

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ПЕРЕЧЕНЬ ОТЧЕТОВ О НИР, ВЫПОЛНЕННЫХ ДЛЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ГОСАТОМНАДЗОРА РОССИИ (по состоянию на 30 декабря 1999 года)

1. **ДНП-4-86-99/800. Совершенствование нормативной базы Госатомнадзора России по безопасности атомных транспортных и транспортабельных объектов гражданского назначения.** Шифр темы НИР: 1-18-93-2000, п.1.3.1 ПНТП-98.
Рассылка проекта 1-й редакции НД "Общие положения обеспечения безопасности ЯЭУ судов и иных плавсредств". Лаппо В.В., Кудрявцев Л.И.
2. **ДНП-4-87-99/800. Совершенствование нормативной базы Госатомнадзора России по безопасности атомных транспортных и транспортабельных объектов гражданского назначения.** Шифр темы НИР: 1-18-93-2000, п.1.3.1 ПНТП-98. Этап 22.2.
Рассылка проекта 1-й редакции НД "Правила ядерной безопасности ЯЭУ судов и иных плавсредств". Лаппо В.В., Чуканов В.Н.
3. **ДНП-4-88-99/800. Разработка НД "Требования к отчету по обоснованию безопасности ЯЭУ судов и иных плавсредств".** Шифр темы НИР: 1-18-98-2000. Этап 3.
Рассылка проекта 1-й редакции НД "Требования к отчету по обоснованию безопасности ЯЭУ судов и иных плавсредств". Лаппо В.В., Шульгин А.Я.
4. **ДНП-4-89-99/800. Анализ нарушений в работе ЯЭУ судов.** Шифр темы НИР: 2-9-97-98. Этап 5.2.
Рекомендации по развитию программного обеспечения и информационной базы расчетного анализа безопасности ЯЭУ судов (плавсредств) и обеспечению экспертизы НТЦ ЯРБ данных работ (заключительный отчет). Лаппо В.В.
5. **ДНП-4-90-99/800. Анализ нарушений в работе и ежегодных отчетов по безопасности объектов топливного цикла (заключительный отчет).** Шифр темы НИР: 2-7-97-98, п.2.2.4 ПНТП-98. Шарафутдинов Р.Б., Цветков С.В.
6. **ДНП-4-91-99/1000. Освоение и разработка методик и расчетных программ для анализа проектных и запроектных аварий ИЯУ, анализа вероятностей и последствий аварий.** Шифр темы НИР: 3.1-97-2001, п.3.4 ПНТП-98. Этап 4.
Освоение и разработка методик и расчетных программ для анализа проектных и запроектных аварий ИЯУ, анализа вероятностей и последствий аварий (проведение тестовых расчетов с использованием компьютерного кода SCALE 4.3). Горбунов В.П., Новикова Т.А.
7. **ДНП-4-92-99/700. Анализ влияния водно-химического режима на безопасность АС.** Шифр темы НИР: 2-4-96-98 (заключительный отчет). Шарафутдинов Р.Б., Денисова Л.Г.
8. **ДНП-4-93-99/700. Геолого-геохимические аспекты захоронения радиоактивных отходов (внеплановый отчет).** Шарафутдинов Р.Б., Левин А.Г.
9. **ДНП-4-94-99/700. Разработка программного обеспечения для Центра аварийной поддержки Госатомнадзора России. Создание информационной основы базы данных по радиационным последствиям аварий на действующих АС.** Шифр темы НИР: 3-5-97-98, п.3.6 ПНТП-98 (заключительный отчет). Рубцов П.М., Степнов В.Д.
10. **ДНП-4-95-99/700. Анализ состояния радиационной безопасности на радиационных объектах народного хозяйства.** Шифр темы НИР: 1-4-98-2000, п.1.2.2 ПНТП-98.
Разработка форм отчетных материалов о состоянии радиационной безопасности на объектах народного хозяйства с предложениями для планируемых к разработке РД. Шарафутдинов Р.Б., Строганов А.А., Бондарев В.В.
11. **ДНП-4-96-99/700. Анализ нарушений в работе ПТЦ и ежегодных отчетов по безопасности ПТЦ.** Шифр темы НИР: 2-2-99-2001, п. 2.2.2 ПНТП-99.
Анализ нарушений в работе ПТЦ в 1998 г. Шарафутдинов Р.Б., Цветков С.В.
12. **ДНП-4-97-99/100. Анализ информации по нарушениям в работе АС и ежегодных отчетов по безопасности АС.** Шифр темы НИР: 2-5-98-2001.

Анализ нарушений в работе АС за 1998 год. Хренников Н.Н., Хазанов А.Л.

13. **ДНП-4-98-99/700. Результаты пробной эксплуатации базы данных по учету ядерного топлива на атомных станциях России (БД "ОЯТ") (аннотационный отчет).** Шарафутдинов Р.Б., Левин А.Г.
14. **ДНП-4-99-99/300. Анализ консервативности пределов повреждения конструктивных элементов активных зон РБМК и ВВЭР при нормальных и аварийных режимах для оценки безопасности эксплуатации АЭС.** Шифр темы НИР: 2-16-94-1999. Этап 22.
Структурное и рентгеноспектральное исследование распределения кислорода по сечению образцов сплава Zr-2,5%Nb после окисления в диапазоне температур 700-850°C. Ковалевич О.М., Карпунин Н.И., Любимов А.Н., Ретюнский А.К.
15. **ДНП-4-100-99/020. Научная поддержка оперативной работы Госатомнадзора России по обеспечению регулирующей деятельности.** П.2.6.1 ПНТП-99, п.6.1 КП-99.
Научная поддержка оперативной работы Госатомнадзора России по обеспечению регулирующей деятельности (справка о выполнении работ). Алпатова Т.А., Бедняков В.Г., Соловьева В.В.
16. **ДНП-4-101-99/070. Разработка НД "Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности АС с реакторами на быстрых нейтронах".** Шифр темы НИР: 1-2-98-2001.
Проект окончательной редакции НД "Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности АС с реакторами на быстрых нейтронах". Слуцкер В.П., Соловьев Л.П.
17. **ДНП-4-102-99/040. Формирование перечня и участие в разработке нормативных документов по учету, контролю и физической защите ядерных материалов.** Шифр темы НИР: 1-5-97-2000.
Проект окончательной редакции НД "Методология оценки уязвимости систем физической защиты ядерных материалов и ядерных установок". Богомолов А.М.
18. **ДНП-4-103-99/040. Формирование перечня и участие в разработке нормативных документов по учету, контролю и физической защите ядерных материалов.** Шифр темы НИР: 1-5-97-2000.
Проект окончательной редакции НД "Требования к организации зон баланса ядерного материала в эксплуатирующихся организациях, на ядерных установках и в пунктах хранения ядерных материалов". Богомолов А.М.
19. **ДНП-4-104-99/040. Правила физической защиты радиационных источников, пунктов хранения, радиоактивных веществ.** Шифр темы НИР: 1-7-99-2002. Этап 1.3.
Организация и проведение совещания с заинтересованными ведомствами с целью определения соисполнителей и источников финансирования разработки НД "Правила физической защиты радиационных источников, пунктов хранения, радиоактивных веществ". Богомолов А.М.
20. **ДНП-4-105-99/040. Правила физической защиты радиационных источников, пунктов хранения, радиоактивных веществ.** Шифр темы НИР: 1-7-99-2002. Этап 1.5.
Разработка ТЗ на НД "Правила физической защиты радиационных источников, пунктов хранения, радиоактивных веществ". Богомолов А.М.
21. **ДНП-4-106-99/700. Разработка НД "Требования к отчету по обоснованию безопасности объектов предприятий топливного цикла".** Шифр темы НИР: 1-9-99-2003, п. 2.1.3.2 ПНТП-99.
Сбор, анализ, обобщение информации для разработки ТЗ на НД "Требования к отчету по обоснованию безопасности объектов предприятий топливного цикла". Шарафутдинов Р.Б.
22. **ДНП-4-107-99/070. Разработка НД "Положение о порядке расследования и учета нарушений, влияющих на радиационную безопасность, при обращении с радиоактивными веществами, изделиями на их основе и радиоактивными отходами".** Шифр темы НИР: 1-6-98-2000. Этап 5.
Разработка проекта окончательной редакции НД "Положение о порядке расследования и учета нарушений, влияющих на радиационную безопасность, при обращении с радиоактивными веществами, изделиями на их основе и радиоактивными отходами". Слуцкер В.П., Соловьев Л.П.
23. **ДНП-4-108-99/300. Анализ консервативности пределов повреждения конструктивных элементов активных зон РБМК и ВВЭР при нормальных и аварийных режимах для оценки безопасности эксплуатации АЭС.** Шифр темы НИР: 2-16-94-1999. Этап 23.
Структурное и рентгеноспектральное исследование распределения кислорода по сечению образцов сплава Zr-2,5%Nb после окисления в диапазоне температур 850-1000°C. Ковалевич О.М., Карпунин Н.И., Любимов А.Н., Ретюнский А.К.
24. **ДНП-4-109-99/300. Анализ консервативности пределов повреждения конструктивных**

