

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ДЛЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ №1-4 РОСТОВСКОЙ АЭС

**С.И. Пантюшин, М.С. Хвостов, А.В. Литышев, А.А. Филимонов, В.В. Щеколдин,
Д.Л.Гаспаров, О.В. Аулова, Н.И.Щуров, А.В.Егоров, Н.В. Букин, А.А. Емелин,
М.А. Быков, В.Я. Беркович**

Традиционно одним из ключевых вопросов обеспечения безопасности действующих и проектируемых АЭС с РУ ВВЭР является разработка мероприятий по управлению запроектными и тяжелыми авариями.

В 2011 г (после аварии на АЭС «Фукусима») в соответствии с указанием Госкорпорации «Росатом» по согласованию с Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на всех действующих Российских АЭС были проведены целевые проверки безопасности энергоблоков при экстремальных внешних воздействиях, которые могут стать причиной тяжелой запроектной аварии. Эти целевые проверки были проведены с учетом методики «стресс-тестов», рекомендованной WENRA – Европейской Ассоциацией регулирующих органов.

По результатам выполненных стресс-тестов руководством Госкорпорации «Росатом» при участии АО «Концерн Росэнергоатом», а также проектных и конструкторских организаций разработаны и утверждены «Актуализированные мероприятия для снижения последствий запроектных аварий на АЭС», которые предусматривают комплекс решений, направленных на дополнительную оценку безопасности и внедрение дополнительных систем и оборудования, предназначенных для управления и смягчения последствий запроектных и тяжелых аварий для всех действующих и проектируемых АЭС в России.

Данная работа отражает общемировые процессы по повышению безопасности АЭС в связи с аварией, произошедшей на АЭС «Фукусима» в 2011 г.

ОКБ «ГИДРОПРЕСС» с 2011 года принимает активное участие в реализации и выполнении данных мероприятий для АЭС с РУ ВВЭР.

На первом этапе работ была выполнена обобщенная расчетная оценка безопасности для всех действующих АЭС с РУ ВВЭР-440 и РУ ВВЭР-1000 с точки зрения определения дефицитов безопасности и формирования требований к дополнительным системам и оборудованию, планируемому к внедрению. При этом к рассмотрению принимались исходные события, связанные с полным обесточиванием АЭС (включая отказ всех штатных дизель-генераторов) и потери всех конечных поглотителей тепла, что приводило к неработоспособности всех активных систем безопасности.

С учетом данных требований в рамках внедрения дополнительной мобильной техники эксплуатирующей организацией (АО «Концерн Росэнергоатом») были закуплены системы и оборудование, обеспечивающее подачу среды в первый контур (ПНУ 150/900), во второй контур (ПНУ 150/120, ПНУ 150/900), в бассейн выдержки (ПНУ 40/50), в систему тех.воды (ПНУ 500/50), и обеспечивающим электропитанием штатные системы безопасности, арматуру и систем контроля и управления АЭС (ПДГУ 2,0 МВт и ПДГУ 0,2 МВт).

Фактическая реализация мероприятий отличалась для каждой из АЭС, что не позволило в дальнейшем использовать обобщенные оценки даже для АЭС с РУ ВВЭР с одним типом проекта.

На следующих этапах работ анализы безопасности выполнялись для каждого из энергоблоков отдельно, при этом к рассмотрению принимались дополнительные сценарии запроектных и тяжелых аварий. Требование о выполнении таких анализов было сформулировано надзорным органом России и включено в УДЛ конкретных энергоблоков.

Работы применительно к действующим и сооружаемым энергоблокам Ростовской АЭС были начаты в 2014 году и в основном завершены в конце 2015 года.

Объем работ ОКБ «ГИДРОПРЕСС» для Ростовской АЭС по разработке расчетных обоснований запроектных аварий с учетом применения мобильной противоаварийной техники входило следующее:

- анализ запроектных и тяжелых аварий, с точки зрения обоснования эффективности мобильной техники;
- формирование требований ко времени подключения и номенклатуре подключаемого оборудования;
- разработка разделов и подразделов отчетов по обоснованию безопасности (ООБ);
- разработка требований и предложений по корректировке противоаварийной (РУЗА, РУТА) и эксплуатационной документации;
- сопровождение разработанной документации и согласование с Генеральным проектировщиком АЭС.

Для выполнения расчетных анализов в ОКБ «ГИДРОПРЕСС» использованы современные и аттестованные в России расчетные коды КОРСАР/ГП, СОКРАТ/В1, АНГАР, ТРАП-КС.

В объем анализов вошли исходные события, связанные с потерей теплоносителя первого контура с отказом активной части САОЗ, полным обесточиванием АЭС при работе на мощности и в режиме останова, потерей отвода тепла от бассейна выдержки, течью теплоносителя из первого контура во второй и др.

