрацией бора, повторного залива, двухфазных потоков, пассивного отвода тепла, систем безопасности);
- стенды для испытания компонентов реакторных установок (уникальные семикаскетные стенды низкого и высокого давления, сейсмических испытаний, динамических испытаний и т.д.);
- стенды для испытаний оборудования реакторных установок (Н-8000 для РУ с ЖМТ, натриевый стенд



Комплекс стендов горячей обкатки.

Н-3000, вибрационные, термодинамические испытания и т.д.);

- стенды для испытания материалов (автоклавные, атмосферной коррозии и т.п.);
- стенды для исследований напряжений (на оптических моделях, голографических установках), технической диагностики.

В 2005 году ОКБ «Гидропресс» начало реализовывать программу по реконструкции экспериментально-исследовательской базы для выполнения комплекса работ по обоснованию технического проекта реакторной установки ВВЭР-1500: общее количество стендов, подлежащих модернизации, составляет более 20.

На производственной базе освоено

серийное изготовление отдельного оборудования для АЭС, изготавливается стендовое оборудование, модели и изделия для испытаний, а также специальные системы пусконаладочных измерений и эксплуатационного контроля.

Основная продукция, изготавливаемая для АЭС:

- модернизированные приводы СУЗ ШЭМ-3 с датчиками положения шаговыми;
- прокладки из расширенного графита;
- блоки электронагревателей;
- чехлы КНИТ для внутриреакторного контроля;
- датчики для измерения быстропеременных давлений в условиях пароводяной среды, высоких температур и давлений;
- преобразователи термоэлектрические, требующие непрерывного измерения температур;
- другое оборудование для эксплуатации и ремонта реакторных установок ВВЭР-1000.

В течение 2002-2005 гг. были изготовлены с проведением приемочных испытаний на стендах предприятия и отправлены заказчику комплекты приводов СУЗ ШЭМ-3 (с комплектом инструментов для обслуживания) в количестве для блока № 1 АЭС «Бушер» – 135 шт.; для блоков №№ 1 и 2 АЭС «Тяньвань» – 270 шт.; для блока № 3 Калининской АЭС – 75 шт.; для блока № 5 АЭС «Козлодуй» – 68 шт.; для блока № 1 АЭС «Куданкулам» – 135 шт.

Кроме этого, изготовлена, испытана и отправлена на АЭС «Тяньвань» установка для дезактивации парогенераторов.

Для разработки проектов на современном уровне, повышения эффективности и качества работ в ОКБ «Гидропресс» реализуется ряд организационно-технических мероприятий. Из них нужно выделить автоматизацию производства и создание компьютерных систем, управление системой качества.

Совершенствование вычислительной техники ОКБ «Гидропресс» проводилось за счет качественных изменений ЭВМ: от персональных компьютеров на основе первых процессоров INTEL и ранних рабочих станций фирмы SUN до высокопроизводительных расчетных и графических станций, а также кластерных систем, соединяющих в себе передовые технологии параллельной многопроцессорной обработки данных с применением последних разработок, позволяющих ускорить проведение расчетов по безопасности и надежности оборудования РУ ВВЭР. Проводятся работы по внедрению системы управления данными проектов и календарного планирования для автоматизации проектно-конструкторских работ.

На основе международных стандартов ИСО серии 9000 в ОКБ «Гидропресс» создана система качества. Разработаны руководство по качеству, описывающее всю проектно-конструкторскую деятельность предприятия, ряд стандартов предприятия и руководящих документов, регламентирующих порядок ведения конструкторских работ, постоянно ведется работа по поддержанию нормативных документов в актуальном состоянии.

Результатом проведенной в этой области работы стала сертификация в 2002 году системы качества ОКБ «Гидропресс» при проведении проектных, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ органом по сертификации TÜV CERT на соответствие международному стандарту ИСО 9001-94 с последующей в 2003 и 2005 годах ресертификацией на соответствие международному стандарту ИСО 9001-2000.

ОКБ «Гидропресс» имеет свидетельства Министерства промышленности, науки и технологий РФ о государственной аккредитации научной организации № 930 от 03.02.99 г. и № 3760 от 5.03.02 г.

Необходимо отметить, что 60-летняя деятельность ОКБ «Гидропресс» тесно связана с традиционными партнерами: РНЦ «Курчатовский институт», ГИЦ РФ-ФЭИ, институтами «Атомэнергопроект», ЦНИИ КМ «Прометей», а также с заводами-изготовителями реакторного оборудования, эксплуатирующей организацией – концерном «Росэнергоатом», его филиалами и рядом других предприятий и организаций.

Результаты научно-производственной деятельности ОКБ «Гидропресс» внесли и вносят важный вклад в развитие атомной энергетики и атомной отрасли страны.

Ю.Г. ДРАГУНОВ

КОНЦЕРН «РОСЭНЕРГОАТОМ»

В январе 2006 года исполняется 60 лет со дня образования опытного конструкторского бюро «Гидропресс». При всем многообразии проектов энергетического оборудования и установок, созданных им за эти годы, водо-водяные энергетические реакторные установки (ВВЭР) – визитная карточка этого прославленного коллектива.

На протяжении многих десятков лет ОКБ «Гидропресс» является главным конструктором всех реакторных установок ВВЭР на АЭС ранее в СССР, а теперь в России: ВВЭР-210, ВВЭР-365, ВВЭР-440 (В-179, В-213, В-230, В-270) и ВВЭР-1000 (В-187, В-302, В-338, В-320). При этом основное оборудование реакторных установок – реактор и парогенератор, – разработано с учетом собственного опыта эволюционного развития, отличаются высокая надежность и оригинальность конструктивных решений в сравнении с зарубежными аналогами – в США, Франции, Германии, Японии.

Первые два энергетических реактора с водой под давлением типа ВВЭР, разработанные в ОКБ «Гидропресс», начали эксплуатироваться в Российской Федерации на Нововоронежской АЭС с 1964 и 1969 годов. Первый реактор мощностью 210 МВт (эл.) эксплуатировался в составе реакторной установки В-1 на энергоблоке № 1 НВАЭС, а второй реактор мощностью 365 МВт (эл.) – в составе реакторной установки В-3М на энергоблоке № 2 НВАЭС. В промышленной эксплуатации указанные энергоблоки отработали 23 и 20 лет соответственно и были остановлены в 1988 и 1990 годах. Сегодня эти энергоблоки находятся в стадии вывода из эксплуатации.

В составе концерна «Росэнергоатом» в настоящее время находятся в эксплуатации 15 действующих энергоблоков АЭС с реакторными установками типа ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Указанные энергоблоки были сооружены в различное вре-

с 1985-го по 2005 год (проект РУ В-320). Последние два из перечисленных энергоблоков с ВВЭР-1000 являются наиболее «молодыми» с точки зрения сроков их эксплуатации: энергоблок № 1 Ростовской АЭС введен в число действующих в 2001 году, энергоблок № 3 Калининской АЭС – в 2005 году. Общая установленная мощность 9 действующих в России энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000 составляет 9000 МВт (эл.) с суммарной наработкой около 140 реакторо-лет.

В течение долгого времени, начиная с первого энергоблока НВАЭС, между специалистами АЭС и ОКБ

Надо учитывать, что проекты РУ действующих энергоблоков АЭС с ВВЭР разрабатывались с середины прошлого века, за этот период существенно изменились и требования по безопасности, и нормативная база для проектирования объектов атомной энергетики: от общепромышленных норм, которые применялись для первых проектов АЭС в 60-е годы прошлого века, до развитой базы нормативных документов настоящего времени, опирающейся на отечественный и зарубежный опыт проектирования и эксплуатации таких объектов.

В приложении к практической научно-технической тематике сотрудничества между концерном «Росэнергоатом» и ОКБ «Гидропресс» необходимо, прежде всего, отметить работы по повышению надежности и безопасности, модернизации, реконструкции и техни-

ческих перевооружению РУ энергоблоков АЭС с ВВЭР, спроектированных, сооруженных и введенных в эксплуатацию в различное время. Такие работы всегда связаны с новыми проектными решениями или изменениями ранее принятых решений для действующих энергоблоков. Это приводит к необходимости корректировок уже существующих проектов АЭС и их лицензирования в государственных регулирующих органах России, отвечающих за обеспечение безопасности при использовании атомной энергии. Можем констатировать, что указанное направление нашего сотрудничества с ОКБ «Гидропресс» является постоянным фактором обеспечения безопасной и надежной эксплуатации действующих энергоблоков АЭС с ВВЭР уже длительное время.

Работы по повышению безопасности энергоблоков АЭС, связанные с внедрением технических мероприятий и модернизацией систем и оборудования энергоблоков, особенно интенсивно проводились уже со второй половины 80-х годов XX века по специальной комплексной программе повышения безопасности. В 1990-1996 гг. для действующих энергоблоков АЭС с ВВЭР с участием ОКБ «Гидропресс» и других организаций была разработана и принята «Концепция повышения безопасности», которая использовала не только собственный накопленный опыт их эксплуатации, но и международный опыт и рекомендации по эксплуатации энергоблоков данного типа. В ней был предусмотрен ряд технических мероприятий по модернизации, которые позволили устранить или компенсировать проектные отклонения от действующих национальных норм по безопасности.

Большие объемы работ по модернизации и техническому перевооружению выполнялись, прежде всего, на действующих энергоблоках АЭС с ВВЭР-440 первого поколения. Проекты РУ этих энергоблоков создавались в 60-е годы прошлого века и опирались на действующие тогда общепромышленные нормы. Так как в период с 1985-го по 1990 год регулирующими органами России (в тот период – Госатомэнергонадзор) был проведен пересмотр основополагающих документов по безопасности в атомной энергетике и в действие были введены более современные нормативные документы (ОПБ 88/97 и ПБЯ РУ АС-89), на техническое перевооружение и модернизацию этих энергоблоков было обращено особое внимание. Проектные разработки по модернизации и техническому перевооружению реакторных установок проводились при непосредственном участии ОКБ «Гидропресс» или при его авторском надзоре.

Для того чтобы продолжить эксплуатацию энергоблоков АЭС с ВВЭР-440 первого поколения, после окончания проектного срока службы на каждом из этих энерго-

блоков при непосредственном участии ОКБ «Гидропресс» были реализованы комплексные программы работ по повышению безопасности и обеспечению продления срока эксплуатации. Эти работы включали в себя следующие основные направления:

- проведение комплексного обследования энергоблоков;
- выполнение модернизации энергоблока с целью повышения его безопасности;
- выполнение работ по определению остаточного ресурса оборудования (выработавшее ресурс оборудование подлежало замене);
- разработка отчета по углубленной оценке безопасности с учетом всех реализованных на энергоблоке модификаций.

Результатом выполнения этих комплексов работ стало существенное повышение безопасности энергоблоков АЭС с ВВЭР-1000 Балаковской АЭС в 2003 году.

В отношении энергоблоков с ВВЭР-1000 следует особо отметить работы по модернизации систем и оборудования РУ вновь введенных в эксплуатацию после 2000 года энергоблоков № 1 Ростовской и № 3 Калининской АЭС.