- элементов активных зон РБМК и ВВЭР при нормальных и аварийных режимах для оценки безопасности эксплуатации АЭС.* Шифр темы НИР: 2-16-94-1999. Этап 24.
Отработка методики утонения образцов из сплавов циркония для электронно-микроскопических исследований (*промежуточный отчет*). Ковалевич О.М., Карпунин Н.И., Любимов А.Н., Ретюнский А.К.
25. **ДНП-4-110-99/500.** Планирование работ в чрезвычайных ситуациях в связи с наступлением 2000 года. Атомные электростанции, передача и распределение (*отчет о семинаре*). Ножевникова И.А., Плеханов В.Ш.
26. **ДНП-4-111-99/600.** *Методическое сопровождение изысканий по уточнению сейсмических условий площадки РоАЭС для повышения полноты и качества материалов, представляемых НИПКИ АЭП на экспертизу (информационный отчет).* Этап 1 работ по договору №12-99 от 10.03.99. Бугаев Е.Г.
27. **ДНП-4-112-99/ОПСВТ.** *Выполнение мероприятий по решению “Проблемы 2000” в НТЦ ЯРБ.* Калиберда И.В., Купричев А.В.
28. **ДНП-4-113-99/700.** *Нормативное регулирование безопасности при обращении с радиоактивными материалами очень низкого уровня активности в зарубежных странах и в России (внеплановый отчет).* Шарафутдинов Р.Б., Неретин В.А.
29. **ДНП-4-114-99/700.** *Анализ зарубежных документов нормативного регулирования безопасности при выводе из эксплуатации нереакторных установок ядерного топливного цикла (внеплановый отчет).* Шарафутдинов Р.Б., Цыпин С.Г.
30. **ДНП-4-115-99/700.** *Разработка НД “Требования к отчету по обоснованию безопасности предприятий топливного цикла”.* Шифр темы НИР: 1-9-99-2003, п.2.1.3.2 ПНТП-99. Шарафутдинов Р.Б.
31. **ДНП-4-116-99/070.** *Разработка НД “Общие положения обеспечения безопасности при обращении с радиационными источниками и радиоактивными веществами”.* Шифр темы НИР: 1-5-99-2002. Этап 2.
Составление технического задания на НД “Общие положения обеспечения безопасности при обращении с радиационными источниками и радиоактивными веществами”. Рубцов П.М., Кожевников В.П.
32. **ДНП-4-117-99/060.** *Совершенствование и поддержка полнотекстовой базы данных по нормативным документам.* Шифр темы НИР 3-1-99-2001, п.2.4.3 ПНТП-99. Этап 1.3.
Наполнение базы данных новыми НД (*промежуточный отчет*). Ченыхаев Д.М., Тарасова В.П.
33. **ДНП-4-118-99/500.** *Научно-техническая поддержка проекта разработки, поставки и внедрения в системе Госатомнадзора России аналитических тренажеров АС.* Шифр темы НИР: 01.28-94-99, п.2.4.1 ПНТП-99. Этап 18.
Освоение математического обеспечения аналитического тренажера по моделированию поведения АС в различных режимах. Проведение сравнения результатов моделирования динамических процессов АС на тренажере с проектными данными и с экспериментальными режимами действующих АС. Алпеев А.С., Санковский Г. А.
34. **ДНП-4-119-99/500.** *Научно-техническая поддержка проекта разработки, поставки и внедрения в системе Госатомнадзора России аналитических тренажеров АС.* Шифр темы НИР: 01.28-94-99, п.2.4.1 ПНТП-99.
Результаты научно-технической поддержки разработки и внедрения в системе Госатомнадзора России аналитических тренажеров АС (*заключительный отчет*). Алпеев А.С., Санковский Г.А.
35. **ДНП-4-120-99/400.** *Разработка НД “Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности радиационных источников”.* Шифр темы НИР: 1-6-99-2002. Этап 2.
Составление и утверждение ТЗ на разработку НД “Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности радиационных источников”. Рубцов П.М., Мусорин А.И.
36. **ДНП-4-121-99/400.** *Анализ состояния радиационной безопасности на радиационно опасных объектах народного хозяйства.* Шифр темы НИР: 1-4-98-2000, п. 5-2.6 КП-99. Этап 5.
Разработка 1-й редакции проекта РБ “Требования к содержанию отчета о состоянии радиационной безопасности на радиационно опасных объектах народного хозяйства”. Рубцов П.М., Мусорин А.И.
37. **ДНП-4-122-99/100.** *Анализ информации по нарушениям в работе АС и ежегодных отчетов по безопасности АС.* Шифр темы НИР: 2-5-98-2001. Этап 2.2.
Нарушения в работе АС за 1999 год на 01.12.99 (*заключительный отчет*). Хренников Н.Н., Хаза-

нов А.Л.

38. **ДНП-4-123-99/100. Анализ информации по нарушениям в работе АС и ежегодных отчетов по безопасности АС.** Шифр темы НИР: 2-5-98-2001. Этап 3.
Экспертиза ежегодных отчетов по безопасности АС за 1998 год. Хренников Н.Н., Хазанов А.Л.
39. **ДНП-4-124-99/800. Анализ нарушений в работе ЯЭУ судов и ежегодных отчетов по безопасности ЯЭУ судов.** Шифр темы НИР: 2-3-99-2001. Этап 2.1.
Анализ нарушений в работе ЯЭУ судов за 1998-1999 г. (*заключительный отчет*). Шульгин А.Я., Колтон И.Б.
40. **ДНП-4-125-99/800. Анализ нарушений в работе ЯЭУ судов и ежегодных отчетов по безопасности ЯЭУ судов.** Шифр темы НИР: 2-3-99-2001. Этап 2.1.
Анализ ежегодных отчетов по безопасности ЯЭУ судов за 1999 г.
Заключение на ежегодные отчеты по анализу эксплуатации ЯЭУ судов за 1999 г. Шульгин А.Я., Колтон И.Б.
41. **ДНП-4-126-99/700. Доработка НД “Общие положения обеспечения безопасности объектов предприятий топливного цикла”.** Шифр темы НИР: 1-11-98-2000, п. 2.1.3.1 ПНТН-99.
Шарафутдинов Р.Б.
42. **ДНП-4-127-99/070. Разработка НД “Правила расследования и учета нарушений при обращении с радиационными источниками и радиоактивными веществами, применяемыми в народном хозяйстве”.** Шифр темы НИР: 1-6-98-2000. Этап 6.
Подготовка проекта окончательной редакции НД “Правила расследования и учета нарушений при обращении с радиационными источниками и радиоактивными веществами, применяемыми в народном хозяйстве” к опубликованию. Слуцкер В.П., Соловьев Л.П.
43. **ДНП-4-128-99/300. Анализ консервативности пределов повреждения конструктивных элементов активных зон РБМК и ВВЭР при нормальных и аварийных режимах для оценки безопасности эксплуатации АС.** Шифр темы НИР: 2-16-94-99. Этап 25.
Анализ экспериментальных данных, обосновывающих предел повреждения ТВЭЛ при авариях с потерей теплоносителя и предложения по нормативному регулированию безопасности АС в части критериев окисления оболочек при аварийных ситуациях (*заключительный отчет*). Ковалевич О.М., Карпунин Н.И., Любимов А.Н., Ретюнский А.К.
44. **ДНП-4-129-99/700. Разработка нормативных документов по обращению с радиоактивными отходами.** П.7-1.1 КП-99. Шарафутдинов Р.Б.
45. **ДНП-4-130-99/700. Анализ нарушений в работе ПТЦ и ежегодных отчетов по безопасности ПТЦ.** Шифр темы НИР: 2-2-99-2001, п. 2.2.2 ПНТП-99. Этап 4.
Анализ ежегодных отчетов по безопасности ПТЦ (*заключение на ежегодные отчеты*). Шарафутдинов Р.Б., Цветков С.В.
46. **ДНП-4-131-99/700. Анализ нарушений в работе ПТЦ и ежегодных отчетов по безопасности ПТЦ.** Шифр темы НИР: 2-2-99-2001, п. 2.2.2 ПНТП-99. Этап 3.
Анализ нарушений в работе ПТЦ за 1998-1999 гг. (*заключительный отчет*). Шарафутдинов Р.Б., Цветков С.В.
47. **ДНП-4-132-99/700. Разработка РБ “Оценка безопасности хранилищ и могильников радиоактивных отходов”.** Шифр темы НИР: 3-6-97-2000, п. 2.1.7.1 ПНТП-99. Этап 5.
Разработка 2-й редакции проекта РБ “Оценка безопасности хранилищ и могильников радиоактивных отходов”. Шарафутдинов Р.Б., Строганов А.А.
48. **ДНП-4-133-99/060. Разработка 2-й версии полнотекстовой базы данных нормативных документов информационной системы “RIS” (внеплановый отчет).** Слуцкер В.П., Ченыкаев Д.М., Тарасова В.П.

Материал подготовила Н.М. Швартина

**ПЕРЕЧЕНЬ ВЫПУЩЕННЫХ РАБОТ И АННОТАЦИИ РАБОТ ЗА ПЕРИОД
СОТРУДНИЧЕСТВА С 1993 г. ПО 1998 г. ПО РОССИЙСКО-ГЕРМАНСКОЙ
ПРОГРАММЕ В ОБЛАСТИ ОЦЕНКИ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ
ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЭНЕРГОБЛОКА АЭС
С РЕАКТОРАМИ ВВЭР-1000**

Руководители Программы:

со стороны GRS **Ф. Хойзер**
 В. Рихтер

со стороны НТЦ ЯРБ **О.М. Ковалевич**
 А.Л. Хазанов

АННОТАЦИЯ

Настоящий информационный отчет содержит полный перечень выпущенных материалов и основные аннотации работ, выполненных в результате сотрудничества Научно-технического центра по ядерной и радиационной безопасности Госатомнадзора России (НТЦ ЯРБ) и Института GRS (Германия) в рамках Российско-германской программы за период 1993-1998 гг. по вопросам безопасности энергоблока №3 Балаковской АЭС. К работе по данной Программе привлекались специалисты Балаковской АЭС и других отечественных организаций. Результаты исследований обсуждались на совместных совещаниях с представителями GRS, НТЦ ЯРБ, Балаковской АЭС и концерна «Росэнергоатом», докладывались на конференциях и международных симпозиумах (в НТЦ ЯРБ - в 1997 г., в RISKAUDIT - в 1998 г., в Германии, Чехии, Болгарии - в период 1993 -1998 гг.). С материалами перечня можно ознакомиться в Отделе научно-технической информации НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России, а также у руководителей соответствующих проектов Программы. Материалы на русском и английском языках.

