

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА,

доктора технических наук, старшего научного сотрудника
Института теплофизики имени С.С. Кутателадзе СО РАН

Лобанова Павла Дмитриевича

на диссертационную работу Шлепкина Александра Сергеевича
«Экспериментальное определение влияния тепломассообменных процессов в
оборудовании реакторной установки и защитной оболочке на работу
пассивных систем безопасности ВВЭР»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки,
топливный цикл, радиационная безопасность»

В число важнейших задач, стоящих перед конструкторами и исследователями ядерной отрасли, входит разработка, обоснование и внедрение пассивных систем безопасности (ПСБ), которые не требуют для своей работы участия оператора и не зависят от источников электроснабжения. Одной из таких систем в АЭС с реакторной установкой (РУ) В-392М является система пассивного отвода тепла (СПОТ).

Совместно с другими системами СПОТ отводит остаточное энерговыделение и поддерживает уровень теплоносителя в реакторе в течение первых суток после возникновения аварии. В процессе функционирования на работу системы пассивного отвода тепла оказывают влияние различные тепло и массообменные процессы, происходящие в первом контуре реакторной установки. Эти процессы теоретически могут привести к тому, что система безопасности перестанет выполнять свои проектные функции.

Отказ какой-либо системы безопасности, способный привести к возникновению или ухудшению аварийной ситуации абсолютно недопустим. Следовательно, изложенные в диссертации Шлепкина А.С. результаты исследований по обоснованию проектных функций системы пассивного отвода тепла являются **актуальными**.

Диссертация написана ясным научным языком, её материал логически изложен, обладает внутренним единством. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит список литературы из 105 использованных источников. Объем работы составляет 161 страницу, включая 67 рисунков и 11 таблиц.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, определяются цели и задачи исследования, обозначается научная новизна, практическая значимость, выносимые на защиту положения, обосновывается достоверность результатов и личный вклад автора.

Научная новизна диссертационной работы состоит в том, что соискателем впервые:

- получены экспериментальные данные по влиянию на эффективность работы парогенератора в аварийном режиме массообменных процессов между защитной оболочкой и реакторной установкой. Определены условия поступления паровоздушной смеси в первый контур через разрыв главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ);
- определена степень влияния местоположения разрыва ГЦТ на работоспособность парогенератора ВВЭР в конденсационном режиме;
- выявлены процессы, способствующие поддержанию работоспособности системы пассивного отвода тепла;
- исследована динамика снижения мощности парогенератора после завершения первых суток аварийного процесса. Обнаружена нелинейная зависимость мощности парогенератора от скорости накопления неконденсирующихся газов.

Практическая значимость подтверждена успешным применением результатов для устранения замечаний НТЦ ЯРБ и лицензирования энергоблока №6 НВАЭС-2. Также в результате работы создана база экспериментальных данных с результатами исследования процессов

конденсации парогазовой смеси в трубном пучке парогенератора, работающего в аварийном режиме.

В первой главе диссертации представлен обзор актуальных экспериментальных исследований по обоснованию проектных функций пассивных систем безопасности современных проектов атомных станций. Были выявлены подходы общие для всех проведенных работ. В частности, отмечено, что за единственным исключением, на всех исследовательских установках высотные отметки размещения оборудования соответствуют натурным. Кроме того выявлено, что в мировой практике принято проведение комплексных испытаний систем безопасности, а не их элементов по отдельности.

Вторая глава работы посвящена экспериментальной установке ГЕ-2М, созданной на площадке АО «ГНЦ РФ - ФЭИ» для проведения исследований по изучению влияния неконденсирующихся газов на процессы конденсации пара в трубном пучке парогенератора ВВЭР-1200, работающего в аварийном режиме. Также описана методика проведения экспериментов.

В третьей главе описаны результаты экспериментальных исследований по обоснованию работоспособности парогенератора, работающего в аварийном режиме. Установлена зависимость снижения его мощности от содержания неконденсирующихся газов и их состава в паре. Показано, что сильнее всего эффективность конденсации пара в трубном пучке парогенератора снижается при условиях, характерных для первых нескольких часов после начала аварии. Проведены исследования по изучению динамики снижения мощности парогенератора после окончания проектного срока системы пассивного отвода тепла.

В четвертой главе описаны элементы оборудования, добавленные в состав стенда ГЕ-2М для проведения исследований по оценке влияния притока паровоздушной смеси из защитной оболочки в реакторную установку на работоспособность системы пассивного отвода тепла. Также описана методика проведения экспериментов на стенде.

В пятой главе проанализированы результаты экспериментов, проведенных на модернизированной экспериментальной установке. Определена степень влияния размера и места локализации разрыва на объем поступающей в первый контур паровоздушной смеси. Проведен анализ условий возникновения перетока парогазовой смеси из объема защитной оболочки в реакторную установку. Также изучена динамика изменения температурного поля в имитаторах разрыва ГЦТ. На ее основании дана оценка процессу поступления неконденсирующихся газов из объема защитной оболочки в реакторную установку.

В заключении подведены основные выводы по результатам диссертационной работы.

К диссертации имеются несколько замечаний:

1. В работе отсутствует список сокращений и условных обозначений.
2. В тексте диссертации отсутствует подробное описание методики определения конденсационной мощности парогенератора и неопределенности ее оценки, при этом часть графиков приведена с «усами».
3. Оценка влияния на результаты замены раствора борной кислоты, кислорода и водорода на воду, азот и гелий помогла бы усилить работу.
4. Приведенные в разделе 3.4 корреляции вызывают вопросы с точки зрения размерностей, возможно ли использование этих зависимостей для других стендов?
5. Таблицы 2.2 и 4.2 содержат идентичные данные о погрешностях оценки величин, определяемых косвенным образом. На мой взгляд, достаточно было сослаться на таблицу 2.2.
6. На стр. 66 указано, что расход пара измерялся вихревым расходомером и по расходу конденсата в мерной емкости. При этом различие в показаниях указанных методов составляло порядка 4%. В то же время в таблицах 2.1 и 2.2 для каждого из методов указана неопределенность измерения порядка 1,5%.

Приведенные замечания не меняют общей положительной оценки диссертационной работы.

Диссертация Шлепкина А.С. представляет собой законченное научно-техническое исследование, отвечающее требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. (ред. от 25.01.2024 г.) № 842, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автореферат отражает основные положения диссертационной работы.

Считаю, что автор диссертационной работы «Экспериментальное определение влияния тепломассообменных процессов в оборудовании реакторной установки и защитной оболочке на работу пассивных систем безопасности ВВЭР» Шлепкин Александр Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 - Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Официальный оппонент

Старший научный сотрудник Института теплофизики
имени С.С. Кутателадзе СО РАН, доктор технических наук



Лобанов Павел Дмитриевич
«24» _марта_ 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской
академии наук

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 1

Электронная почта: lobanov@itp.nsc.ru

Телефон: +7383330670

Подпись Лобанова П.Д. удостоверяю
Ученый секретарь ИТ СО РАН
к.ф.-м.н.



Макаров Максим Сергеевич