Для энергоблока № 1 Ростовской АЭС:

- разработка и внедрение проекта активной зоны из УТВС (аналог АЭС в Китае и АЭС «Бушер»);
- повторная низкотемпературная обработка коллекторов ПГ и модернизация внутрикорпусных устройств ПГ в части исключения жалюзийных сепараторов для оптимизации сепарационной схемы ПГ и гидродинамических процессов внутри него;
- разработка регламентов обслуживания и ремонта РУ, проверок систем РУ, важных для безопасности;
- комплекс работ на оборудовании механической части приводов СУЗ, включая ревизию, ремонт, доработку,

МИРОВОЙ УРОВЕНЬ РЕАКТОРОСТРОЕНИЯ

«Гидропресс» существует хорошая практика тесного сотрудничества на всех уровнях – от руководителей до специалистов.

При строительстве и вводе блока в эксплуатацию, как на площадке АЭС, так и в ОКБ «Гидропресс», оперативно решаются любые вопросы монтажа, пусконаладки при непосредственном участии специалистов самого высокого уровня. Постоянное присутствие представителей ОКБ «Гидропресс» при монтаже, их участие в рабочих комиссиях, группе руководства пуском, государственных приемочных комиссиях, создании специальных бригад по пуску позволяют персоналу АЭС строить и вводить блоки в эксплуатацию в соответствии с требованиями документации проекта, с одной стороны, и вложить свой опыт и знания в модернизацию оборудования и новые проекты, с другой стороны. При пуске блоков закладывается эффективное сотрудничество между авторами проекта и эксплуатационниками, которое благоприятно развивается в дальнейшем при эксплуатации оборудования.

В 1985 году, в связи с большой программой строительства новых блоков, в ОКБ «Гидропресс» был создан специализированный отдел по сопровождению монтажа, пуска и эксплуатации АЭС, который на протяжении многих лет успешно взаимодействует со специалистами концерна «Росэнергоатом» и его филиалами – атомными станциями.

В 2002 году между концерном «Росэнергоатом» как эксплуатирующей организацией АЭС и ОКБ «Гидропресс» как организацией-главным конструктором реакторных установок было заключено бессрочное соглашение о сотрудничестве с целью наиболее эффективного, качественного и своевременного взаимодействия при вводе в эксплуатацию и сопровождении эксплуатации энергоблоков АЭС с реакторами типа ВВЭР. С тех пор прошло уже более трех лет, и можно вполне обоснованно, опираясь на результаты завершённых за этот период работ, подвести итоги этого соглашения в плане выполнения со стороны ОКБ «Гидропресс» функций главного конструктора и разработчика проектов реакторных установок при сопровождении эксплуатации действующих энергоблоков АЭС с ВВЭР и при работах, выполненных на двух энергоблоках АЭС с реакторами ВВЭР-1000, введенных в эксплуатацию за последнее время.

Прежде всего, следует сказать, что специалисты ОКБ «Гидропресс», представляющие организацию при обсуждении всех актуальных вопросов, возникающих в условиях эксплуатации, всегда принимают активную позицию в их решении.

В рамках заключенного соглашения концерн «Росэнергоатом» тесно сотрудничает с ОКБ «Гидропресс» по вопросам совершенствования топливных циклов действующих энергоблоков АЭС с ВВЭР. В настоящее время на 3-х энергоблоках АЭС с ВВЭР-440 первого поколения эксплуатируются 4-годичные топливные циклы со средним выгоранием топлива более 40 МВт х сут/кгU, на 3 и 4 энергоблоках с ВВЭР-440 Кольской АЭС внедрены ТВС второго поколения с УГТ, позволяющие реализовать 5-годичные топливные циклы со средним выгоранием топлива более 50 МВт х сут/кгU. Большое внимание уделяется задачам повышения эффективности использования ядерного топлива на АЭС с ВВЭР-1000, которые решаются в настоящее время путём применения новых конструкций ТВС (ТВС-2 конструкции ОКБ «Гидропресс» и



Нововоронежская АЭС.

глобков АЭС с ВВЭР-440, которое характеризуется следующими показателями:

- устраняются отступления категорий 3 и 4 (по классификации МАГАТЭ) от требований нормативных документов по безопасности;
- обеспечивается расширение спектра проектных аварий вплоть до ЛОСА Ду 100. При запроектных авариях (ЛОСА Ду 200 и более) обеспечивается ограничение радиационного воздействия на персонал АЭС и окружающую среду;
- вероятность повреждения активной зоны реактора при авариях уменьшается с уровня $2-3 \times 10^{-3}$ до уровня $3-5 \times 10^{-3}$ на реактор в год, что соответствует рекомендации МАГАТЭ для АЭС, сооруженных по ранее принятым нормам.

К настоящему времени с участием ведущих специалистов ОКБ «Гидропресс» проведено комплексное обследование оборудования первого контура и РУ на энергоблоках № 3 Кольской АЭС и № 5 Нововоронежской АЭС, которые находятся в эксплуатации уже 24 и 25 лет соответственно.

Выполненные работы по модернизации и техническому перевооружению других энергоблоков АЭС с ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 позволили получить для них оценку по риску повреждения активных зон на уровне от 7×10^{-4} до 1×10^{-5} 1/реакторо-год.

В результате работ по модернизации и техническому перевооружению этого энергоблока, выполненных при его подготовке к вводу в эксплуатацию, при выполнении вероятностного анализа безопасности первого уровня была получена оценка интегрального уровня риска повреждения активной зоны в 1×10^{-5} 1/реакторо-год. Для блока № 3 Калининской АЭС можно выделить:

- разработку обоснования безопасной эксплуатации РУ с активной зоной из ТВСА (технический проект ТВСА – ОКБМ);
- разработку прочностного обоснования оборудования и трубопроводов РУ в соответствии с требованиями современной НД (включая расчеты СХР, внедрение концепции «течь перед разрушением», расчетный анализ вероятности разрушения корпуса реактора);



Калининская АЭС.

Введены в эксплуатацию в период с 1971-го по 2005 год на площадках пяти АЭС, расположенных в Европейской части России. Проекты реакторных установок всех этих энергоблоков также разрабатывались в ОКБ «Гидропресс». В числе действующих – 6 энергоблоков АЭС с реакторами типа ВВЭР-440: энергоблоки №№ 3, 4 Нововоронежской АЭС (проекты РУ В-179), энергоблоки №№ 1, 2 Кольской АЭС (проекты РУ В-230) и энергоблоки №№ 3, 4 Кольской АЭС (проекты РУ В-213). Общая установленная мощность на этих энергоблоках составляет 2994 МВт (эл.). Энергоблоки АЭС с ВВЭР-440 вводились в эксплуатацию в период с 1971-го по 1984 год и нарабатывали к настоящему времени суммарно около 175 реакторо-лет. Первые четыре энергоблока из перечисленных относятся к энергоблокам первого поколения и эксплуатируются уже более 30 лет.

В число действующих энергоблоков АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000 в настоящее время входят: энергоблок № 5 Нововоронежской АЭС, введенный в эксплуатацию в 1980 году (проект РУ В-187), энергоблоки № 1, 2 Калининской АЭС, введенные в эксплуатацию в 1984 и 1986 годах (проект РУ В-338), четыре энергоблока Балаковской АЭС, энергоблок № 1 Ростовской АЭС и энергоблок № 3 Калининской АЭС, которые вводились в эксплуатацию

Окончание. Начало на стр. 3

- разработку и внедрение систем для управления РУ в условиях запроектных аварий;

- систем контроля парогазового объема под крышкой реактора, соединительной линии ИПУ КД для управления в аварийных режимах;

- разработку и внедрение впервые на АЭС России программы контроля металла корпуса реактора по образцам-свидетелям с размещением их на стенке КР;

- модернизацию ПГ с усовершенствованием сепарационной схемы, продувки, системы измерения уровня (с учетом опыта эксплуатации парогенераторов АЭС с ВВЭР-1000);

- разработку и внедрение полномасштабного проекта системы пусконаладочных измерений с использованием средств измерения и обработки информации последнего поколения;

- разработку технических требований со стороны РУ к АСУ ТП нового поколения;

- разработку и внедрение проекта систем контроля, управления и диагностики оборудования и трубопроводов РУ;

- изготовление и поставку комплекта приводов СУЗ ШЭМ-3 нового поколения;

- комплекс работ по обеспечению проектного состояния РТО системы продувки-подпитки;

- разработку документации технического проекта РУ во исполнение «Графика представления документов в ГАН РФ для лицензирования сооружения и эксплуатации».

Все перечисленные работы осуществлялись ОКБ «Гидропресс» при значительном техническом содействии АЭС, ПКФ «Росэнергоатомпроект», технической дирекции концерна «Росэнергоатом».

При авторском надзоре и при участии специалистов ОКБ «Гидропресс» на площадках указанных энергоблоков в период пусковых работ осуществлялись следующие работы:

- конструкторское сопровождение монтажа оборудования зоны проектирования ОКБ «Гидропресс»;

- участие в пусконаладочных работах на оборудовании зоны проектирования ОКБ «Гидропресс» и смежных с ним систем;

- проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатация системы специальных пусконаладочных измерений, позволяющей осуществлять непрерывный мониторинг (тензо-, термо- и вибродетектирование) оборудования РУ в стационарных и динамических режимах;

- обследование и модернизация механической части СУЗ в связи с длительными сроками её консервации;

- теплогидравлические испытания первого контура, а также динамические испытания энергоблока по программе комплексных испытаний при освоении энергетических уровней мощности.

Нельзя не остановиться на выполнении ОКБ «Гидропресс» работ по обоснованию сопротивления хрупкому разрушению корпусов реакторов различных проектов с целью обеспечения проектного срока службы и возможного их продления.

Указанные работы являются одними из ключевых в задачах обоснования безопасности энергоблоков АЭС с ВВЭР и определения возможного остаточного ресурса. Для энергоблоков АЭС с ВВЭР-440 первого поколения вопросы радиационного охрупчивания корпуса реактора и его сварных соединений, а также внутрикорпусных устройств реактора были особенно актуальными и выполнялись с участием ОКБ «Гидропресс» для обоснования остаточного ресурса после окончания проектного срока службы в 30 лет и возможности продления их эксплуатации на последующие годы.

Аналогичные работы проводятся ОКБ «Гидропресс» и для других энергоблоков АЭС с ВВЭР-440 (энергоблок №3,4 Кольской АЭС с проектом РУ В-213), а также для энергоблоков с ВВЭР-1000 с РУ различных проектов. Эти работы направлены на совершенствование программ по образцам-свидетелям, облучаемым в процессе эксплуатации в корпусах реакторов, уточнение кинетики радиационного охрупчивания металла корпусов реакторов и совершенствование методик неразрушающего контроля его свойств в процессе эксплуатации.

Большое значение для безопасности энергоблоков имеют систе-

видеоконференций. Для работы в ЦТП привлечены ведущие специалисты ОКБ «Гидропресс», входящие в группу оказания помощи атомным станциям (ОПАС) и экспертную группу.

За истекший период ЦТП ОКБ «Гидропресс» принял участие в более 10 плановых командно-штабных учениях и противоаварийных тренировках по сценариям условных аварий на энергоблоках с ВВЭР, а также в проведении консультаций и подготовке рекомендаций для Кризисного центра и АЭС по имевшим место сигналам «аварийная готовность» на АЭС.

Для безопасности АЭС с ВВЭР

Для оценки надежности оборудования специалисты ОКБ «Гидропресс» совместно с РНЦ «Курчатовский институт» и ВНИИАЭС применяют вероятностные методологии с использованием моделей механики разрушения, которые позволяют определять места и вероятность течей и разрывов для элементов основного оборудования РУ, а также оптимизировать его контроль.