Настоящий перечень выпущен под руководством О.М. Ковалевича при активном участии А.В. Иванова и Н.М. Швартиной.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АЗ	- аварийная защита
БРУ	- быстродействующие редуцирующие устройства
ВАБ	- вероятностный анализ безопасности
ВД	- высокое давление
ГЦН	- главный циркуляционный насос
ГЦТ	- главный циркуляционный трубопровод
ИД	- исходные данные
КД	- компенсатор давления
КР	- корпус реактора
НД	- низкое давление
ОР	- органы управления
ПГ	- парогенератор
РОМ	- регулятор ограничения мощности
РУ	- реакторная установка
САОЗ	- система аварийного охлаждения
СП СУЗ	- система приводов системы управления защитой
ТВС	- тепловыделяющая сборка
ТОБ	- техническое обоснование безопасности
ТПР	- течь перед разрушением
ТУ	- технические условия
УКТС	- унифицированный комплекс технических средств
УСБ	- управление системами безопасности
УЭЗ	- унифицированное экспертное заключение

ПРОЕКТ А¹

Рассмотрение германской методики “Оценка безопасности атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000 и ВВЭР-440 в плане устранения дефицитов по отношению к уровню безопасности существующих атомных электростанций Германии”

Руководители проекта: О.М. Ковалевич, А.В. Иванов.

Перечень выпущенных работ

1. Оценка общего подхода в предложенной методике к оценке безопасности действующих энергоблоков. 1998 г., 19 стр.
2. Рассмотрение всей методики в полном объеме и рассмотрение возможностей ее применения в России с учетом регламентирующих требований и имеющихся материалов по анализу отдельных проблем на примере Балаковской АЭС. 1998 г., 13 стр.

Аннотация выпущенных работ

Представлен анализ германской методики по определению возможностей ее использования применительно к проблеме действующих «старых блоков» с учетом специфичных условий и нормативно-правовой базы России. Сделана попытка расширения областей применения методики для решения актуальных задач по модернизации энергоблоков российских атомных станций и продлению официального срока их эксплуатации. Рассмотрена возможность применения методики в России с учетом регламентирующих требований и материалов по анализу отдельных проблем. Рекомендации методики сравнены с российским подходом к устранению отступлений от действующих норм и правил на примере энергоблока №3 Балаковской АЭС.

ПРОЕКТ В

Оценка текущего уровня безопасности и разработка технических и организационных предложений для повышения безопасности Балаковской АЭС

Руководитель проекта: А.Л. Хазанов.

Перечень выпущенных работ

1. Наиболее значимые с точки зрения безопасности нарушения в работе Балаковской АЭС за период 1991г. (4 квартал) – 1992 г. 1993 г., 8 стр.
2. Показатели текущего уровня эксплуатационной безопасности Балаковской АЭС за II полугодие 1991г. – I полугодие 1992 г. 1993 г., 6 стр.
3. Ошибки персонала в событиях на 1, 2, 3 энергоблоках Балаковской АЭС (4 квартал 1991г. – 1992 г.). 1993 г., 6 стр.
4. Справка о нарушениях условий безопасной эксплуатации на 1, 2, 3 энергоблоках Балаковской АЭС за II полугодие 1991 г. – I полугодие 1992 г. 1993 г., 2 стр.
5. Анализ рекомендаций GRS по оценке безопасности АС “Стендаль” с реактором типа ВВЭР-1000 (Глава 8. Использование опыта эксплуатации других установок с ВВЭР-1000). 1993 г., 12 стр.
6. Оценка текущего уровня безопасности и разработка технических и организационных предложений для повышения безопасности Балаковской АЭС. 1993 г., 6 стр.
7. Основные результаты выполнения Российско-германской программы (1993 г.) “Оценка безопасности 3 энергоблока Балаковской АЭС” и пути их реализации. 1993 г., 4 стр.
8. Перечень дефицитов безопасности Балаковской АЭС, выявленных в процессе выполнения работы. 1994 г., 10 стр.
9. Показатели текущего уровня эксплуатационной безопасности Балаковской АЭС за II полугодие 1992 г. – I полугодие 1993 г. 1994 г., 7 стр.
10. Перечень наиболее значимых для безопасности инцидентов на Балаковской АЭС за 1993 г. 1994 г., 7 стр.
11. Коренные причины наиболее значимых для безопасности инцидентов на Балаковской АЭС за 1993 г. 1994 г., 15 стр.
12. Выявленные в результате анализа наиболее важные для безопасности инциденты за 1992 – 1993 гг. Дефициты безопасности Балаковской АЭС и состояние дел с реализацией корректирующих мероприятий. 1994 г., 14 стр.

¹ С 1993 по 1997 г. работы по проекту А осуществлялись по направлению “Анализ эксплуатационной документации”. Полученные материалы по этой теме переданы в концерн “Росэнергоатом”.

13. Подробный анализ нарушения в работе 2 энергоблока Балаковской АЭС. Неработоспособность отдельных каналов систем безопасности. Внеплановый вывод из работы инвертора 2EF-05 из-за попадания воды в силовые шкафы (отчет № 2 БАЛ-П10-35-12-93). 1994 г., 5 стр.
14. Заключительный отчет за 1994 г. по проекту В. Оценка текущего уровня безопасности и разработка технических и организационных предложений по повышению безопасности энергоблока. 1994 г., 4 стр.
15. Показатели текущего уровня эксплуатационной безопасности Балаковской АЭС за II полугодие 1993 г. – I полугодие 1994 г. 1995 г., 8 стр.
16. Перечень наиболее значимых для безопасности нарушений в работе Балаковской АЭС за 1994 г. 1995 г., 3 стр.
17. Анализ наиболее значимых для безопасности инцидентов на Балаковской АЭС за 1994 г. Коренные причины отказов, инцидентов. 1995 г., 10 стр.
18. Заключительный отчет по проекту В. Основные итоги работ по проекту В за 1993-1995 гг. 1995 г., 8 стр.
19. Оценка текущего уровня эксплуатационной безопасности энергоблоков Балаковской АЭС в 1995 г. 1996 г., 5 стр.
20. Перечень наиболее значимых для безопасности нарушений в работе Балаковской АЭС за 1995 г. 1996 г., 4 стр.
21. Подробный анализ нарушений в работе Балаковской АЭС за 1995 г. Коренные причины отказов, нарушений в работе. Выводы по результатам анализа нарушений в работе Балаковской АЭС в 1995 г. 1996 г., 17 стр.
22. Анализ выполнения корректирующих мероприятий по нарушениям в работе Балаковской АЭС в 1995 г. 1996 г., 2 стр.
23. Унифицированное экспертное заключение «Нарушения в работе ОР СУЗ реакторов ВВЭР-1000». 1996 г., 3 стр.
24. Оценка текущего уровня эксплуатационной безопасности блоков Балаковской АЭС в 1996 г. 1997 г., 10 стр.
25. Анализ происшедших в 1996 г. инцидентов на Балаковской АЭС, выявление коренных причин отказов, инцидентов и дефицитов безопасности, анализ корректирующих мероприятий. 1997 г., 12 стр.
26. Анализ выполнения корректирующих мероприятий на Балаковской АЭС в 1996 г. 1997 г., 2 стр.
27. Оценка текущего уровня эксплуатационной безопасности энергоблоков Балаковской АЭС в 1997 г. 1998 г., 5 стр.
28. Подробный анализ нарушений в работе Балаковской АЭС в 1997 г. Выявление коренных причин нарушений, отказов, дефицитов безопасности. 1998 г., 10 стр.
29. Анализ выполнения корректирующих мероприятий на Балаковской АЭС в 1997 г. 1998 г., 2 стр.
30. Предложения о повышении безопасности Балаковской АЭС. 1998 г., 2 стр.

Аннотация выпущенных работ

Проведен анализ нарушений в работе Балаковской АЭС, коренных причин отказов систем (элементов), ошибок работников, принятых корректирующих мероприятий, а также проанализировано проведение принятых корректирующих мероприятий и их эффективность. Выполнена оценка текущего состояния безопасности Балаковской АЭС за отчетный период.

На основании анализа нарушений в работе Балаковской АЭС выявлены дефициты безопасности в системах (элементах) АЭС, в организации эксплуатации АЭС.

Результаты анализа нарушений в работе Балаковской АЭС на всех этапах работы обсуждены с представителями GRS, Балаковской АЭС и концерна «Росэнергоатом». Намечены пути исключения выявленных дефицитов безопасности в системах (элементах), в организации эксплуатации Балаковской АЭС.

Исследованы методологические вопросы анализа нарушений в работе АЭС, подходы к использованию информации о нарушениях в работе АЭС с целью повышения ее безопасности и совершенствования регулирующей деятельности.

В результате выполнения работ по проекту В:

- рекомендовано принять во внимание выявленные дефициты безопасности при осуществлении надзорной деятельности за безопасностью Балаковской АЭС;
- даны предложения о процедуре контроля за проведением корректирующих мероприятий, включая не только мероприятия текущего года, но и невыполненные мероприятия предыдущих лет. Это позволит контролировать проведение каждого мероприятия до окончательной его реализации;
- разработано УЭЗ «Нарушения в работе ОР СУЗ реакторов ВВЭР-1000», переданное в отдел организации и проведения экспертиз НТЦ ЯРБ для использования при выполнении экспертиз материалов, обосновывающих заявления на выдачу лицензий на эксплуатацию;
- используются в лицензионном процессе как на Балаковской АЭС, так и на АЭС с реактором ВВЭР-1000, а также при подготовке предложений по проведению инспекций Балаковской АЭС перечни дефицитов безопасности Балаковской АЭС, выявленные в ходе работ по проекту.

ПРОЕКТ В1

Анализ надежности элементов системы УКТС

Руководитель проекта: Г.И. Грозовский.