Расчетные анализы для каждой из рассмотренных аварий выполнялись в три этапа:

- на первом этапе проводился анализ аварии без учета управляющих действий персонала. Для всех рассмотренных сценариев аварии переходили в тяжелую стадию, которая приводила к плавлению активной зоны и последующему отказу корпуса реактора. По итогам данных анализов определялись запасы по времени для начала действий оперативного персонала;

- на втором этапе проводился анализ аварии с учетом управляющих действий персонала, но без использования дополнительной мобильной техники. Для ряда рассмотренных сценариев аварии переходили в тяжелую стадию, которая приводила к плавлению активной зоны и последующему отказу корпуса реактора. При этом имеющиеся средства позволяли обеспечить выполнение критериев успешности для тяжелых аварий, смягчать последствия и использовать проектное оборудование, функционирующее при рассматриваемой аварии с целью отдаления момента отказа (сквозного проплавления) корпуса реактора;

- на третьем этапе проводился анализ аварии с учетом управляющих действий персонала, направленных на подключение мобильной техники. Для всех рассмотренных сценариев аварии не переходили в тяжелую стадию, что подтверждалось неперевышения приемочных критериев для запроектных аварий.

В ходе расчетного обоснования было рассмотрено множество вариантов использования мобильной техники наряду с имеющимся оборудованием в различных комбинациях, что даёт оператору возможность выбора способа ограничения последствий запроектной аварии в зависимости от обстановки на конкретном блоке. Продемонстрированы преимущества каждого из таких способов с учётом фактических характеристик мобильной техники и реализации схем подключения.

По итогам выполнения широкого спектра анализов были выполнены поставленные перед ОКБ «ГИДРОПРЕСС» задачи в части обоснования и эффективного применения мобильной техники для энергоблоков №1-4 Ростовской АЭС. В расчетных анализах было обосновано применение следующего оборудования:

- ПНУ 150/120 для обеспечения подачи теплоносителя во второй контур;
- ПНУ 150/900 для обеспечения подачи теплоносителя во второй контур;

- ПДГУ 2,0 МВт для обеспечения электропитания активной части САОЗ (для подачи теплоносителя в первый контур) и системы аварийной питательной воды (для подачи во второй контур).

При обосновании мобильной техники принималось во внимание фактическое время разворота и подключения техники, реализованное на Ростовской АЭС.

Для наиболее неблагоприятных сценариев (например, «Большая течь с отказом активной части САОЗ») для реализации действий, направленных на не превышение приемочных критериев (исключение перехода аварии в тяжелую стадию) требовалось подключение техники за короткое время (около 5-7 минут), что невозможно реализовать на АЭС. Для данных сценариев проведен анализ с учетом подачи теплоносителя в частично расплавленную активную зону (после перехода аварии в тяжелую стадию). В анализах было показано, что при своевременной подаче теплоносителя – возможно избежать отказа корпуса реактора и выхода расплава в бетонную шахту реактора (удержать расплав в корпусе реактора).

Работы выполнялись для каждого из энергоблоков Ростовской АЭС отдельно, т.к. имелись отличия в исходных данных между энергоблоками, а также отличалась фактическая реализация мобильной техники.

ОКБ «ГИДРОПРЕСС» было разработано более 40 отчетных документов, проведены взаимодействия с Заказчиком работ (Ростовской АЭС), Генеральным проектировщиком АЭС (АО «НИАЭП»).

На основании полученных требований (по итогам расчетных анализов) выполнялась корректировка проектной, конструкторской и эксплуатационной документации силами Генерального проектировщика (АО «НИАЭП») и Ростовской АЭС. ОКБ «ГИДРОПРЕСС» принимал активное участие в данной работе.

Разработанные материалы и документация были успешно сданы Заказчику работ и в настоящее время проходят экспертизу в надзорном органе России.

ОКБ «ГИДРОПРЕСС» продолжит выполнение работ по данной тематике с учетом замечаний и рекомендаций НТЦ ЯРБ в 2016-2017 годах как в рамках гарантийных обязательств, так и в рамках дополнительных работ.

Внедрение мероприятий по повышению безопасности Ростовской АЭС к условиям аномальных внешних воздействий и выполнение обоснования безопасности при ЗПА и тяжелых ЗПА (выполненные ОКБ «ГИДРОПРЕСС») позволяет избежать или смягчить последствия аварий, аналогичных произошедшей на АЭС «Фукусима».

Список принятых сокращений

АЭС	–	атомная электростанция;
ВВЭР	–	водо-водяной энергетический реактор;
ЗПА	–	запроектная авария;
ООБ	-	Отчет по обоснованию безопасности
ПДГУ	–	передвижная дизель-генераторная установка;
ПНУ	–	передвижная насосная установка;
РУ	–	реакторная установка;
РУЗА	-	руководство по управлению запроектными авариями
РУТА	-	руководство по управлению тяжелыми авариями
САОЗ	–	система аварийного охлаждения активной зоны;
УДЛ	-	Условия действия лицензии