При участии ОКБ «Гидропресс» на АЭС внедряются более совершенное оборудование и методы техобслуживания и ремонта, а также автоматизированные системы контроля металла.

требителей в России и за рубежом.

Показатели энергоблока АЭС с ВВЭР-1500 по безопасности, эксплуатационной надежности и экономичности должны превосходить показатели ВВЭР-1000 и быть не ниже показателей N4, EPR.

Кроме работ по оборудованию РУ ВВЭР, специалисты ОКБ «Гидропресс» принимали и принимают участие в работах по созданию отдельного оборудования для установок типа РБМК-1000 и 1500, а также оборудования для установок с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем.

В России на 11 блоках с РБМК-1000 успешно эксплуатируются барабаны-сепараторы, доохладители продувки и регенераторы разработки ОКБ «Гидропресс».

Для РУ с реакторами на быстрых нейтронах созданы парогенераторы, разработанные на базе секционно-модульной концепции, в состав которых входят собственно теплообменные модули, трубопроводы обвязки, компенсаторы объема, баки аварийного сброса, системы электроразогрева и автоматической защиты ПГ в случае появления течи воды в натрий. С апреля 1980 года в составе РУ БН-600 блока №3 Белоярской АЭС успешно эксплуатируется парогенератор ПГН-200М. Секционно-модульная конструкция этого ПГ, несмотря на имевшиеся случаи течи воды в натрий, обеспечила достижение интегрального КИУМ этого уникального блока на уровне серийных блоков АЭС с ВВЭР-1000. На сегодня это самый мощный блок в мире с реактором на быстрых нейтронах. В настоящее время проводятся работы по продлению срока службы незаменимых элементов оборудования блока.

На базе секционно-модульной концепции разработан и парогенератор ПГН-272 для блока с реакторной установкой БН-800, строительство которого ведется на площадке Белоярской АЭС (блок №4).

ОКБ «Гидропресс» обладает возможностью по изготовлению уникального оборудования для АЭС. На предприятии создана и постоянно совершенствуется производственная база.

ОКБ «Гидропресс» были изготовлены и поставлены приводы ШЭМ-3 на блок №3 Калининской АЭС, доработаны приводы для блока №1 Ростовской АЭС.

ОКБ «Гидропресс» поставляет на российские АЭС прокладки из расширенного графита.

Сотрудничество ОКБ «Гидропресс» и концерна «Росэнергоатом» имеет тенденцию к расширению. В 2006-2007 гг., по договорам с концерном «Росэнергоатом», – поставка на российские АЭС с ВВЭР-1000 4-х комплектов отсечных устройств. Разработанные в ОКБ «Гидропресс» отсечные устройства устанавливаются в коллекторы парогенераторов и позволяют совмещать работы на парогенераторах и реакторе, это дает возможность сократить время ППР и тем самым увеличить КИУМ блока.

Специалисты ОКБ «Гидропресс» повседневно участвуют в деятельности концерна «Росэнергоатом» и его филиалов – АЭС: постоянное представительство на площадках АЭС, решение оперативных вопросов в ОКБ «Гидропресс», участие в оперативных совещаниях концерна «Росэнергоатом», совещаниях главных инженеров АЭС, заместителей главных инженеров АЭС и др.

В заключение следует отметить, что объемы работ, выполняемых ОКБ «Гидропресс» по заказам концерна «Росэнергоатом» и его филиалов (АЭС), ежегодно возрастают. Это свидетельствует об укреплении связей. Руководство ОКБ «Гидропресс» всегда относится с пониманием и ответственностью к заказам концерна и его филиалов.

Мы уверены, что сотрудничество концерна «Росэнергоатом» с ОКБ «Гидропресс» будет плодотворно развиваться и служить нашему общему делу повышения надежной и безопасной эксплуатации атомных станций.

Н.М. СОРОКИН,
технический директор
концерна
«Росэнергоатом»

МИРОВОЙ УРОВЕНЬ РЕАКТОРОСТРОЕНИЯ

мы контроля и управления. В последнее десятилетие при непосредственном участии ОКБ «Гидропресс» разработано и внедрено новое поколение систем контроля и управления реакторных установок ВВЭР. Система контроля, управления и диагностики (СКУД), наряду с традиционными функциями системы внутриреакторного контроля, включает в свой состав аппаратуру диагностики состояния оборудования и трубопроводов РУ, расширен объем функций по управлению полем энерговыделений и защиты активной зоны. В настоящее время система находится в опытной эксплуатации на энергоблоке №3 Калининской АЭС. Повышены надежность работы систем и их срок службы. На действующих энергоблоках проводится плановая модернизация систем. Существует тесная кооперация разработчиков в составе ОКБ «ГП», РНЦ «КИ», ВНИИЭМ, СНИИП, ФЭИ, ВНИИАЭС, «Дианром» по разработке и внедрению систем контроля и управления реакторных установок.

Концерн «Росэнергоатом» с участием ОКБ «Гидропресс», РНЦ «Курчатовский институт», института «Атомэнергопроект» и ВНИИАЭС проводит большую работу по совершенствованию эксплу-

специалистами ОКБ «Гидропресс» проделана значительная работа по разработке вероятностных анализов безопасности (ВАБ). Методология ВАБ используется в качестве инст-



Волгодонская АЭС.

румента для решения вопросов безопасности как для проектируемых, так и для действующих АЭС. Совместно со специалистами институтов «Атомэнергопроект» и РНЦ «Курчатовский институт» выполнены ВАБ уровня 1 для энергоблоков Балаковской, Калининской, Волгодонской и Нововоронежской АЭС. Для выполнения этих анализов, в отличие от традиционного детерминистического подхода с рассмотрением определенных нормами видов аварий, проводится исследование полного спектра возможных исходных событий и аварийных последовательностей. Построение деревьев событий и деревьев отказов производится на основе проведения специальных теплогидравлических анализов аварийных процессов, позволяющих достигнуть приемлемый уровень достоверности вероятностных оценок безопасности. Спектр исследования расширен в настоящее время на все эксплуатационные состояния энергоблоков АЭС, включая стояночные режимы, конфигурация систем и протекание аварийных последовательностей в которых значительно отличаются от работы на мощности.

ределенных нормами видов аварий, проводится исследование полного спектра возможных исходных событий и аварийных последовательностей. Построение деревьев событий и деревьев отказов производится на основе проведения специальных теплогидравлических анализов аварийных процессов, позволяющих достигнуть приемлемый уровень достоверности вероятностных оценок безопасности. Спектр исследования расширен в настоящее время на все эксплуатационные состояния энергоблоков АЭС, включая стояночные режимы, конфигурация систем и протекание аварийных последовательностей в которых значительно отличаются от работы на мощности.

В России по результатам работ, выполненных в период 1998-2001 гг. генеральным проектировщиком АЭС (институты «Атомэнергопроект», г. Москва и С.-Петербург), главным конструктором реакторной установки (ОКБ «Гидропресс») и научным руководителем проектов РУ и АЭС (РНЦ «Курчатовский институт»), и заключений ведущих организаций Минатома РФ было принято решение (приказ министра от 20.06.01 г. № 337) о разработке базового проекта АЭС с энергоблоками ВВЭР-1500. Эта работа включена в перечень основных задач Минатома (Росатома). Создание проекта АЭС с энергоблоками ВВЭР-1500, разработанного в соответствии с требованиями современных отечественных и зарубежных нормативных документов, позволит обеспечить преимущество перед альтернативными энергоисточниками на органическом топливе в регионах перспективного роста энергопотребления и улучшить экономические показатели по сравнению с эксплуатируемыми и строящимися АЭС с ВВЭР-1000.

Создание базового проекта АЭС позволит существенно сократить время и средства на лицензионный процесс при сооружении конкретных АЭС.

Работы по проекту АЭС с реакторной установкой ВВЭР-1500 основываются на 45-летнем опыте создания АЭС с ВВЭР и эксплуатации более 1000 реактор-лет АЭС с ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. При этом выполняются следующие основные концептуальные положения:

1. Эволюционный подход при решении технических вопросов.
2. Ориентация на промышленную базу России.
3. Использование результатов НИОКР по ВВЭР-1000.
4. Выполнение требований современных норм и правил Ростехнадзора РФ по обеспечению безопасности, учет рекомендаций МАГАТЭ и требований EUR.
5. Обеспечение конкурентоспособности на рынке возможных по-

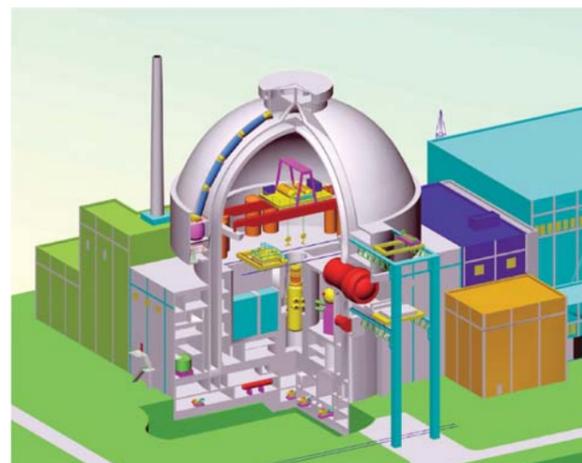


Кольская АЭС.

атационной документации на энергоблоках АЭС с ВВЭР. Так, в 1998 году была введена последняя редакция «Типового регламента безопасной эксплуатации» для энергоблоков с ВВЭР-1000, а в 1999 году – аналогичный документ для энергоблоков АЭС с ВВЭР-440 (для проекта РУ В-213). Основные эксплуатационные документы, в том числе документы по нормированию и ведению водно-химического режима 1-го и 2-го контуров АЭС, постоянно совершенствуются в сотрудничестве с перечисленными организациями, исходя из назревших потребностей эксплуатации.

В ОКБ «Гидропресс» создан и в мае 2001 года начал свою работу Центр технической поддержки (ЦТП) АЭС с ВВЭР под руководством Кризисного центра (КЦ) концерна «Росэнергоатом».

ЦТП ОКБ «Гидропресс» расположен в специально отведенных помещениях предприятия, имеет современное оборудование и средства связи, обеспечивающие проведение



Проект АЭС с реактором ВВЭР-1500.

60 ЛЕТ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ

В марте 1946 года были начаты разработки промышленных реакторов (при научном обеспечении Лаборатории № 2) в двух вариантах схемы: вертикальной (главный конструктор – Н.А. Доллежал) и горизонтальной (главный конструктор – Б.М. Шолкович). И хотя в конечном счете предпочтение было отдано первому варианту, это приобщение ОКБ «ГП» к ядерной темати-



Нововоронежская АЭС, блоки №№ 1, 2.

ке сыграло в дальнейшем свою положительную роль.