Перечень выпущенных работ

1. Анализ отказов элементов УКТС, входящих в состав систем, выполняющих функции, важные для безопасности, и оценка показателей надежности. 1997 г., 6 стр.
2. Анализ отказов элементов УКТС, входящих в состав систем, выполняющих функции, важные для безопасности, и оценка показателей надежности. 1998 г., 7 стр.

Аннотация выпущенных работ

Выполнен предварительный анализ надежности работы УКТС с целью выявления источников их отказов и причин, лимитирующих уровень безопасной эксплуатации энергоблоков Балаковской АЭС. Результаты анализа должны быть учтены при совершенствовании регламента технического обслуживания.

Проанализированы нарушения, в которых были зафиксированы отказы в УКТС. Выполнены статистические оценки влияния данных на уровень эксплуатационной безопасности, в результате чего установлены наиболее значимые с точки зрения возможных последствий отказы. К ним относятся отказы кабельных и коммуникационных связей, датчиков и измерительных линий, приводящие к зависимым отказам блоков УКТС, а не собственно отказы блоков УКТС.

Основной причиной отказов служат ошибки при обслуживании, ремонте и монтаже. Результаты анализа показали, что регламент технического обслуживания блоков УКТС должен совершенствоваться с учетом причин, последствий и частоты отказов блоков УКТС в аспекте их влияния на эксплуатационную безопасность энергоблоков Балаковской АЭС.

Выполнена оценка правомерности принятого решения о снижении количества отказов за счет изменения регламента технического обслуживания элементов УКТС на Балаковской АЭС путем:

- получения и систематизации данных об отказах элементов УКТС на Балаковской АЭС до изменения регламента (за 1994 г.) и после изменения регламента (за 1997-1998 гг.);
- проведения расчетов показателей надежности элементов УКТС до и после изменения регламента и контроля их соответствия требованиям ТУ;
- проведения сравнительного анализа показателей надежности элементов УКТС до и после изменения регламента.

В результате проведенных исследований установлено следующее.

1. Изменение регламента технического обслуживания элементов УКТС на Балаковской АЭС не является достаточно эффективным мероприятием, поскольку:

а) не выполнены требования к надежности, заданные в ТУ для элементов типа БКИН, БКЛ-У1, БФК-1, БСУ, БГР-Т, крайне низка надежность элементов типа БВН-9 и БВН-9м, интенсивность отказов элементов этих типов, составляющих около 20 % числа элементов по их номенклатуре, в десятки раз превышает интенсивность отказов других типов элементов УКТС;

б) изменение регламента для элементов типа БУЗ и БВН-9м привело к статистически существенному уменьшению их надежности;

в) не выявлены отличия в надежности для 23 типов элементов, составляющих около 65 % числа элементов по их номенклатуре, до и после изменения регламента технического обслуживания.

2. Изменение регламента технического обслуживания привело к статистически существенному уменьшению интенсивности отказов, увеличению надежности для 10 типов элементов (около 30 % числа элементов по их номенклатуре). Так, изменение регламента технического обслуживания элементов типа БКЛ-2м-АД, БЛВ-3, БАР-Т, АДП-22м позволило выполнить требования к надежности, регламентируемые ТУ.

ПРОЕКТ С1

Анализ аварийных режимов

Руководитель проекта: Н.А Козлова.

Перечень выпущенных работ

1. Составление базы исходных данных для расчета переходных процессов в реакторной установке по коду ATHLET. 1993 г., 45 стр.

2. Оценка расчетных анализов аварий, выполненных в обоснование безопасности энергоблока №3 Балаковской АЭС. 1993 г., 30 стр.
3. Подготовка набора исходных данных для кода ATHLET применительно к энергоблоку №3 Балаковской АЭС. 1993 г., 25 стр.
4. Верификация набора исходных данных и выполнения первой серии расчетов аварии с малой течью. 1993 г., 90 стр.
5. Подготовка базы данных для выполнения расчетных анализов изменения теплогидравлических параметров в защитной оболочке с использованием кода DRASYS. 1994 г., 50 стр.
6. Разработка моделей регуляторов и систем управления и введения их в набор исходных данных для кода ATHLET. Верификация модернизированного набора на базе результатов динамических испытаний. 1994 г., 20 стр. текста, 100 стр. блок-схем для управляющих сигналов.
7. Анализ спектра малых течей. Анализ чувствительности результатов расчетов к величине течи, ее местоположению, обесточиванию, отказу каналов систем безопасности. 1994 г., 40 стр. текста, 222 графика.
8. Уточнение алгоритмов работы автоматики, уточнение нодализации ПГ, освоение новой версии программы. 1995 г., 20 стр.
9. Сравнительный анализ аварий с малой течью (60 и 207 т/ч) по коду ATHLET и на тренажере Балаковской АЭС. 1995 г.
10. Выполнение сравнительного расчетного анализа аварии с малой течью (60 т/ч) с учетом изменения параметров в защитной оболочке. 1996 г., 25 стр.
11. Выполнение сравнительного расчетного анализа аварии с гильотинным разрывом главного циркуляционного трубопровода. 1997 г., 32 стр.
12. Выполнение сравнительного расчетного анализа аварии с разрывом трубки ПГ (течь из первого контура во второй) по коду ATHLET и на тренажере Балаковской АЭС. 1997 г., 30 стр.
13. Комментарий к материалу "Оценка безопасности "старых энергоблоков" с реакторами В-320". 1998 г., 8 стр.
14. Анализ аварий для энергоблока №3 Балаковской АЭС с использованием кода ATHLET и тренажера Балаковской АЭС по сценариям "Потеря основной питательной воды парогенератора" и "Разрыв соединительного трубопровода гидроаккумулятор-сборная камера реактора". 1998 г., 14 стр.

Аннотация выпущенных работ

В рамках данного проекта решались следующие задачи:

- освоение германского кода наилучшего приближения кодов ATHLET и DRASYS для расчетов теплогидравлических параметров в защитных оболочках;
- выполнение независимых экспертных расчетных анализов, необходимых для проведения экспертизы материалов, обосновывающих безопасность отечественных энергоблоков с реакторами типа ВВЭР-1000.

Работы по данному проекту были начаты с составления базы данных, необходимой для разработки набора исходных данных для кода ATHLET. Созданная база данных послужила основой для подготовки первого набора исходных данных для кодов ATHLET и DRASYS. Эти базы данных использовались при разработке более полной и совершенной базы данных для энергоблока №3 Балаковской АЭС. После завершения разработки базы данных создан набор исходных данных для кода ATHLET, который по мере необходимости подвергался модернизации. Впоследствии проведена верификация набора исходных данных на базе имеющихся данных о комиссионных испытаниях энергоблока.

Выполнена экспертная оценка расчетных анализов аварий, представленных в ТОБ для энергоблока №3 Балаковской АЭС, цель которой - выявить недостатки и дефициты расчетных анализов в ТОБ с тем, чтобы в рамках данного проекта провести необходимые расчетные анализы.

Первая серия расчетов, выполненных с использованием разработанного набора исходных данных, посвящена малым течам. Проведен анализ чувствительности результатов расчетов по отношению к следующим параметрам:

- размеру малой течи;
- местоположению течи;
- потере внешнего энергоснабжения;
- отказам каналов САОЗ.

В процессе выполнения первой серии расчетов выявлена необходимость дополнения набора исходных данных, уточнения алгоритмов работы регуляторов.

Проанализированы возможные действия оператора по управлению авариями с малыми течами, таких, как перевод клапанов БРУ-А в режим расхолаживания, отключение одного из каналов аварийного впрыска САОЗ. Результаты расчетных анализов показали эффективность подобных действий.

В 1997-1998 гг. проводились работы по сравнительным анализам проектных аварий по коду ATHLET и на тренажере Балаковской АЭС, цель которых - взаимная проверка расчетных моделей, используемых для анализа в коде ATHLET, в наборе исходных данных и на тренажере Балаковской АЭС. В программе, реализованной на тренажере (программа RETACT, модернизированная версия кода RELAP), моделировались практически все системы и единицы оборудования, представленные на блочном

щите управления АЭС, но при этом моделирование было достаточно упрощенным. В программе ATHLET детально моделировались только основное оборудование и основные системы 1-го и 2-го контуров (для последнего моделировались только ПГ и паропроводы до турбины). Конденсатно-питательный тракт не моделировался. Моделирование объектов и процессов в коде ATHLET выполнено достаточно детально.

Таким образом, проверялось, с одной стороны, какое влияние оказывает ограниченное представление второстепенных систем в коде ATHLET, а с другой, насколько влияет на результаты расчетов упрощенное моделирование основного оборудования и систем на тренажере Балаковской АЭС.

Выполнено шесть сравнительных расчетных анализов:

- малая течь из первого контура с расходом 65 т/ч;
- малая течь из первого контура с расходом 207 т/ч;
- разрыв соединительного трубопровода между гидроаккумулятором и опускным участком реактора;
- гильотинный разрыв основного циркуляционного трубопровода;
- потеря основной питательной воды;
- течь из первого контура во второй (разрыв трубки ПГ).

Основные результаты каждого из выполненных сравнительных анализов аварий приведены в таблице.

Расчеты по коду ATHLET проводились в НТЦ ЯРБ, тренажерные расчеты - во ВНИИАЭС на тренажере Балаковской АЭС. Изначально предполагалось, что расчеты будут выполняться на тренажере, установленном в Информационно-аналитическом центре Госатомнадзора России. Однако в связи с тем, что тренажер центра не был официально сдан в эксплуатацию, не представилась возможность проводить расчеты на нем. Это не позволило выполнить повторные расчеты, которые могли подтвердить сделанные предположения о причинах расхождений. Работа ограничена выполнением расчетов на тренажере Балаковской АЭС и по коду ATHLET, сопоставлением результатов и анализом расхождений.