В начальный период работ по овладению атомной энергией уровень научных знаний в области физики и техники ЯЭУ был крайне недостаточным. Условием для успешной разработки ядерных установок было создание необходимой экспериментальной базы, в первую очередь, по отработке теплоделяющих элементов реактора. По инициативе И.В. Курчатова и А.П. Александрова в апреле 1950 года было принято решение о строительстве на территории Лаборатории № 2 АН СССР малогабаритного исследовательского реактора МР мощностью 10 МВт. Проект такого реактора был выполнен ОКБ «Гидропресс» (главный конструктор – Б.М. Шолкович), а его сооружение в комплексе с «горячей» материаловедческой лабораторией было осуществлено под руководством В.В. Гончарова. Это была первая в СССР уникальная комплексная экспериментальная база в области радиационного материаловедения. Впервые в мире в реакторе МР, который был запущен в 1952 году, т.е. в очень короткий срок, были предусмотрены испытательные каналы, имеющие индивидуальные контуры охлаждения с разными теплоносителями, названные петлями. Плотность потока нейтронов в реакторе достигала $1,8 \times 10^{14}$ н/см² х сек. Аналогов этому реактору в мире в тот период не было.

В области разработок ЯЭУ для энергетики ОКБ «Гидропресс» заявило себя как ведущая конструкторская организация по проектированию реакторов корпусного типа с

водой под давлением для атомных станций (ВВЭР). Постановлением правительства ему в сентябре 1971 года был присвоен статус головной конструкторской организации по реакторным установкам ВВЭР (на первых порах ОКБ разрабатывало проекты собственно реактора и парогенератора).

Начало работ по реакторным установкам ВВЭР в ОКБ «Гидропресс» относится к 1955 году, когда Институтом атомной энергии было разработано утвержденное И.В. Курчаковым техническое задание на проект первого в стране ВВЭР для атомной электростанции мощностью 200 МВт. Выполнение проекта реактора ВВЭР-1 для Нововоронежской АЭС постановлением правительства было поручено ОКБ «Гидропресс», работами по проекту реактора руководил А.А. Хохлачев. В декабре 1955 года был выполнен эскизный проект, а в 1956 году – технический. В том же году было подписано межправительственное соглашение с ГДР, и с 1957 года начались работы над проектом реактора ВВЭР-2 для АЭС «Райнсберг» электрической мощностью 70 МВт. Это было первым шагом в последующем широком международном сотрудничестве нашей страны со многими странами в деле создания и развития атомной энергетики.

Принципиальным положением при разработке первых ВВЭР было обеспечение транспортабельности корпуса реактора по железным дорогам, а стремление максимально задействовать имевшийся для размещения активной зоны внутрикорпусной объем привело к использованию треугольной геометрии для

Федеральное государственное унитарное предприятие «Опытное конструкторское бюро «Гидропресс» (ОКБ «Гидропресс») было создано постановлением Совета народных комиссаров СССР в 1946 году для разработки оборудования и систем ядерных энергетических и специальных установок для атомной промышленности. Начальником был назначен Б.М. Шолкович. С этого времени и началось тесное взаимодействие Лаборатории № 2 АН СССР (Лаборатория измерительных приборов АН СССР, Институт атомной энергии, ныне Российский научный центр «Курчатовский институт») с ОКБ «Гидропресс» по созданию ядерных установок различного назначения.

размножающей системы твэлов и теплоделяющих кассет.

Работы над проектами первых ВВЭР показали сложность нейтронно-физических явлений, происходящих в уран-водных размножающих системах. Результаты расчетов требовали серьезного экспериментального подтверждения на критических сборках и полномасштабных физических стендах. По техническому заданию ИАЭ, выданному в 1959 году, ОКБ «Гидропресс» разработал проекты, а Подольский ЗиО изготовил и смонтировал целый ряд критических сборок и физических стендов по исследованиям физики активных зон ВВЭР, что позволило уже в 1961 году приступить к экспериментам.

Следует отметить, что в процессе совместных работ ИАЭ и ОКБ «ГП» над первым ВВЭР была выполнена оценка возможности реализации в том же объеме корпуса реактора большей мощности, и И.В. Курчатова еще в 1958 году предложил в целях повышения экономической эффективности АЭС разработку реактора ВВЭР с увеличенной вдвое (400 МВт) мощностью. Практически это было первое предложение о создании более мощной реакторной установки, послужившее основой развития работ по серийным реакторам ВВЭР-440.

Параллельно работам над ВВЭР-1 велись разработки корпусного реактора с кипящей водой мощностью 50 МВт (эл.) (ВК-50) как возможного второго направления реакторостроения для атомной энергетики. Этот реактор в единственном экземпляре был введен в эксплуатацию в 1965 году в ГНЦ НИИАР (г. Димитровград) и до настоящего времени работает,

снабжая город электроэнергией и теплом.

Создание первого ВВЭР, его ввод в эксплуатацию в 1964 году на площадке Нововоронежской АЭС и полученный опыт эксплуатации имели исключительное значение для дальнейшего развития АЭС с ВВЭР в нашей стране и за рубежом – проекты реакторных установок ВВЭР были реализованы в Финляндии, Венгрии, Болгарии, Чехии, Словакии, Германии (ГДР), Армении, на Украине. По выполненным ОКБ «Гидропресс» проектам сооружено свыше 60 реакторных установок ВВЭР для АЭС общей мощностью около 40 ГВт (эл.). Это, помимо вышеуказанных, – энергоблоки с реакторными установками ВВЭР-365, ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 различных модификаций. В настоящее время в различной стадии реализации находятся проекты АЭС с ВВЭР-1000 нового поколения повышенной безопасности для Нововоронежской АЭС-2, Китая, Индии и Ирана. Начаты работы по проекту АЭС с реак-



Нововоронежская АЭС, блок № 5.

торной установкой мощностью 1500 МВт – ВВЭР-1500.

Вот некоторые реперные точки на историческом пути создания и развития ВВЭР:

- 30 сентября 1964 года – пущен

1-й энергоблок Нововоронежской АЭС с реактором ВВЭР-210;

- май 1966 года – пуск АЭС «Райнсберг» в ГДР, первой АЭС с ВВЭР за рубежом;

- декабрь 1971 года – на Нововоронежской АЭС пущен 3-й энергоблок с головным реактором ВВЭР-440 (проект В-230);

- 9 мая 1977 года – в Финляндии введен в эксплуатацию 1-й энергоблок «Ловиса-1» с головной реакторной установкой повышенной безопасности ВВЭР-440 проекта В-213;

- сентябрь 1980 года – на Нововоронежской АЭС введен в эксплуатацию 5-й энергоблок с головной реакторной установкой ВВЭР-1000.

На каждом из этих этапов реализовывались новые идеи, многие из них – оригинальные, усовершенствовались технические решения с главной целью – постоянное повышение надежности и безопасности АЭС.

Комплексный подход к решению сложных научных и инженерных вопросов, тесное рабочее взаимодействие основных разработчиков проекта – ИАЭ им. И.В. Курчатова, ОКБ «Гидропресс» и проектного института «Теплоэлектропроект» (ныне «Атомэнергопроект») – позволили создать и реализовать не только пионерский проект – 1-й блок Нововоронежской АЭС с реактором ВВЭР-210, но и обеспечить дальнейшее развитие направления атомной энергетики с реакторами ВВЭР. Новизна проблемы и дефицит знаний в области реакторных технологий на первых этапах освоения объективно требовали сосредоточения имевшегося научно-технического потенциала, дружной коллективной работы специалистов организаций-разработчиков. Это было творческим сотрудничеством, в котором тон задавали такие руководители проектов, как С.А. Скворцов, С.М. Фейнберг, В.В. Гончаров, А.А. Хохлачев, В.П. Денисов, В.В. Стекольников, В.Ф. Титов, М.И. Иванов, Ю.Н. Фомина, А.Б. Сухов.

За прошедшие годы плодотворной работы ОКБ «Гидропресс» выросло в крупную научно-исследовательскую организацию, способную решать сложные проблемы ядерной технологии, преумножая знания в этой области. Залогом дальнейших успехов организации должны быть постоянное совершенствование научно-технического потенциала и следование традициям, заложенным отцами-основателями.

**Ю.В. МАРКОВ,
В.А. СИДОРЕНКО,**

РНЦ «Курчатовский институт»

ИЦП МАЭ

ТОЧКИ СОПРИКОСНОВЕНИЯ

Конкуренция, с одной стороны, и сотрудничество – с другой, – неотъемлемые части становления и развития новых технологий, к которым следует отнести атомную энергетику. Нет никакого секрета в том, что все начиналось с оборонных задач, решение которых не могло быть поручено одному исполнителю. Именно в этот период становления атомной промышленности в СССР были заложены основы взаимообогащения научными знаниями, подходами, технологиями, наведением, культурой проектирования ядерных установок коллективов различных организаций.

После «Первой в мире» последовали энергоблоки с ВВЭР-440, а первые тысячки РБМК были оснащены барабанно-сепараторами ОКБ «Гидропресс». Конечно, элемент соперничества оставался. Но когда возникла проблема, общая для всех конструкторских организаций, например, нормативное обеспечение качества и прочности оборудования атомных реакторов, она решалась совместно.

Первый комплект норм и правил, регламентирующий эти вопросы, был введен в действие в 1973 году во многом благодаря тому, что специалисты ОКБ «Гидропресс» принимали активное участие в подготовке нормативных документов. Второй комплект НД распространялся не только на реакторные установки с водным теплоносителем, но и на установки с натриевым теплоносителем. Здесь также сыграло значи-

тельную роль сотрудничество с «Гидропрессом», имевшим к этому времени длительный опыт сопровождения эксплуатации исследовательских реакторов с натриевым теплоносителем.

В настоящее время вопрос нормативно-методического обеспечения конструкторских разработок и эксплуатации ядерных реакторов вновь обострился, не только в связи с приближением сроков эксплуатации энергоблоков АЭС к назначенным в проектной документации, с одной стороны, и экологической озабоченностью – с другой, но и с принятием в России Федерального закона «О техническом регулировании». Последний не регламентирует статус методической базы обеспечения целостности барьеров безопасности или сводит ее до уровня стандартов организаций. Особенно остро эта проблема стоит для инновационных проектов, например, для ядерных установок с тяже-

лым теплоносителем. Понятно, что в рыночной экономике инвестор не будет вкладывать средства в проекты, отягощенные отсутствием нормативного обеспечения. Ясно и то, что методическая база в условиях современного развития научно-технического прогресса требует адекватного пересмотра соответствующей нормативной документации. Для решения этих проблем необходима выработка совместных решений заинтересованными организациями, к числу которых, уверенно, принадлежит и ОКБ «Гидропресс».

Этот и следующий годы – юбилейные для отрасли, первых организаций, созданных для решения урановых задач, специалистов всех звеньев цепочки превращения природного сырья в потребляемую энергию. Место и роль ОКБ «Гидропресс» в решении этих задач заслуживают самой высокой оценки, и это вселяет в нас надежду, прежде всего, на совместное достижение поставленных программой развития атомной энергетики России целей, а в частности, на то, что мы сможем поздравить ОКБ «Гидропресс» с вековым юбилеем в 2046 году!

Б.А. ГАБАРАЕВ, С.В. ЕВРОПИН



Ленинградская АЭС, центральный зал энергоблока.

Празднование шестидесятилетия ОКБ «Гидропресс» совпадает с пятидесятилетием начала активного сотрудничества специалистов ФГУП «СПбАЭП» и ОКБ в разработке АЭС с различными типами реакторов.

В январе 1956 года Ленинградскому отделению «Теплоэлектропроект» была поручена разработка проектного задания ТЭЦ-21 Мосэнерго с реакторами ВВЭР-210, которое было выпущено в мае 1956 года на основе выполненного в декабре 1955 года ОКБ «Гидропресс» эскизного проекта реактора ВВЭР-210. Так как при разработке эскизного проекта было принято решение об установке сальниковых главных циркуляционных насосов (ГЦН), то в проектном задании ЛОТЭП предложил сомкнутую цеховую компоновку основных отделений главного корпуса с наиболее рациональной конфигурацией главного циркуляционного контура в условиях неподвижного закрепления, кроме реактора, ГЦН и парогенераторов, что было одобрено ОКБ «Гидропресс».

В связи с отказом правительства в размещении ТЭЦ с атомными реакторами в окрестностях Москвы, ЛОТЭП выполнил в августе 1956 года проектное задание ТЭЦ-15 Ленэнерго с реакторами ВВЭР-210 на Лхтинской площадке, в котором предложил схемные и компоновочные решения реакторного отделения с установкой бессальниковых насосов и свободным перемещением ГЦН и парогенераторов, что резко сократило длину дорогостоящих трубопроводов из нержавеющей стали, объемы строительно-монтажных работ, повысило надежность и безопасность эксплуатации. Это решение получило поддержку и одобрение ОКБ «Гидропресс» и используется на всех АЭС с ВВЭР с различными модификациями по расположению ГЦН и парогенераторов в реакторном отделении.

После отказа правительства соорудить ТЭЦ с реакторами вблизи Ленинграда ЛОТЭП выбрал площадку для размещения Ленинградской ГРЭС-16 с реакторами ВВЭР-210, выпустил проектное задание. Но так как в это время Московское отделение «Теплоэлектропроект» выполняло на основе проектных решений по ТЭЦ-15 проект Нововоронежской АЭС с реактором ВВЭР-210, было решено строить только Нововоронежскую АЭС с реактором ВВЭР-210, что и завершилось ее пуском в 1964 году. ЛОТЭП же, одновременно с разработкой АЭС с реакторами ВВЭР-210, выполнял проектные работы по Белоярской АЭС с реакторами АМБ; вместе с чешскими специалистами по АЭС А-1 в Чехословакии с реактором КС-150; совместно со специалистами Уральского отделения «Теплоэлектропроект» по АЭС с реакторами ЭГ;

по машзалу для АЭС с реактором ВК-50 в Димитровграде; по парогенераторным отделениям и машзалам для АЭС под Томском и Красноярском. В этот период начала широких проектно-конструкторских работ по созданию АЭС с различными типами реакторов, когда с нуля решались крайне сложные схемные и компоновочные вопросы по надежности, безопасности и экономичности АЭС, специалисты ЛОТЭП плодотворно сотрудничали со специалистами многих НИИ, КБ и заводов, привлеченных к созданию большой атомной энергетики. Одно из первых мест среди них занимает ОКБ «Гидропресс», которое, как и ЛОТЭП, принимало участие в разработке проекта Первой в мире АЭС в Обнинске, Сибирских АЭС под Томском и Красноярском, АЭС с ВК-50 в Димитровграде, АЭС с реактором БН-350 в Казахстане, третьего энергоблока с реактором БН-600 на Белоярской АЭС, Ленинградской, Смоленской и Курской АЭС с реакторами РБМК-1000, но наибольший вклад был сделан в разработку АЭС с реакторами ВВЭР различной мощности, которые были построены и пущены в России, Че-

ФГУП «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»

хии, Словакии, ГДР, Финляндии, Армении, Болгарии, Венгрии, на Украине, соорудились в Польше и на Кубе. Среди пущенных энергоблоков с реакторами ВВЭР – 35 блоков с ВВЭР-440, 26 блоков с реакторами ВВЭР-1000.

Процесс разработки проектов АЭС с реакторными установками ВВЭР-440 различной модификации постоянно сопровождался поисками оптимальных схемных и компоновочных решений, обеспечивавших высокий уровень надежности и безопасности эксплуатации и применяемые технико-экономические показатели, сравнимые с лучшими зарубежными проектами.

На Нововоронежской АЭС после пуска в 1964 году 1-го энергоблока с ВВЭР-210, в 1969 году был пущен энергоблок с реактором ВВЭР-365.

ВВЭР-440 в модификации В-230.

В 1978 году был пущен 1-й энергоблок, а в 1980 году – 2-й энергоблок АЭС В-1.

Особое место в проектировании АЭС с реакторами ВВЭР-440 занимает проектирование АЭС «Ловииса» в Финляндии, 1-й блок которой был пущен в 1977 году, а 2-й – в 1980 году.

В проекте АЭС «Ловииса», впервые в практике СССР, на уровне мировых требований были решены вопросы безопасности АЭС за счет применения уникальных технических решений, не имевших аналогов в практике отечественного энергетического строительства АЭС. К таким решениям относятся: глубокое борное регулирование, обеспечивающее высокие маневренные характеристики блока, система локализации аварий с системой

герметичной защитной оболочки и системой снижения давления в ней при аварийном разуплотнении первого контура в результате разрыва трубопровода 1-го контура Ду 500 с ледовыми конденсаторами; система аварийного охлаждения активной зоны реактора; высокая степень автоматизации станции и т.д.

При разработке проекта проводился анализ на соответствие рекомендациям МАГАТЭ по обеспечению безопасности АЭС. В отличие от ранее разработанных проектов реакторных установок ВВЭР-440, в объем разработки которых входили только реактор и парогенератор, технический проект реакторной установки для АЭС «Хурагуа» включал в себя все основное оборудование и трубопроводы первого контура АЭС (реактор с оборудованием шахтного объема, парогенераторы, главные циркуляционные трубопроводы с ГЦН и ГЗЗ, систему компенсации объема с компенсатором объема, трубопроводами и арматурой, пассивную часть САОЗ с гидроемкостями, трубопроводами и арматурой) и другие системы, входящие в комплект РУ.

По указанному проекту АЭС сооружалась до 1992 года, а потом, из-за отсутствия финансирования, была выполнена консервация АЭС. С 1978 по 1982 гг. выполнялись проектные работы по АЭС «Сирт» в Ливии с энергоблоками ВВЭР-440, опреснительной установкой и использованием одинаковых технических решений с АЭС «Хурагуа».

В 80-е годы с использованием технических решений по АЭС «Хурагуа» велись работы по выбору площадок для сооружений АЭС в Сирии, Ираке, КНДР, на Кубе в пункте Ольгин; был выполнен техпроект расширения Армянской АЭС двумя энергоблоками и начата выдача рабочих чертежей. Таким образом, намечалась широкая перспектива применения проекта с реакторной установкой ВВЭР-440 (В-318) как за рубежом, так и в СССР.

В январе 1985 года с фирмой ИВО (Финляндия) был подписан контракт на разработку техпроекта АЭС с реакторной установкой ВВЭР-440 повышенной мощности до 500 МВт (эл.), с применением двойной защитной оболочки.

Совместно с ОКБ «Гидропресс» контрактные работы были выполнены, и в перспективе данные разработки могли быть использованы для проектирования АЭС с реакторной установкой ВВЭР-500.

После пуска и успешной эксплуатации на Белоярской АЭС 1-го энергоблока с уран-графитовым ре-

актором АМБ-100 и на Нововоронежской АЭС водо-водяного реактора ВВЭР-210 было принято решение о сооружении в крупных энергосистемах СССР АЭС с реакторами большой мощности: уран-графитовый кипящий реактор большой мощности РБМК-1000 и водо-водяной реактор ВВЭР-1000.

В 1967 году утверждается разработанный НИКИЭТ технический проект реактора РБМК-1000, и начинается строительство Ленинградской АЭС на площадке, ранее выбранной ЛОТЭП для сооружения Ленинградской ГРЭС-16 с реакторами ВВЭР-210. Генпроектировщиком АЭС является ВНИПИЭТ, а ЛОТЭП на субподрядных началах разрабатывает проект машзала и ОРУ. 1-й энергоблок ЛАЭС пускается в 1973 году, а 4-й – в 1981 году. Выдвигается задача сооружения Курской, Смоленской, Чернобыльской и других АЭС с реакторами РБМК-1000. Ее выполнение поручается Минэнерго СССР. ЛОТЭП выбирает площадки для сооружения Курской и Смоленской АЭС, в 1967 году выполняет проектное задание по Курской АЭС, в 1968 году – по Смоленской АЭС, а после их утверждения начинает выдавать рабочие чертежи для сооружения АЭС. Одновременно УралТЭП выбирает площадку, выполняет и утверждает проектное задание по Чернобыльской АЭС и начинает рабочее проектирование.

В начале 1970 года, по решению руководства Минэнерго СССР, проектирование АЭС с реакторами РБМК-1000 передается институту «Гидропроект», а отделения института «Теплоэлектропроект» приступают к выполнению программы обеспечения сооружения АЭС с реакторами ВВЭР-1000, продолжая проектирование АЭС с ВВЭР-440 и другими типами реакторов.

В 1971 году утверждается разработанный ОКБ «Гидропресс» технический проект реакторной установки ВВЭР-1000 (В-187) для 5-го блока Нововоронежской АЭС, и по проекту ОАЭ сооружается и в 1981 году вводится в эксплуатацию этот блок.

Новый этап в сооружении АЭС с реакторами ВВЭР-1000 наступил после утверждения в 1980 году разработанным ОКБ «Гидропресс» технического проекта реакторной установки ВВЭР-1000 (В-320).

В 1989 году силами всех отделений института «Атомэнергопроект» был выполнен техпроект АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 (В-392) повышенной безопасности, на основе которого ЛОАЭП (Ленинградское отделение «Атомэнергопроект») с привлечением других отделений проделал большой объем работ по техпроекту Костромской АЭС с шестью реакторами ВВЭР-1000.

В 1989 году, совместно с ОКБ «Гидропресс», РНЦ «Курчатовский институт», Ленинградским отделением была разработана концепция АЭС нового поколения средней мощности с реактором типа ВВЭР (НП-500) и выданы технические требования на основное оборудование. Одновременно центральным институтом была разработана концепция АЭС нового поколения с реактором ВВЭР большой мощности, для которой ЛОАЭП разработал концепцию по машзалу и турбоустановке.

На основе этих разработок в 1990 году была создана Государственная научно-техническая программа «Экологически чистая энергетика. Безопасная атомная станция. Проект АЭС нового поколения с реактором ВВЭР-500», и такая же программа была создана для АЭС нового поколения с реактором ВВЭР-1000.

Подводя итоги совместной многолетней работы по созданию АЭС с различными типами реакторов, можно утверждать, что атомная энергетика и в дальнейшем должна развиваться на основе использования реакторов с водой под давлением (ВВЭР) большой и средней мощности в зависимости от мощности и потребностей энергосистем.

С.В. ОНУФРИЕНКО,
к.т.н., директор ФГУП «Санкт-Петербургский институт «Атомэнергопроект»

50 ЛЕТ В БОЛЬШОЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

В 1966 году был утвержден разработанный ОКБ «Гидропресс» технический проект реактора ВВЭР-440 (В-179), и в декабре 1971 года на Нововоронежской АЭС был введен 3-й блок, а в декабре 1972 года – 4-й блок. Генпроектировщиком этих блоков был отдел атомной энергетики (ОАЭ) управления института ВГПИТЭП, который одновременно вел проектирование АЭС «Норд» в ГДР и АЭС «Козлодуй» в Болгарии с реакторами ВВЭР-440 (В-230), разработанными ОКБ «Гидропресс» на основе проекта В-179.