Расхождения в результатах выполненных анализов можно сгруппировать следующим образом:

1. Расхождения, вызванные рассогласованием начальных и граничных условий. По возможности рассогласования, связанные с различными начальными условиями, устранялись, причем они не носили принципиальный характер.

2. Рассогласования, связанные с различными граничными условиями, различными алгоритмами работы систем и регуляторов. Данные рассогласования по возможности устранялись, однако это не всегда было достижимо, поскольку выяснение истинных алгоритмов работы требовало времени и получения дополнительных материалов со станции.

3. Рассогласования, связанные с различными моделями процессов. Эти различия наиболее трудноустраняемы. Из-за отсутствия описания моделей, реализованных на тренажере, причины расхождений, связанных с различием в моделях процессов, определялись предположительно как поле для дальнейших исследований. Ошибки, обнаруженные в моделях на тренажере и в наборе ИД для кода ATHLET, фиксировались и по возможности исправлялись. Так, в наборе ИД для кода ATHLET исправлены:

- алгоритм работы регулятора подпитки;
- модель энтальпии подпиточной воды первого контура;
- алгоритм работы регулятора уровня в ПГ;
- модель определения расхода аварийной питательной воды.

Реализована также возможность одновременного расчета теплогидравлических параметров в защитной оболочке путем соединения кодов ATHLET и CONDRU, что позволило более точно анализировать режимы, связанные с истечением в защитную оболочку.

Проведен сравнительный расчетный анализ с использованием кода ATHLET (версия 1.2A) для следующих сценариев:

- потеря основной питательной воды ПГ;
- разрыв трубопровода, соединяющего гидроаккумулятор CAO3 и опускной участок реактора.

В результате анализа были выявлены наиболее важные отличия в расчетах по коду ATHLET и на тренажере Балаковской АЭС.

Анализируемые сценарии	Основные расхождения и их причины	Комментарии
1	2	3
Малая течь из 1-го контура с расходом 65 т/ч	<ol style="list-style-type: none"> 1. Хорошее совпадение основных теплогидравлических параметров в первом и втором контурах. 2. Некоторые расхождения определяются рассогласованием начальных и граничных условий. 	Полезно повторить расчет с полностью согласованными начальными и граничными условиями.
Малая течь из 1-го контура с расходом 207 т/ч	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приемлемое совпадение изменения основных параметров в первом и втором контурах. 2. Наиболее существенные различия в изменении уровня теплоносителя в КД при его повторном заливе после включения системы CAO3 ВД. Это различие влечет за собой расхождения в изменении давления в первом контуре в период залива. <p>Причиной является различие моделей конденсации пара при заливе КД. В модели тренажера принята 100 % - ная конденсация пара при контакте с фронтом воды. В модели кода ATHLET принято отсутствие конденсации пара при заливе. Очевидно, что реальная модель конденсации, отражающая частичную конденсацию пара на границе с фронтом воды, должна строиться на использовании эмпирических коэффициентов. Имеющиеся экспериментальные данные недостаточны, условия их проведения и геометрия отличаются от условий реакторов типа ВВЭР.</p>	Для устранения имеющихся противоречий необходимы дополнительные экспериментальные данные.
Разрыв соединительного трубопровода между гидроаккумулятором и опускным участком реактора	<ol style="list-style-type: none"> 1. Хорошее совпадение основных теплогидравлических параметров в первый период аварии 0-50 с до момента начала впрыска из гидроаккумуляторов. 2. Существенное различие в расходах борного раствора из гидроаккумуляторов. Это соответственно вызывает различия в изменении других теплогидравлических параметров первого и второго контуров. <p>Кроме того, отмечаются различия в характеристиках насосов впрыска высокого и низкого давления. Используемая в модели тренажера постоянная величина расхода впрыска из CAO3 ВД явно неправильна.</p>	Проведенный анализ чувствительности показал, что существенную роль в данном вопросе играет нодализация верхней и нижней камер реактора, т.е. мест, куда происходит впрыск из гидроаккумуляторов. Для определения оптимальной нодализации необходимо продолжить анализ чувствительности.

1	2	3
Односторонняя течь из трубопровода холодной нитки Ду 850мм	<ol style="list-style-type: none"> 1. Имеется существенное различие в кривых расхода течи из первого контура. Это, в первую очередь, определяется требованиями обеспечить расчет процесса на тренажере в реальном времени. Существенное различие в расходах течи, естественно, определило различие в изменениях всех остальных параметров. 2. Различия в характеристиках насосов впрыска из системы САОЗ НД и САОЗ ВД. 3. Существенные различия в поведении температуры оболочек твэл. <p>Причины различий анализируются в отчете о данном расчетном анализе.</p>	<p>Анализ результатов расчетов, проведенных на тренажере для сценариев с большими течами, показывает, что аварии с большими течами моделируются искаженно из-за требования сохранить скорость расчета, сопоставимую с реальным временем процесса. Так, двусторонний гильотинный разрыв не моделируется, а при моделировании одностороннего разрыва накладываются искусственные ограничения, обеспечивающие предельно допустимые градиенты изменения параметров, позволяющие сохранить скорость расчета.</p>
Течь из первого контура во второй (разрыв трубки ПГ)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Достаточно хорошее совпадение расходов течи из первого контура во второй. 2. Различие в алгоритме работы регулятора уровня в КД. Изменение расхода подпитки от номинального до максимального в расчетах по коду ATHLET обеспечивается за время (30 с) на порядок меньшее, чем в расчетах на тренажере (около 300 с). Это соответственно вызывает расхождения в поведении давления в первом и во втором контурах в начальный период аварии. 3. Еще существенное расхождение связано с различием в моделировании работы регулятора уровня в парогенераторе. Сравнение результатов показывает, что модель регулятора уровня в наборе исходных данных для кода ATHLET в меньшей степени соответствует реальности, чем в модели тренажера. 	<p>Рекомендуется провести дополнительные исследования с улучшенными моделями регуляторов.</p>
Потеря основной питательной воды (отказ двух турбопитательных насосов).	<p>Основные расхождения вызваны неправильным моделированием расхода аварийной питательной воды на тренажере. В результате уровень в ПГ снижался значительно медленнее в начале режима, а номинальный уровень вообще не восстанавливался что исказило поведение основных теплогидравлических параметров.</p>	<p>Данный сравнительный анализ должен быть повторен после исправления модели расхода аварийной питательной воды на тренажере.</p>

По сценарию - *разрыв соединительного трубопровода гидроаккумулятор - опускная камера реактора* - предполагается в последующих сравнительных расчетах проанализировать влияние локализации КР на распределение фаз внутри КР и на изменение давления в 1-м контуре.

По сценарию - *потеря основной питательной воды* - должны быть исправлены алгоритм работы РОМ и модель расхода аварийной питательной воды в тренажере.

ПРОЕКТ С1*

База инженерных данных для расчета аварийных режимов реакторной установки В-320

Руководитель проекта: И.Р. Уголева.

Перечень выпущенных работ

База инженерных данных для расчета аварийных и переходных режимов реакторной установки В-320 по интегральным теплогидравлическим кодам для энергоблока №3 Балаковской АЭС (1-й и 2-й контуры). 1997 г., 226 стр.

База инженерных данных для расчета аварийных и переходных режимов реакторной установки В-320 (Балаково -1, 1-й и 2-й контуры). 1998 г., 154 стр.

Аннотация выпущенных работ

Создана база инженерных данных для расчета аварийных и переходных режимов унифицированной РУ В-320 по интегральным теплогидравлическим кодам для 1-го и 2-го контуров. База разработана на основании проектной и эксплуатационной документации и содержит ссылки на использованные документы. Информация, включенная в базу данных, достаточно полна и достоверна и может использоваться не только при создании набора входных данных для отечественных и зарубежных интегральных кодов, таких, как ATHLET, CATHARE, RELAP, TRAC, ТЕЧЬ, ДИНАМИКА, РАДУГА и др., но и в качестве методического пособия при экспертизе документов, обосновывающих безопасность АЭС.

Опыт эксплуатации ранее разработанных инженерных баз данных выявил, что неопределенность (или неточность) ряда исходных данных затрудняет проведение адекватного расчетного анализа аварийных режимов РУ В-320. Поэтому в материалы проекта С1* включен значительный объем дополнительной информации. Так, например, дано полное описание системы питательной воды 2-го контура, систем защит 1-го контура от превышения давления, аварийных и предупредительных защит и др. Включены результаты динамических испытаний энергоблока как с отключением части ГЦН, так и с подключением неработающих ГЦН. Эти экспериментальные данные могут быть использованы при верификации набора исходных данных вышеупомянутых кодов.

Выявлено, что несмотря на унифицированность всех четырех энергоблоков Балаковской АЭС (В-320), система защит и блокировок каждого энергоблока индивидуальна и отличается не только численными значениями уставок, но также и логикой и последовательностью включения клапанов и арматуры и др. В работах, выпущенных по данному проекту, учтены и обозначены особенности, присущие энергоблокам №1 и №3 Балаковской АЭС.

ПРОЕКТ С2

Определение надежности систем безопасности и разработка предложений по повышению безопасности энергоблока №3 Балаковской АЭС

Руководитель проекта: Е.К. Шубейко.

Перечень выпущенных работ

1. Анализ по материалам GRS "Рекомендации по оценке безопасности АС "Стендаль" с ВВЭР-1000". 1993 г., 35 стр.
2. Описание систем безопасности САОЗ НД и САОЗ ВД. 1993 г., 24 стр.
3. Моделирование предварительных деревьев событий для аварий с течами Ду13 - Ду200. 1993 г., 37 стр.
4. Анализ Байесовского метода оценки показателей надежности компонентов и частот исходных событий для создания базы данных для анализа надежности систем энергоблока №3 Балаковской АЭС. 1993 г., 24 стр.
5. Обобщенная база данных для энергоблоков ВВЭР-1000 по надежности компонентов систем безопасности. 1993 г., 16 стр.