В реакторе В-230 были усовершенствованы приводы СУЗ, внутрикорпусные устройства, верхний блок, патрубки Ду500 корпуса реактора, введено борное регулирование, что позволило сократить количество приводов СУЗ с 73-х до 37 штук. Компоновка и конфигурация циркуляционных петель такая же, как и в проекте В-179.

Проект В-230 был реализован впервые на 1-м блоке Кольской АЭС, введенном в эксплуатацию 29 июня 1973 года. Реакторная установка В-230 1-го блока Кольской

герметичной защитной оболочки и системой снижения давления в ней при аварийном разуплотнении первого контура в результате разрыва трубопровода 1-го контура Ду 500 с ледовыми конденсаторами; система аварийного охлаждения активной зоны реактора; высокая степень автоматизации станции и т.д.

Проектирование АЭС осуществлялось совместно с финской фирмой ИВО и другими зарубежными фирмами.

Для выполнения технических требований заказчика к оборудованию ЛОТЭП проделал очень трудоемкую работу по выдаче заданий заводам и согласованию заводских технических условий и техдокументации на оборудование, которое в значительной степени отличалось от установленного ранее на Нововоронежской и Кольской АЭС с реакторами ВВЭР-440 в модификации В-230. ОКБ «Гидропресс» разработал проект реакторной установки в модификации В-213 для АЭС «Ловииса» на основе решений проекта серийной реакторной установки В-230 с изменениями, вытекавшими из требований финского заказчика.

Блоки АЭС «Ловииса» входят в десятку лучших АЭС мира по показателям надежной и безопасной работы. Опыт проектирования АЭС «Ловииса» в дальнейшем был широко

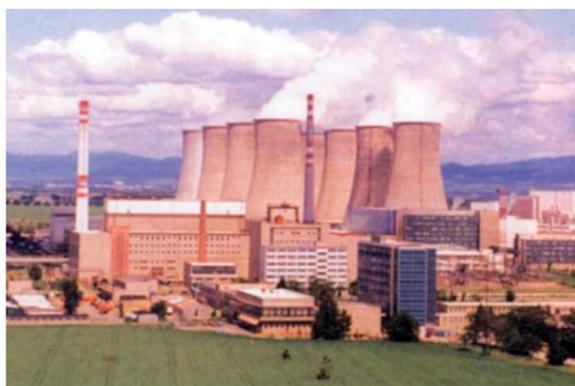
использован при выполнении унифицированного проекта АЭС с энергоблоком ВВЭР-440 в модификации В-213, к которому ЛОТЭП приступил вместе с Киевским и Уральским отделениями в 1974 году (для второй очереди Кольской АЭС, АЭС «Пакш» в Венгрии, Ровенской АЭС).

В 1975 году была выбрана площадка под сооружение АЭС «Хурагуа» на Кубе с реакторами ВВЭР-440 в модификации В-213, к которому ЛОТЭП приступил вместе с Киевским и Уральским отделениями в 1974 году (для второй очереди Кольской АЭС, АЭС «Пакш» в Венгрии, Ровенской АЭС).

В 1975 году была выбрана площадка под сооружение АЭС «Хурагуа» на Кубе с реакторами ВВЭР-



АЭС «Моховце».



АЭС «Богуннице».



АЭС «Темелин».

НИТИ ИМ. А.П. АЛЕКСАНДРОВА

РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ

Сотрудничество НИТИ и ОКБ «Гидропресс» началось в период создания в НИТИ экспериментальной базы для проведения комплексных испытаний судовых ядерных энергетических установок, в частности, во время сооружения наземного стенда прототипа с жидкометаллическим теплоносителем – стенда КМ-1, постановление о строительстве которого на промплощадке НИТИ было подписано в декабре 1963 года.

ОКБ «Гидропресс», имея уже к этому времени опыт проектирования и строительства ЯЭУ подобного типа, силами своего опытного производства модернизировало для стенда КМ-1 два ранее изготовленных парогенератора МП-7 со вскрытием корпусов испарителя и пароперегревателя и полной заменой трубной системы, в том числе заменой дистанционирующих планок на дистанционирующие фрезерованные решетки, что значительно уменьшило вибрацию труб в потоке теплоносителя. Эти парогенераторы успешно отработали всю энергокампанию в 1977-1986 гг. В течение этого времени специалисты ОКБ «Гидропресс» постоянно входили в состав рабочих групп по проведению испытаний на установке КМ-1, прежде всего, по проверке характеристик работы парогенераторов на различных режимах, включая режимы естественной циркуляции по 1-му и 2-му контурам. Полученные на стенде КМ-1 результаты вошли в рекомендации по улучшению проектов ЯЭУ с ЖМТ и регламенты по их эксплуатации.

Сегодняшний этап в сотрудничестве НИТИ и ОКБ «Гидропресс» связан с развитием отечественной атомной энергетики, созданием проектов АЭС нового поколения, отвечающих современным требованиям по безопасности.

В конце 80-х-начале 90-х годов прошлого столетия НИТИ, обладая уже достаточным высоким научно-техническим потенциалом в области экспериментальных исследований, математического моделирования, автоматизации и компьютеризации управления и обеспечения безопасной эксплуатации корабельных ЯЭУ, предложил проектным и конструкторским предприятиям отрасли свое участие в создании новых проектов АЭС с ВВЭР. Была достигнута договоренность с СПБАЭП (главный проектировщик) и с ОКБ «Гидропресс» (главный конструктор реакторной установки) о совместной работе, при участии других предприятий и организаций, по сооружению на площадке НИТИ референтного энергоблока средней мощности повышенной безопасности НП-500 (ВВЭР-640) в составе Научно-промышленного центра атомной энергетики (НПЦ АЭ).

ОКБ «Гидропресс» приняло активное участие в разработке технико-экономического обоснования (ТЭО) строительства НПЦ АЭ. Следует отметить, что проект НПЦ АЭ, в состав которого, кроме энергоблока ВВЭР-640, входят крупномасштабный стенд, стенд для исследования процессов при тяжелых авариях и учебно-тренажерный комплекс, впервые в отечественной практике прошел весь цикл согласования и утверждения в различных надзорных органах, начиная от местного уровня и заканчивая федеральным. Это было время, когда в России в начале 90-х годов прошлого века только начала формироваться нормативная база атомной энергетики, отвечающая международным требованиям и направленная на максимальное информирование общественности о намерениях по сооружению ядерных объектов. Сотрудничество НИТИ с ОКБ «Гидропресс», так же как и с другими предприятиями отрасли, привело к положительным результатам: ТЭО на НПЦ АЭ было утверждено, а НИТИ как эксплуатирующая организация получил от Госатомнадзора России лицензию на начало строительства энергоблока АЭС с ВВЭР-640.

По договорам с НИТИ ОКБ «Гидропресс» выполнило большой объем работ по разработке технической документации на реакторную установку В-407, а также на модель реакторной установки В-407 для крупномасштабного стенда КМС. В это же время довольно успешно развивалось сотрудничество НИТИ и ОКБ «Гидропресс» по созданию системы контроля и управления (СКУ) для энергоблока АЭС с ВВЭР-640.

К сожалению, так успешно и интенсивно начатое в 90-х годах прошлого столетия сотрудничество НИТИ и ОКБ «Гидропресс» по проекту АЭС с ВВЭР-640 в силу различных причин сегодня практически свернуто. Тем не менее в те годы была заложена хорошая основа для дальнейшего сотрудничества – были установлены творческие связи между специалистами наших предприятий и, что самое главное, возникло осознание пользы такого сотрудничества для нашего общего дела – развития отечественной атомной энергетики.

В последние годы активно развивается сотрудничество НИТИ и ОКБ «Гидропресс» в области математического моделирования и расчетных обоснований безопасности новых проектов АЭС с ВВЭР-1000 и ВВЭР-1500.

Созданный в НИТИ системный теплогидравлический код нового поколения КОРСАР предназначается для численного моделирования динамики реакторных установок АЭС, включая решение задач нестационарной контурной теплогидравлики по широкому спектру аварийных режимов АЭС с ВВЭР.

С 2000 года, когда развитие расчетного кода КОРСАР приобрело статус отраслевой задачи, к работам по коду были привлечены другие научно-исследовательские и проектные организации, в т.ч. и ОКБ «Гидропресс». Первая базовая версия кода КОРСАР была инсталлирована на ЭВМ в ОКБ «Гидропресс», и начался процесс практического применения кода КОРСАР при обосновании безопасности АЭС с ВВЭР-1000 и ВВЭР-1500. Одновременно были начаты работы по передаче в ОКБ «Гидропресс» программных средств, предназначенных для численного моделирования стационарных и нестационарных нейтронно-физических процессов. Основой этих программных средств, которые в настоящее время находятся в опытной эксплуатации в ОКБ «Гидропресс», является известный пакет программ «САП-ФИР», разработанный совместно специалистами НИТИ и РНЦ «Курчатовский институт». Эти совместные работы НИТИ и ОКБ «Гидропресс» имеют принципиальное значение, поскольку использование программных средств нового поколения позволяет перейти от консервативных оценок безопасности к реалистическим оценкам, что способствует повышению технико-экономических показателей объектов атомной энергетики.

Сложившееся в течение многих лет плодотворное сотрудничество ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» и ФГУП «ОКБ «Гидропресс» дает нам основание надеяться на его продолжение и в будущем, что, несомненно, будет на пользу как нашим предприятиям, так и отрасли в целом.

В.А. ВАСИЛЕНКО,
генеральный директор ФГУП
«НИТИ им. А.П. Александрова»

В создании и развитии отечественной электроэнергетики ЦНИИТМаш принадлежит роль организации, разработавшей конструкционные материалы, технологические процессы изготовления и контроля качества энергетического оборудования – котельных установок, сосудов высокого давления, паровых, газовых и гидротурбин, трубопроводов, арматуры. Производственный опыт и техническое оснащение заводов тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения позволили в короткие сроки освоить изготовление корпусов атомных реакторов, оборудования шахтного объема, парогенераторов, главных циркуляционных насосов, машин для перегрузки топлива и многого другого для АЭС по проектам ОКБ «Гидропресс» и заводских КБ.

СОЗДАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЭС

Начало наиболее плодотворного сотрудничества ЦНИИТМаш с ОКБ «Гидропресс» относится к 70-м годам, когда правительственными постановлениями ОКБ «Гидропресс» было назначено головной организацией по установке ВВЭР, а на ЦНИИТМаш были возложены функции головной организации по разработке материалов, технологий производства и методов контроля качества изготовления оборудования для атомных электростанций.

По техническим требованиям, в содружестве с ОКБ «Гидропресс», другими организациями и заводскими КБ, ЦНИИТМаш осуществил разработку и совершенствование основных и сварочных материалов для всего оборудования 1-го контура АЭС с реакторами большой мощности.

Создание материалов, нашедших широкое применение при изготовлении энергетического оборудования, стало возможным в результате выполненных в ЦНИИТМаш исследований и разработок комплекса технологических процессов выплавки сталей и сплавов, методов литья,ковки и штамповки заготовок и изделий, гибки отводов, сварки, объемной и зональной термической обработки, индукционного и радиационного нагрева для сварки, механической обработки и сборки, дефектоскопического контроля качества.

Комплексный подход при разработке материалов и технологий изготовления ответственного оборудования является важной особенностью ЦНИИТМаш. Уже в первые довоенные пятилетки институт активно участвовал в развитии отечественного машиностроения, проводя теоретические исследования, создавая новые материалы и технологические процессы, непосредственно участвуя в их освоении. Необходимо вспомнить чл.-корр. АН СССР, д.т.н., профессора Н.Н. Зореву, возглавившего самый важный – начальный период крупномасштабных работ ЦНИИТМаш в области атомного энергомашиностроения и установившего плодотворные прямые контакты с руководителями конструкторских организаций, прежде всего, с ОКБ «Гидропресс». Для оперативного взаимодействия с производствами на многих заводах были созданы подразделения ЦНИИТМаш, эффективно внедрявшие наработки института, осуществлявшие оперативную связь ученых с работниками заводов.

По заданиям ОКБ «Гидропресс» в ЦНИИТМаш были проведены и проводятся в настоящее время всесторонние исследования материалов и элементов оборудования АЭС, результаты которых кладутся в основу расчетов на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Современная испытательная техника позволяет проведение всесторонних физико-химических исследований и механических испытаний для определения стандартных характеристик материалов, а также свойств сталей и сварных соединений при многоцикловом и малоцикловом нагружении, характеристик статической и циклической трещиностойкости, результаты которых передаются в ОКБ «Гидропресс» для расчетов

в обоснование безопасной эксплуатации оборудования АЭС и возможности продления срока его службы. С участием сотрудников ЦНИИТМаш были разработаны методы определения свойств конструкционных материалов при испытаниях на растяжение, в условиях ползучести, при испытаниях на длительную прочность, методика определения критической температуры хрупкости, ее сдвига в результате термического старения и накопления усталостных повреждений, руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК и ВВЭР на стадии эксплуатации. Впервые были обобщены результаты испытаний свойств сталей 15Х2НМФА и 15Х2НМФА-А и их сварных соединений после облучения в исследовательских реакторах ИАЭ им. И.В. Курчатова, ЦНИИ «Прометей» и НИИАР. Данные подготовленного совместно с этими организациями аттестационного отчета были положены в основу оценочных характеристик, принятых для расчета радиационного ресурса корпуса реактора ВВЭР-1000.

ЦНИИТМаш принимал непосредственное участие в работах, проводившихся под руководством ИАЭ им. И.В. Курчатова и ОКБ «Гидропресс», связанных с продлением срока службы реакторов ВВЭР-440 атомных энергоблоков Нововоронежской, Кольской, Армянской АЭС, АЭС «Козлодуй», «Бруно Лейшнер». По техническому заданию ОКБ «Гидропресс» сотрудниками ЦНИИТМаш было спроектировано и изготовлено термическое оборудование для восстановительного отжига сварных соединений корпусов реакторов по температурным режимам, обеспечивающим снятие эффекта радиационного охрупчивания металла швов. Реализация комплекса технологий, разработанных в рамках проблемы продления срока службы корпусов реакторов ВВЭР-440 с участием ИАЭ им. И.В. Курчатова, ОКБ «Гидропресс», ЦНИИ «Прометей», ЦНИИТМаш, ВНИИАЭС, позволила обеспечить безопасность их эксплуатации в течение дополнительного срока службы.

Для проверки достоверности результатов испытаний основного металла и сварных швов корпусов реакторов ВВЭР-1000 ЦНИИТМаш выполнил комплекс работ, связанных с поставкой эталонных образцов с максимальной допустимой концентрацией меди и фосфора, закладываемых для облучения в реактор совместно с образцами-свидетелями. Радиационная стойкость металла эталонных образцов проверена в НИИАР.

По заданию ОКБ «Гидропресс» ЦНИИТМаш проведена актуализация нормативной документации на производство поковок из корпусной стали. В результате совершенствования технологии изготовления и корректировки (в пределах технических условий) химического состава разработана новая, более совершенная модификация корпусной стали 15Х2НМФА, кл. 1 со значительно более низкой темпе-

ратурой $T_{\text{кр}}$ достигаемой даже при изготовлении самых крупных заготовок реактора ВВЭР-1000. Сталь марки 15Х2НМФА-А, кл. 1 принята ОКБ «Гидропресс» для корпуса реактора ВВЭР-1500. По договору с ОКБ «Гидропресс» в ЦНИИТМаш проведены работы по технологииковки и штамповки обечаек, фланцев и деталей крышки верхнего блока реактора ВВЭР-1500. Под руководством ОКБ «Гидропресс» ЦНИИТМаш участвует в «Программе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в



Идут работы на реакторе энергоблока № 3 Калининской АЭС.

подтверждение возможности изготовления и работоспособности корпуса ядерного реактора для АЭС с энергоблоками ВВЭР-1500 (отработка технологии изготовления поковок фланца крышки, опорной и патрубковой обечаек, разработка узла сварки патрубков в крышку, совершенствование технологии сварки).

В ЦНИИТМаш была разработана и выполнена с участием НИКИЭТ, ОКБ «Гидропресс», ЦКТИ, ПО «Атоммаш» и ПО «Ижорский завод» программа исследований по применению концепции ТПР к главному циркуляционному трубопроводу реакторов ВВЭР-1000.

В результате выполнения программы сотрудниками НИКИЭТ и ОКБ «Гидропресс» разработана «Методика расчета трубопроводов АЭУ в рамках концепции «течь перед разрушением».

По этой методике были рассчитаны трубопроводы Ду 850 реактора ВВЭР-1000. Расчет показал, что эти трубопроводы удовлетворяют требованиям применимости концепции ТПР.

Результаты работ, проводимых при взаимодействии с ОКБ «Гидропресс», свидетельствуют о том, что ЦНИИТМаш выполняет обязанности головной материаловедческой организации в процессе проектирования, изготовления, эксплуатации и продления срока службы оборудования АЭС. Эти работы ЦНИИТМаш проводит в соответствии с лицензиями Госатомнадзора на проведение экспертизы конструкторской и технологической документации в части материалов, методов контроля и обоснования надежности установок с ядерными реакторами, на изготовление оборудования для АЭС, сооружение атомных энергоблоков при строительстве, на работы при их эксплуатации. ЦНИИТМаш аккредитован на исполнение работ по ремонту оборудования АЭС концерна «Росэнергоатом».

Поздравляю директора-генерального конструктора ОКБ «Гидропресс» д.т.н. Ю.Г. Драгунова и весь руководимый им коллектив с юбилеем, важными для страны достижениями в области атомной электроэнергетики и желаю дальнейших больших успехов.

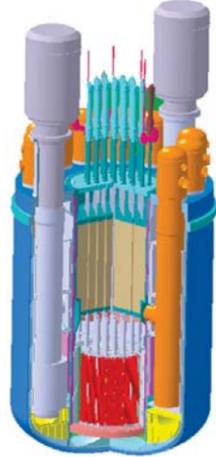
А.С. ЗУБЧЕНКО,
д. т. н., профессор, ЦНИИТМаш

В январе 2006 года исполняется 60 лет со дня образования ОКБ «Гидропресс», а в мае этого же года – 60 лет со дня образования ФЭИ. Однако тесное сотрудничество ОКБ «Гидропресс» и ФЭИ началось в 1952 году, когда правительством было принято постановление о разработке и создании в Советском Союзе подводной лодки (АПЛ) с ядерной паропроизводящей установкой (ЯППУ).

вана ранее предложенная ОКБ «Гидропресс» петлевая компоновка оборудования 1-го контура с большим количеством основных и вспомогательных трубопроводов, ручной и дистанционно управляемой

Необходимо особо отметить тот большой вклад в становление важного для страны направления ядерной энергетики со свинцово-висмутовыми реакторами, который внес Василий Васильевич Стекольников.

нейшее развитие. Направление ППУ с ЖМТ в это время возглавил начальник отделения (сейчас заместитель директора) В.С. Степанов. В этот период на базе накопленного опыта практически при отсутствии финансирования разработан проект модульного быстрого реактора малой мощности СВБР-75/100 многоцелевого применения, получивший высокую оценку на различных совещаниях в концерне «Росэнергоатом» и в Росатоме, а также у многих зарубежных специалистов.



Проект реактора СВБР-75/100.

Вспоминая те уже далекие годы, хочется назвать ведущих специалистов ОКБ «Гидропресс» (кроме упомянутых выше), работавших по направлению ЖМТ, с которыми автор этой статьи в разное время взаимодействовал и у которых многому учился. Это: В.И. Акимов, Л.А. Бочаров, Е.В. Куликов, Н.М. Симбирцев, Г.А. Тачков.

Взаимодействие ФЭИ и ОКБ «Гидропресс», конечно, не ограничивается реакторами с теплоносителем свинец-висмут. Были и совместная работа над реактором БОР-60, парогенераторами реакторных установок БН-600, БН-800, Первой в мире АЭС, и исследование вопросов безопасности реакторных установок типа ВВЭР, и создание для них усовершенствованных тепловыделяющих сборок. Но об этом могут рассказать другие люди, участвовавшие в указанных работах.

Г.И. ТОШИНСКИЙ,
главный научный сотрудник,
советник генерального директора
ГНЦ РФ-ФЭИ, д.т.н., профессор

ПОЛВЕКА ВМЕСТЕ

К этому времени уже было известно, что в США интенсивно ведутся разработки двух типов ЯППУ для АПЛ: с водяным теплоносителем и жидкометаллическим теплоносителем (натрием). В СССР также были развернуты работы по двум типам ЯППУ: с водой под давлением (это направление возглавила ЛИП АН СССР – сейчас «Курчатовский институт», научный руководитель Анатолий Петрович Александров) и с жидкометаллическим теплоносителем (это направление возглавила Лаборатория «В» МВД СССР – сейчас Физико-энергетический институт, научный руководитель – Александр Ильич Лейпунский).

Однако, в отличие от решения, принятого в США, А.И. Лейпунским в качестве жидкометаллического теплоносителя был выбран эвтектический сплав свинца и висмута, несмотря на его худшие, в сравнении с натрием, теплопередающие свойства. Жизнь впоследствии подтвердила правильность этого выбора.

Разработка проекта ЯППУ с жидкометаллическим теплоносителем (ЖМТ) свинец-висмут была поручена ОКБ «Гидропресс», которое возглавлял его главный конструктор Борис Михайлович Шолкович – широко образованный инженер, представитель «старой» конструкторской школы, имевший до этого большой опыт работы в теплоэнергетике.

ОКБ «Гидропресс» размещалось тогда в небольшом двухэтажном здании на территории Подольского машиностроительного завода им. Орджоникидзе и структурно входило в состав завода.

Б.М. Шолковичу удалось в короткий срок сформировать из молодых специалистов и инженеров завода работоспособный коллектив энтузиастов, сплоченных вокруг решения важной государственной задачи, направленной на укрепление обороноспособности страны.

Работа по созданию ЯППУ с ЖМТ для АПЛ проходила в специфических условиях, которые характеризовались сжатыми директивными сроками (гонка вооружений была в разгаре, нужно было быстро догонять и перегонять США), полным отсутствием какого-либо отечественного или зарубежного опыта обращения с жидкометаллическим теплоносителем свинец-висмут, высокой требовательностью государственных органов к срокам выполнения и результатам проводимых работ, максимальным возможной финансовой и организационной поддержкой государства.