6. Методика оценки надежности персонала. 1993 г., 42 стр.
7. Моделирование деревьев отказов систем. 1993 г., 25 стр.
8. Анализ надежности систем (расчеты). 1993 г., 38 стр.
9. Моделирование действий персонала для аварий с течами Ду13 - Ду200. 1993 г., 48 стр.
10. Анализ частоты плавлений зоны для аварий с течами Ду13 - Ду200. 1993 г., 22 стр.
11. Разработка первоочередных предложений по повышению безопасности энергоблока №3 Балаковской АЭС на основе результатов по анализу надежности систем. 1993 г., 5 стр.
12. Описание систем, важных для безопасности: системы защиты 1-го контура от превышения давления, система аварийной питательной воды, система БРУ-А. 1994 г., 68 стр.
13. Моделирование аварийных последовательностей для исходного события «Малая течь». 1994 г., 27 стр.
14. Моделирование аварийных последовательностей для исходного события «Обесточивание». 1994 г., 33 стр.
15. Выявление доминантных аварийных последовательностей для анализируемых исходных событий. 1994 г., 18 стр.
16. Анализ ошибок персонала для доминантных аварийных последовательностей. 1994 г., 34 стр.
17. Количественный анализ надежности систем, важных для безопасности (с учетом ошибок персонала и отказов управляющей части). 1994 г., 28 стр.
18. Анализ значимости систем по их влиянию на вероятность тяжелого повреждения АЗ. 1994 г., 18 стр.
19. Разработка мероприятий по повышению надежности систем, важных для безопасности, на основе проведенных анализов. 1994 г., 12 стр.
20. Концепция баз данных для реакторов ВВЭР-1000 (обобщенные данные, включая специфические данные, переданные с Балаковской АЭС). 1995 г., 63 стр.
21. Деревья отказов (уточненные) к дереву событий «Малая течь». 1995 г., 34 стр.
22. Дерево событий «Течь из 1-го контура во 2-й контур». 1995 г., 25 стр.
23. Дерево событий «Разрыв трубопровода свежего пара». 1995 г., 23 стр.
24. Действия персонала для дерева событий «Средняя течь из 1-го во 2-й контур». 1995 г., 21 стр.
25. Деревья отказов (уточненные) к дереву событий «Полное обесточивание». 1995 г., 23 стр.
26. Предложения по повышению безопасности энергоблока №3 Балаковской АЭС на основе результатов по проекту С2. 1995 г., 14 стр.
27. Разработка мероприятий по повышению безопасности энергоблока №3 Балаковской АЭС. Система технической воды для охлаждения компонентов энергоблока №3 Балаковской АЭС. 1996 г., 90 стр.
28. Анализ надежности персонала для выбранных исходных событий энергоблока №3 Балаковской АЭС. 1997 г., 50 стр.
29. Качественный анализ зависимостей и «тонких взаимодействий» для энергоблока №3 Балаковской АЭС. 1998 г., 53 стр.
30. Структура нормативных документов по ВАБ действующих АЭС. 1998 г., 22 стр.
31. Стандартные руководства по основным задачам ВАБ (краткое описание). 1998 г., 25 стр.

Аннотация выпущенных работ

За период 1993-1998 гг. по проекту:

- проанализированы выводы и предложения по безопасности АС «Стендаль», изучены проектные материалы и эксплуатационные инструкции;
- создана обобщенная база данных об отказах по усредненным данным для отечественных АС с ВВЭР-1000 с использованием обобщенной базы данных. Определены показатели надежности важных для безопасности систем САОЗ ВД и САОЗ НД;
- выполнен анализ аварий с течами 1-го контура, длительным обесточиванием, течами из 1-го контура во 2-й, разрывом паропровода, оценен вклад указанных аварий в вероятность повреждения активной зоны;
- выполнен анализ надежности эксплуатационного персонала для выбранных исходных событий в виде течей 1-го контура, течей из 2-го контура, обесточивания, потери технической и циркуляционной воды. Подготовлены уточненные анализы надежности системы технической воды и систем управления.

На основе исследований по проекту С2 разработана структура нормативных документов по ВАБ действующих АЭС; подготовлены первоочередные предложения по повышению безопасности энергоблока №3 Балаковской АЭС.

В результате выполненных работ по проекту С2:

- выявлено несовершенство инструкций по ликвидации аварий с течами первого контура и предложены меры по их усовершенствованию;
- сформулирован на основе работ по ВАБ перечень возможных технических мероприятий по повышению безопасности, а именно:
 - целесообразность замены самопишущих приборов цифровыми;
 - модернизация каналов измерения уровня в КД;
 - внедрение блокировок насосов САОЗ по температуре и давлению на всасе для защиты

от кавитации;
усовершенствование регламента испытаний элементов спринклерной системы;
усовершенствование алгоритма расхолаживания 1-го контура;
разработка рекомендаций по учету информации об отказах оборудования систем для проведения мероприятий, выполнения анализов надежности и ВАБ;
разработка структуры нормативных документов по ВАБ и определение содержания стандартных руководств по основным задачам ВАБ.

ПРОЕКТ D

Анализ состояния важных для безопасности отдельных компонентов и выработка рекомендаций для повышения их надежности

Руководитель проекта: Н.И. Карпунин.

Перечень выпущенных работ

1. Анализ и сравнение Норм расчета на прочность РФ, кода ASME и Правил КТА применительно к КР и ГЦТ. 1993 г., 38 стр.
2. Анализ основных проектных и конструкторских решений КР и ГЦТ. 1993 г., 25 стр.
3. Оценка безопасности эксплуатации ГЦТ на базе детерминистской оценки прочности и расчетов вероятностей течей и разрушения по фактическим данным условий эксплуатации, механических свойств, дефектности. 1993 г., 18 стр.
4. Сбор и анализ исходных данных для оценки прочности КР в детерминистском и вероятностном подходе. 1993 г., 15 стр.
5. Предварительный анализ Рекомендаций по оценкам безопасности АС "Стендаль" с ВВЭР-1000 по пунктам, относящимся к проекту D. 1993 г., 8 стр.
6. Предварительный анализ проблем эксплуатации ПГ типа ПГВ-1000. 1993 г., 14 стр.
7. Экспертиза расчетов прочности КР с учетом новых данных о Балаковской АЭС и сравнение с расчетами генерального конструктора. 1994 г., 31 стр.
8. Расчет вероятности течи и разрушения КР. 1994 г., 28 стр.
9. Оценка прочности циркониевых оболочек твэл при авариях с потерей теплоносителя. 1994., 27 стр.
10. Сравнительный анализ прочности коллекторов ПГ для ВВЭР-1000 для трех модификаций ПГ. 1994 г., 18 стр.
11. Анализ возможности реализации концепции ТПР для ГЦТ энергоблока №3 Балаковской АЭС. 1994 г., 14 стр.
12. Продолжение аналитических работ по оценке вероятности разрушения КР: влияние эксплуатационных нагрузок; влияние аварийных нагрузок; влияние радиационного охрупчивания стенки КР. 1995 г., 27 стр.
13. Расчет поведения твэл при аварийных ситуациях: расчет поведения твэл при разрыве трубопровода, соединяющего КД с горячей ниткой ГЦТ; расчет поведения твэл при выбросе органа СУЗ в результате разуплотнения привода. 1995 г., 18 стр.
14. Анализ поведения холодных коллекторов ПГ ПГВ-1000: трехмерный расчет полей напряжений; оценка вероятности разрушения коллектора ПГ. 1995 г., 45 стр.
15. Продолжение работ по введению концепции «течь перед разрушением» для ГЦТ: оценка влияния сейсмических нагрузок; уточнение расчетов по определению расхода теплоносителя через течь. 1995 г., 19 стр.
16. Методика расчета остаточных напряжений в коллекторе ПГВ-1000 после гидровальцовки трубного пучка. 1996 г., 38 стр.
17. Оптимизация чувствительности системы обнаружения течи ГЦТ ВВЭР-1000 (энергоблок №3 Балаковской АЭС) с использованием вероятностных методов прочностных расчетов. 1996 г., 35 стр.
18. Разработка математической модели для анализа напряженно-деформированного состояния топливных таблеток твэл при реактивных авариях с учетом газовых пузырьков в топливе. 1996 г., 35 стр.
19. Применение нелинейного многофакторного моделирования для построения эмпирических уравнений охрупчивания корпусов ядерных реакторов. 1997 г., 42 стр.
20. Расчетные исследования жесткостных характеристик ТВС ВВЭР-1000 (с учетом модернизации их конструкции). 1997 г., 49 стр.
21. Расчетный анализ влияния трещин в топливных таблетках на напряженно-деформированное состояние топлива в реакторах ВВЭР-1000. 1997 г., 24 стр.
22. Анализ мероприятий по внедрению ТВС и СП СУЗ модернизированных конструкций с целью устранения причин «застревания» ОР СУЗ (п.1). 1998 г., 45 стр.
23. Анализ мероприятий по замене аккумуляторных батарей (п.12). 1998 г., 6 стр.

24. Анализ мероприятий по реализации подогрева подаваемой в реактор воды активной части САОЗ до 20 °С и пассивной части САОЗ до 55 °С (п.4). 1998 г., 16 стр.
25. Анализ мероприятий по обоснованию изменения критической температуры хрупкости металла КР (п.15).

Аннотация выпущенных работ

Как показало сопоставление Норм расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86) и кода ASME (США), требования к объему выполняемых расчетов в США и Российской Федерации совпадают, близки основные принципы их осуществления. Однако в ряде случаев подходы к расчету значительно отличаются в деталях.

Проведенный независимый расчет статистической прочности ГЦТ показал, что по сравнению с расчетами по проекту результаты отличаются не более чем на 5%. При расчете вероятности разрушения ГЦТ определена вероятность крупномасштабного разрушения ГЦТ Балаковской АЭС, которая составляет $\sim 4 \cdot 10^{-11}$ 1/год, среднегодовая вероятность возникновения любой течи - $\sim 10^{-5}$ 1/год.