В этих условиях конструкторам «наступая на горло собственной песне», приходилось отказываться от многих перспективных, но еще не опробованных технических решений, отдавая предпочтение схемным и конструкторским решениям, по которым имелся опыт в теплоэнергетике. В частности, не была применена для реализации моноблочная (интегральная) конструкция ЯППУ с прямоточным безразрывным парогенератором (Н.А. Георгиевский, 1957 г.). Вместо этого была реализована

арматурой, разветвленной системой парового обогрева. Такая компоновка повышала «живучесть» ЯППУ при отказах отдельного оборудования, облегчала его ремонт и замену, но усложняла эксплуатацию ЯППУ и не позволяла в полной мере показать потенциальные преимущества установок с ЖМТ.

Очень важно, что сотрудничество ОКБ «Гидропресс» и ФЭИ носило творческий характер, а взаимодействие специалистов организаций было очень оперативным. Пример подавал Александр Ильич Лейпунский. С необходимыми специалистами ФЭИ он еженедельно посещал ОКБ «Гидропресс», передавал свои научные знания и опыт его сотрудникам, которые своим практическим подходом ограничивали полет фантазии ученых, «приземляя» их идеи в интересах общего дела.

По мере разветвления работ по созданию ЯППУ с ЖМТ все больше специалистов ФЭИ различного профиля – физики-расчетчики и экспериментаторы, химики, теплофизики, гидродинамики, специалисты по технологии свинцово-висмутового теплоносителя, расчетам радиационной защиты, разработчики ТВЭЛ, инженеры-эксплуатационники – становились участниками проводившихся совместно работ, искали ответы на задаваемые вопросы, получая в то же время ценный опыт общения с конструкторами.

ков, руководивший ОКБ «Гидропресс» в течение 30 лет.

Освоение ЯППУ с ЖМТ свинец-висмут сопровождалось рядом трудностей и серьезных аварий на опытной АПЛ проекта 645, опытной АПЛ проекта 705 (заказ 900), ЯППУ для которой разрабатывало ОКБМ, и головной АПЛ проекта 705 К (заказ 105), потребовавших досрочного вывода этих АПЛ из состава ВМФ. В 1996 году последняя АПЛ с жидкометаллическим реактором была выведена из эксплуатации.

В сложившихся обстоятельствах только благодаря энтузиазму высококлассного коллектива конструкторов ОКБ «Гидропресс» и настойчивости его начальника и главного конструктора В.В. Стекольников продолжались работы над проектами перспективных ЯППУ с ЖМТ, в которых были устранены недостатки, выявленные в ходе эксплуатации АПЛ. Эти проекты ЯППУ имели гораздо лучшие характеристики, но, к сожалению, они не были реализованы.

В последние годы, когда руководителем ОКБ «Гидропресс» стал Ю.Г. Драгунов, сложившееся творческое сотрудничество ФЭИ и ОКБ «Гидропресс» укрепило и получило даль-

ЭТАПЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Сотрудничество СПМБМ «Малахит» и ОКБ «Гидропресс» началось в 50-х годах прошедшего века. Это было время, когда в нашей стране открывались новые направления научных исследований и разработка, оборона страны была важнейшим государственным приоритетом.

Еще в начальный период проектных работ СКБ-143 (СПМБМ «Малахит») по первой отечественной атомной подводной лодке проекта 627А было принято два направления создания АЭУ: с водо-водяным теплоносителем и жидкометаллическим. По этим направлениям шло развитие корабельных АЭУ и в США.

Первая отечественная АПЛ проекта 627А была построена с энергоустановкой водо-водяного типа. Но на этом корабле не удалось осуществить ряд перспективных конструктивных предложений ВМФ. Для их реализации потребовалось разрабатывать АПЛ нового проекта, которому был присвоен номер 645. Для этого проекта Особым КБ «Гидропресс» разрабатывалась паропроизводящая установка жидкометаллического типа на базе исследований, выполнявшихся на наземном стенде 27/Вт. Проект 645 и стал первым этапом сотрудничества СПМБМ «Малахит» и ОКБ «Гидропресс». Главным конструктором АПЛ проекта 645 стал А.К. Назаров, работы по созданию жидкометаллической ППУ возглавил Б.М. Шолкович, научное руководство – академик А.И. Лейпунский.

Создание установки потребовало огромных усилий со стороны ОКБ «Гидропресс», ФЭИ, СКБ-143 и разработчиков комплектующего оборудования. Это объясняется не только особой сложностью поставленной задачи, но и полным отсутствием в мировой практике какого-либо опыта и прототипов. Технический про-

ект АППУ с двумя реакторами, располагавшимися по бортам АПЛ, был утвержден в январе 1957 года. В 1958 году началась постройка АПЛ проекта 645 на заводе № 402 (Севмашпредприятие), и уже 27 декабря 1962 года реактор был выведен на мощность 20 %.

В октябре 1963 года правительственная комиссия подписала акт о принятии АПЛ проекта 645 (флотский № К-27) в состав ВМФ, в котором указала, что это первая АПЛ в мире с атомной энергоустановкой жидкометаллического типа, и рекомендовала применять АЭУ с ЖМТ в новых проектах кораблей ВМФ.

На этом пути героические и трагические события переплелись в тугой узел, оставив обширный опыт создания и эксплуатации АЭУ с ЖМТ в условиях подводного корабля.

Второй этап сотрудничества двух конструкторских бюро, уже в 60-е 70-е годы связан с созданием комплексно-автоматизированных, высокоскоростных атомных подводных лодок малого водоизмещения – «истребителей» проектов 705 и 705К. Реализация нового проекта, по определению секретаря ЦК КПСС Д.Ф. Устинова, стала общенациональной задачей – попыткой осуществить рывок для достижения военно-технического превосходства над западным блоком. Возглавил работы по проекту главный конструктор М.Г. Русанов, научное руководство проектом было поручено академиком А.П. Александрову, А.И. Лейпунскому, В.А. Трапезникову и А.Г. Иосифьяну.



Каждое принципиальное решение по новому проекту принималось тяжело и имело как многих сторонников, так и зачастую не многим меньшее количество противников. Самым трудным решением стал выбор типа ядерной паропроизводящей установки. Малое водоизмещение АПЛ требовало снижения веса и габаритов ППУ, и только установка жидкометаллического типа давала существенный выигрыш. Корабль заданных характеристик с установками иного типа просто не получался. Однако некоторые достаточные авторитетные отечественные специалисты считали выбор установки ЖМТ ошибочным. С позиций же современных знаний и опыта правильнее говорить о том, что очень перспективная во всех отношениях ядерная установка при жестких сроках создания была недостаточно доработана для принятия на боевой корабль. Американские авторы Полмер и Мур пишут: «Одной из самых перспективных, устремленных в будущее технологий была энергетическая установка проекта 705».

Длительное и всестороннее рассмотрение вопроса завершилось выбором установки с жидкометаллическим реактором. Для опытного корабля проекта была принята энергоустановка, разработанная Горьковским ОКБМ.

В начале 1962 года группа конструкторов Особого КБ «Гидропресс» во главе с В.И. Акимовым разработала инициативный вариант атомной

паропроизводящей установки жидкометаллического типа в блочном исполнении с условным наименованием БМ-40. По замыслу авторов установка могла изготавливаться на машиностроительном заводе и перевозиться по железной дороге на судовой платформе для монтажа на АПЛ. Достигалось существенное снижение трудоемкости и сроков монтажа. Кроме того, блочное исполнение энергоустановки исключало возникновение непредвиденных ситуаций, связанных со сложными и очень трудоемким процессом монтажа оборудования и систем ППУ в условиях крайне ограниченного пространства отсека АПЛ.

Предложенный вариант был оперативно рассмотрен, одобрен Минсредмашем и получил наименование БМ-40А. В июне 1965 года решением четырех министров техпроект ППУ БМ-40А был утвержден, и головным поставщиком определен Подольский машиностроительный завод имени Орджоникидзе.

В создании блочной паропроизводящей установки большая заслуга главного конструктора БМ-40А В.В. Стекольников; его заместителей Г.А. Тачкова, Е.В. Куликова, начальника отделов В.И. Акимова, В.А. Чистякова, Н.М. Симбирцева, С.Г. Хачатуряна; ведущих специалистов ОКБ М.Г. Корзуна, В.А. Кутанова, В.А. Шульгина, В.С. Степанова, Л.С. Богатырева и многих других.

Проекту подводной лодки с блочной ППУ, разработанному СКБ-143, присвоили номер 705К, его строительство осуществлялось на Севмашпредприятии. В процессе постройки ПЛ с ППУ БМ-40А случались некоторые срывы, но серьезных неприятностей, порождавших новые сомнения в правильности выбора жидкометаллического направления, не было.

Швартовные, заводские и государственные испытания АПЛ 705К зав. № 105 с жесткими и пристраст-

СПМБМ «МАЛАХИТ»

ными испытаниями паропроизводящей установки в значительной мере реабилитировали идею жидкого металла, и противников принятого направления поубавилось.

Вершиной ППУ жидкометаллического направления, к сожалению, не реализованной в металле, стала моноблочная установка типа МБ-50. После рассмотрения этой разработки ОКБ «ГП» участник создания АПЛ 705(705К) – профессор 1-го ЦНИИ ВМФ С.Я. Травин сказал, что в ВМФ многие противники этого направления стали его сторонниками и что «если бы на подводную лодку проекта 705 могла быть поставлена эта усовершенствованная ППУ, то АПЛ стала бы кораблем овестьственной мечты».

В заключение необходимо отметить, что у конструкторов-подводников СПМБМ «Малахит» остается обоснованная надежда на реализацию в будущем идей ОКБ «Гидропресс», направленных на совершенствование ядерных паропроизводящих установок жидкометаллического типа, поэтому наши рабочие связи не прекращаются, и в настоящее время мы выполняем совместные поисковые работы по созданию перспективной малогабаритной малой мощности жидкометаллической энергоустановки для глубоководных технических средств.

Поздравляя одну из ведущих и авторитетнейших конструкторских организаций – ОКБ «Гидропресс» с 60-летним юбилеем, коллектив СПМБМ «Малахит» желает всем ее сотрудникам здоровья и удачи, а предприятию – новых десятилетий успешной и плодотворной работы на благо нашего Отечества.

Ю.М. КОНОВАЛОВ,
генеральный конструктор,
Б.В. ГРИГОРЬЕВ,
ведущий конструктор; СПМБМ
«Малахит»

© Перепечатка со ссылкой на газету

Атом-пресса
Атомная энергетика
Рег. № 1075 от 07. 12. 1990 г.

Издательство
и редакция:
ГП «Фирма
«АТОМПРЕССА»
144000,
г. Электросталь МО,
ул. Юбилейная, д. 13

Главный редактор
А. КУЗНЕЦОВ

Ответственный секретарь **Ю. Богачев**
Литературный редактор **Ю. Ковалевич**
Корректор **О. Шабардина**
Компьютерная вёрстка **Е. Елагина**

Газета выходит
еженедельно
Тираж номера:
3500 экз.
Подписано к печати:
19/01/2006 г. в 12.00

Адреса для писем:
144000, г. Электросталь МО, а/я 65;
Тел.: **(095)702-99-68**
(095)702-98-70
(095)702-99-09 (факс/авт.)
E-mail: **atompresa@elsite.ru**
http: **//www.minatom.ru**