Выполнены проверочные расчеты прочности узла соединения патрубка технологического канала с крышкой КР, результаты которых сравнивались с результатами расчета, выполненного Генеральным конструктором. Как показало сравнение, результаты отличаются не более чем на 10%. Разница объясняется использованием при проверочном расчете более консервативного решения температурной задачи.

Расчеты вероятности разрушения КР энергоблока №3 Балаковской АЭС показали вероятность возникновения любой течи КР $2 \cdot 10^{-8}$ 1/год, вероятность крупномасштабного разрушения КР - 10^{-18} 1/год.

Проведены расчеты влияния на вероятность разрушения КР структуры поля напряжений при различных распределениях температуры по толщине стенки КР, а также неопределенностей в параметрах, определяющих хрупкую прочность стали, таких, как флюенс нейтронов, содержание фосфора, и разброса экспериментальных данных о вязкости разрушения. Как показали расчеты, все перечисленные факторы взаимосвязаны. Следует отметить большую степень влияния стандарта вязкости разрушения, особенно в ситуациях, когда глубина холодной зоны в КР становится соизмеримой с толщиной стенки.

С использованием детерминистской методики показана возможность использования концепции (ТПР) для ГЦТ энергоблока №3 Балаковской АЭС. Возможность применения концепции ТПР оценена с использованием вероятностного подхода. В качестве критерия выполнимости условия ТПР применялось отношение вероятности возникновения течи к вероятности разрушения трубопровода. Очевидно, чем меньше это отношение, тем больше шансов, что разрыву предшествуют течи. Для энергоблока №3 Балаковской АЭС это отношение составляет $\sim 4 \cdot 10^{-6}$ 1/год.

Важную роль в концепции ТПР играет система обнаружения течей. С помощью разработанного алгоритма рассчитаны вероятности течей и разрыва ГЦТ для нормальных условий эксплуатации, аварийных ситуаций и проектного землетрясения.

На основании расчетов определена пороговая чувствительность системы обнаружения течей, исходя из имеющейся дефектности и заданной надежности обнаружения течей.

Расчеты по оценке целостности твэл при аварии с разрывом трубопровода наибольшего диаметра показали неизбежность массовой разгерметизации твэл при данной аварии ввиду того, что напряжения достигают предела прочности, однако максимальный проектный предел повреждения твэл не нарушается, поскольку температура оболочки твэл не достигает 1200 °С, а окисление составляет 18 % толщины оболочки твэл.

Проведены расчеты по определению поведения твэл в аварийных ситуациях, связанных с разрывом трубопровода, соединяющего КД с горячей ниткой ГЦТ, а также при аварийной ситуации, связанной с выбросом органа СУЗ в результате разуплотнения привода. Расчетный анализ поведения твэл для первого случая показал, что данная авария не представляет опасности. Разгерметизация даже наиболее теплонапряженных твэл маловероятна. Авария с выбросом органа СУЗ также не представляет опасности.

Разработана методика и проведены расчеты по определению напряженно-деформированного состояния холодных коллекторов ПГ ПГВ-1000 в трехмерной упругопластической постановке с учетом каждого перфорационного отверстия. Выполнен расчет остаточных напряжений при одновременной запрессовке трубных отверстий. Получено поле остаточных напряжений во всем теле коллектора и его формоизменение. Наиболее нагруженным оказался участок в районе вершины клина (415 МПа).

Разработана математическая модель и проведены расчетные исследования жесткостных характеристик модернизированных ТВС ВВЭР-1000. С использованием полученных результатов проведен анализ мероприятий по внедрению ТВС и СП СУЗ модернизированных конструкций с целью устранения причин "застревания" ОР СУЗ.

С помощью нелинейного многофакторного моделирования построены эмпирические уравнения, описывающие процесс охрупчивания металла КР. На основании полученных результатов выполнена оценка консервативности уравнений, приведенных в ПНАЭ Г-7-002-86, описывающих охрупчивание. Проведен анализ мероприятий по обоснованию изменения критической температуры хрупкости металла КР с учетом мероприятий по реализации подогрева подаваемой в реактор воды.

В заключительной работе по Программе проанализированы мероприятия по замене аккумуляторных батарей, широко используемых на АС для электроснабжения различных устройств и оборудования. Поскольку аккумуляторные батареи играют важную роль в обеспечении безопасности АС, выход их из строя может привести к серьезным последствиям. Проанализировано состояние аккумуляторных батарей на Балаковской АЭС. Установлено, что аккумуляторные батареи отечественного производства имеют невысокую надежность, проектный срок их эксплуатации близок к исчерпанию. В результате отмечены отказы в системах, питающихся от аккумуляторных батарей. Руководством Балаковской АЭС принято решение о замене аккумуляторных батарей батареями производства фирмы ВАРТА типа Vb 2413 и батареями отечественного производства типа СНУ-34, имеющими большую емкость и надежность.

ПРОЕКТ D1*

Расчетно-экспериментальный анализ радиационной нагрузки корпуса на базе экспериментов на энергоблоке №3 Балаковской АЭС

Руководитель проекта: Г.И. Бородин.

Перечень выпущенных работ

1. Исследование формирования поля нейтронов за КР ВВЭР-1000. 1993 г., 6 стр.
2. Анализ проектных решений, влияющих на флюенс. Планирование экспериментальных исследований. 1993 г., 14 стр.
3. Оценка полноты и надежности экспериментальных и расчетных методов определения флюенса на стенке КР и на образцах-свидетелях. Подготовка эксперимента на энергоблоке №3 Балаковской АЭС. 1993 г., 18 стр.
4. Описание поставленного эксперимента по определению флюенса на КР энергоблока №3 Балаковской АЭС. Предварительная расчетная оценка потока быстрых нейтронов на корпусе ВВЭР-1000. 1994 г., 14 стр.
5. Подготовка исходных данных для расчета флюенса нейтронов на КР энергоблока №3 Балаковской АЭС. Оценка спектра нейтронов за корпусом ВВЭР-1000 применительно к анализу экспериментальных данных. 1994 г., 15 стр.
6. Завершение первой части эксперимента по определению флюенса нейтронов на КР энергоблока №3 Балаковской АЭС. Подготовка методики расчетно-экспериментальной оценки флюенса нейтронов на КР. 1994 г., 27 стр.
7. Предварительные результаты эксперимента по определению флюенса нейтронов на КР энергоблока №3 Балаковской АЭС во время 5-й кампании. 1995 г., 19 стр.
8. Разработка предварительных рекомендаций по надзору за радиационной нагрузкой КР ВВЭР-1000 на основе расчетно-экспериментальных данных по флюенсу нейтронов, полученных на КР реактора энергоблока №3 Балаковской АЭС. 1995 г., 13 стр.
9. Анализ и учет расчетных и экспериментальных факторов эксплуатации, влияющих на скорость накопления флюенса. Завершение измерений активности детекторов флюенса с учетом факторов эксплуатации. 1996 г., 21 стр.
10. Сравнительный анализ результатов измерений в эксперименте по определению флюенса нейтронов на КР энергоблока №3 Балаковской АЭС. Оценка достоверности экспериментального определения флюенса существующими методами в России и за рубежом. Рекомендации по повышению надежности экспериментального мониторинга флюенса. Унифицированное экспертное заключение по экспериментальному определению радиационной нагрузки КР. 1996 г., 35 стр.
11. Расчетное моделирование переноса нейтронов применительно к эксперименту на энергоблоке №3 Балаковской АЭС. Анализ особенностей расчета характеристик поля нейтронов на КР энергоблока №3 Балаковской АЭС во время 5-й кампании. 1997 г., 24 стр.
12. Анализ и сопоставление результатов расчетов российских и зарубежных участников исследования радиационной нагрузки на КР энергоблока №3 Балаковской АЭС. 1997 г., 25 стр.
13. Сравнение и анализ расчетных и экспериментальных результатов. Требования к представительности расчетных результатов флюенса. Экспертное заключение по методам расчета флюенса на КР типа ВВЭР-1000 на базе исследования benchmark-эксперимента на энергоблоке №3 Балаковской АЭС. 1997 г., 27 стр.

Аннотация выпущенных работ

На энергоблоке №3 Балаковской АЭС во время 5-й кампании организован и проведен международный эксперимент-сличение по определению флюенса нейтронов за КР с целью проверки обоснованности проектных данных о флюенсе, используемых при обосновании безопасности КР типа ВВЭР-1000. В эксперименте принимали участие: с российской стороны - НТЦ ЯРБ, РНЦ "Курчатовский институт", НИИАР, МИФИ, ВНИИФТРИ, с зарубежной - центры FZR (Германия), SKODA (Чехия) и ECN (Голландия). Активационные детекторы направлены участниками эксперимента в НТЦ ЯРБ. Совместно с Балаковской АЭС НТЦ ЯРБ провел установку детекторов у КР и их выгрузку после облучения.

Облученные детекторы отправлены участникам эксперимента для измерений активности в их научных центрах.

Поставлено и организовано решение расчетной задачи по определению флюенса и спектра нейтронов на КР с участием ведущих иностранных центров. С этой целью выполнены следующие работы:

- НТЦ ЯРБ совместно с Балаковской АЭС проведены нейтронно-физические расчеты активной зоны реактора во время облучения. Собрана и обработана экспериментальная информация об эксплуатационных характеристиках реактора и активной зоны во время облучения детекторов.
- НТЦ ЯРБ совместно с ОКБ “Гидропресс” осуществлены сбор и уточнение данных о конструкции и составе материалов, приемлемых для расчетов переноса нейтронов.
- Подготовлена математическая модель реактора типа ВВЭР-1000 для расчета переноса нейтронов и определения флюенса и спектра нейтронов на КР.

Получены и представлены предварительные результаты эксперимента и расчета по определению флюенса нейтронов на КР энергоблока №3 Балаковской АЭС:

- Проведен анализ результатов измерений на детекторах флюенса, принадлежащих участникам эксперимента. Предварительное сравнение активностей и соответственно флюенсов быстрых нейтронов показало хорошее совпадение результатов, полученных НТЦ ЯРБ, с результатами, полученными другими участниками (1- 5 % по детекторам, выполненным из железа, никеля, титана). Это подтвердило надежность экспериментальной методики, используемой в НТЦ ЯРБ. Обнаружено существенное расхождение для детекторов из делящихся материалов (Np, U-238), ниобия и меди. Причины расхождений исследуются.
- Предварительные результаты измерений показали, что скорость накопления флюенса быстрых нейтронов на КР энергоблока №3 оказалась ниже, чем ожидалось. Для нейтронов выше 0,5 МэВ эта величина составила $4,9 \text{ E}+10 \text{ н}/(\text{см}^2\text{с})$, в то время как ожидаемая (проектная) - $5,6 \text{ E}+10 \text{ н}/(\text{см}^2\text{с})$.
- Экспериментально доказано наличие азимутальной зависимости спектра быстрых нейтронов на КР.
- Полученный по новой методике спектр нейтронов у КР типа ВВЭР-1000 определен с учетом погрешностей восстановления. В результате впервые получена корреляционная матрица погрешности спектра, рекомендованного к использованию для обработки экспериментальных данных при мониторинге флюенса за КР типа ВВЭР-1000.

Проведены расчетные оценки параметров поля нейтронов на КР. В расчетах приняли участие НТЦ ЯРБ, РИЦ “Курчатовский институт”, FZR, FRAMATOME. Получено хорошее совпадение результатов (1-5 %) для области быстрых нейтронов, несмотря на неиспользование различных независимых методов расчета (методов дискретных ординат и метода Монте-Карло).

Сравнение и анализ расчетных и экспериментальных результатов, полученных от всех участников эксперимента, показали расхождение 5-15 %.

Проанализировано влияния режимов эксплуатации ВВЭР-1000 на накопление флюенса нейтронов на КР. Проведен анализ и учет расчетных и экспериментальных факторов эксплуатации реактора энергоблока №3 Балаковской АЭС, влияющих на скорость накопления флюенса, что позволило выработать рекомендации по контролю флюенса с точки зрения надзора за безопасностью КР ВВЭР-1000. На основе анализа эксперимента, поставленного на энергоблоке №3 Балаковской АЭС, показано, что существующие методы измерений флюенса на КР ВВЭР не позволяют корректно оценить флюенс нейтронов чисто экспериментальным путем из-за множества факторов, характеризующих эксплуатацию, учет которых можно сделать только при расчете. Активность детекторов, приведенная на конец облучения, используется для корректировки и обоснования аналогичных расчетных значений. На этом принципе рекомендуется создать штатную методику мониторинга флюенса на КР ВВЭР. На основе сформулированной концепции мониторинга флюенса на корпусах ВВЭР обоснована необходимость и сделано предложение эксплуатирующей организации о разработке стандартной методики учета флюенса нейтронов на КР ВВЭР-1000.

На основании полученных результатов подготовлено два УЭЗ, рекомендованных к использованию в надзорной деятельности при экспертизе безопасности КР ВВЭР при инспекциях (проверках) на АС, а также при экспертизе проектов:

- УЭЗ по экспериментальному определению радиационной нагрузки КР ВВЭР;
- УЭЗ по методам расчета флюенса на корпусе ВВЭР-1000 на базе исследования эксперимента на энергоблоке №3 Балаковской АЭС - требования к представительности расчетных результатов флюенса.

По запросу Балаковской АЭС результаты измерений и предварительные результаты расчетов направлены для практического использования в деятельности АЭС.

ПРОЕКТ Е

Сравнение нормативов по обеспечению ядерной безопасности

Руководитель проекта: В.П. Слуцкер.

Перечень выпущенных работ

1. Анализ Отчета GRS по анализу безопасности ВВЭР-1000 АС "Стендаль" и предложения по методологии проведения сравнения российских и германских документов. 1993 г., 6 стр.
2. Результаты сравнения российских норм и правил с выбранными критериями, регламентирующими обеспечение выполнения функций безопасности F₁ (аварийный останов и поддержание подкритического состояния). 1994 г., 12 стр.
3. Результаты сравнения российских норм и правил с выбранными критериями, регламентирующими обеспечение выполнения функций безопасности F₂ (охлаждение активной зоны при нарушениях нормальной эксплуатации и авариях). 1994 г., 14 стр.
4. Реализация в проекте энергоблока №3 Балаковской АЭС требований к отводу остаточного тепла от реактора. 1995 г., 8 стр.
5. Сравнение требований российских нормативных документов к системе аварийного охлаждения и отвода тепла от ядерного реактора к конечному поглотителю с нормативными документами Германии. 1996 г., 9 стр.
6. Анализ реализации требований российских нормативных документов, предъявляемых к системам и компонентам, выполняющим в проекте энергоблока №3 Балаковской АЭС функцию безопасности F₂ (аварийное охлаждение ядерного реактора). 1997 г., 17 стр.
7. Российские нормативные документы и реализация их требований в проекте Балаковской АЭС (энергоблок №3). Системы управления и защиты ядерного реактора. 1997 г., 37 стр.
8. Обеспечение охлаждения ТВС при отводе остаточных тепловыделений в режиме нормальной эксплуатации. Часть 1. Российские нормативные документы и практика в России для установки мощностью 1000 МВт с реакторами с водой под давлением. 1998 г., 50 стр.
9. Сравнение немецких и российских правил и руководств. Системы ограничения. Часть 3. Резюме. 1998 г., 18 стр.
10. Сравнение немецких и российских правил и руководств. Обеспечение охлаждения ТВС при остаточном теплоотводе в режиме нормальной эксплуатации. Часть 3. Резюме. 1998 г., 26 стр.

Аннотация выпущенных материалов

Основной целью работ, выполненных в рамках данного проекта за период 1993-1998 гг., являлось сравнение российских и немецких нормативных документов, определяющих требования к системам воздействия на реактивность и отвода остаточного тепловыделения от ТВС в различных режимах эксплуатации.

На первом этапе работ, в котором принимали участие только российские специалисты, на основе анализа проектной документации и документов МАГАТЭ определен набор критериев для сравнения требований нормативных документов, определяющих следующие функции безопасности:

- аварийный останов и поддержание подкритического состояния реактора;
- охлаждение активной зоны реактора при нарушениях нормальной эксплуатации и авариях.

На основании определенного набора критериев выполнен анализ учета этих критериев в российских нормах и правилах. Анализ показал полноту требований безопасности, содержащихся в российских нормах и правилах, регулирующих ядерную безопасность.

В дальнейшем выполнен анализ проектных решений систем управления системами аварийного охлаждения реактора энергоблока №3 Балаковской АЭС и сравнение этих решений с российскими и немецкими нормативными документами.

Анализ показал, что реализация систем УСБ-Т (система управления системами безопасности) в основном соответствует требованиям немецкого нормативного документа КТА 3501. Выполнено сравнение требований российских нормативных документов, регламентирующих систему аварийного охлаждения активной зоны ядерного реактора, с требованиями немецкого нормативного документа КТА 3301 "Система отвода тепловыделения кипящих реакторов и реакторов с водой под давлением".

Требования российских и немецких нормативных документов, регламентирующих функцию безопасности - аварийное охлаждение ТВС ядерного реактора, совпали.

Анализ реализации требований российских нормативных документов, предъявляемых к системам и компонентам, выполняющим функцию безопасности - аварийное охлаждение ядерного реактора, показал, что практически все проектные решения энергоблока №3 Балаковской АЭС соответствуют этим требованиям, за исключением защиты от смерча запаса охлаждающей воды, находящегося в брызгальных бассейнах. Кроме того, имеется возможность отказа по общей причине систем аварийного охлаждения ядерного реактора вследствие засорения входов в бак-приемок теплоизоляцией при разрывах трубопроводов.

На последующих этапах работы проанализированы системы «ограничения» или предупреждения, предотвращающие² сброс стержней АЗ, а также системы, обеспечивающие отвод остаточного

² В российской терминологии это в большей степени соответствует понятию "пределы нормальной эксплуатации".

тепловыделения от ТВС в режимах нормальной эксплуатации. Если на первом этапе немецкие специалисты принимали участие в работе как эксперты выполненных российскими специалистами работ, то на последующих этапах они подготовили анализ реализации требований, регламентирующих проектирование вышеназванных систем, в проекте АС "Конвой".

Выполнен анализ российских нормативных документов и подготовлены отчеты, сходные по содержанию с отчетами немецких специалистов, в которых содержится анализ реализации требований российских нормативных документов при проектировании вышеназванных систем для энергоблока №3 Балаковской АЭС.

В дальнейшем на основе результатов анализа российских и немецких нормативных документов, регулирующих устройства и эксплуатацию систем "ограничения" или предупреждения, а также систем, обеспечивающих отвод остаточного тепловыделения от ТВС, и их реализации в проектах АС проведен сравнительный анализ требований, содержащихся в нормативных документах обеих стран. Результаты сравнительного анализа приведены в двух совместных отчетах российских и немецких специалистов.

Полученные результаты сравнения показали схожесть подходов в нормативном регулировании систем "ограничения" или предупреждения, а также систем, обеспечивающих отвод остаточного тепловыделения от ТВС в режимах нормальной эксплуатации, и реализации требований к ним в российских и немецких проектах АС.

Таким образом, в 1993-1998 гг. рассмотрены и осуществлены различные подходы к сравнению нормативных документов, регулирующих устройства систем безопасности, требований на основе критериального подхода, сравнение проектных решений по устройствам систем безопасности Балаковской АЭС и АС "Конвой", а также сравнение регулирующих требований российских и немецких нормативных документов и их реализации в конкретных проектах АС.