

Отзыв официального оппонента  
на диссертацию Осиповой Татьяны Андреевны  
**«Расчетно-экспериментальное обоснование характеристик и  
конструкции ампульного канала с естественной циркуляцией  
теплоносителя»**, представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические  
установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена решению **актуальной** задачи, связанной с разработкой инструмента, с помощью которого возможно обеспечивать требуемые условия реакторного облучения конструкционных материалов без использования сложного насосного и теплообменного оборудования петлевых установок, что позволяет увеличить объемы реакторных исследований и снизить их стоимость.

**Научная новизна работы** заключается в комплексе технических решений, заложенных в конструкцию ампульного канала (АК) и облучательного устройства (ОУ), и методического подхода, позволяющего быстро определить оптимальные размеры внутрикорпусных устройств в зависимости от целей и требований к эксперименту. Результаты диссертации использованы при разработке опытного ампульного канала и проведении методического эксперимента, а также при последующих испытаниях конструкционных реакторных материалов в АК на реакторе СМ-3, что составляет **практическую значимость работы**.

В **первой** главе проведен подробный обзор методик испытаний в ампульных устройствах и петлевых установках. На основе анализа результатов обзора предложены решения по конструкции ампульного канала и облучательного устройства, позволяющие проводить исследования образцов реакторных конструкционных материалов при контролируемых и регулируемых условиях облучения по температуре с возможностью поддержания заданного водно-химическим режимом теплоносителя.

Во **второй** главе описана разработанная в теплогидравлическом коде RELAP5/MOD3.2 расчетная модель ампульного канала. Обосновано расчетом, что в АК возможно обеспечить режимы облучения, типичные условиям работы элементов конструкций активных зон реакторов ВВЭР PWR.

В **третьей** главе представлены результаты методических экспериментов с АК на реакторе СМ-3. Подробно приведена процедура тестирования расчетной модели АК с ЕЦ для двух стадий проведения эксперимента (стадия вывода реактора на мощность и стадия стационарного



состояния). Сравнение результатов расчетов с данными, полученными в ходе методического эксперимента в реакторе СМ-3, показало их удовлетворительное согласие.

В **четвертой** главе приведено исследование достижимых температурных режимов облучения образцов в АК с ЕЦ в зависимости от параметров: высоты контура циркуляции теплоносителя, расхода теплоносителя через байпасный контур теплоотвода над ограничителем потока теплоносителя, термического сопротивления корпуса канала.

Предложен методический подход к оптимизации параметров ОУ и АК в зависимости от цели и задач реакторных исследований свойств материалов. Сформулированы критерии оптимальности и соответствующие ограничения на режимные и конструктивные факторы. Проведена оптимизация конструкции АК по критерию наименьшего значения неравномерности распределения температуры образцов по высоте.

**Достоверность** полученных результатов обоснована результатами расчетов, выполненных с использованием кода RELAP5/MOD3.2, а также сравнительного анализа экспериментальных и расчетных данных.

Результаты диссертационной работы прошли достаточную **апробацию** на международных и российских конференциях. По теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 4 статьи в журналах из перечня ВАК.

**Автором лично** предложены технические и схемные решения в конструкции АК, реализация которых позволила расширить экспериментальные возможности ампульных испытаний; разработана расчетная модель ампульного канала с естественной циркуляцией теплоносителя с использованием кода RELAP5/MOD3.2, с помощью которой обоснованы режимы облучения образцов в методическом эксперименте на реакторе СМ-3. Автором проведено тестирование расчетной модели с использованием полученных экспериментальных данных, а также исследование достижимых температурных режимов облучения образцов в АК с ЕЦ в зависимости от различных факторов (высоты контура циркуляции, термического сопротивления корпуса канала, мощности энерговыделения и др.).

**Автор принимал непосредственное участие** в обработке результатов методического эксперимента с опытным АК и в разработке методического подхода к оптимизации характеристик экспериментальных ампульных каналов, формулировке критериев оптимальности и ограничений на конструктивные и режимные параметры.

**Автореферат соответствует содержанию диссертации.**



**В качестве замечаний к работе можно отметить следующие:**

1. При оптимизации характеристик АК не рассмотрено влияние теплопроводности разделителя потока. Выбор материала разделителя с низкой теплопроводностью мог бы расширить диапазон рабочей температуры образцов за счет нижней границы без опрокидывания расхода в основном контуре циркуляции.

2. Автор оптимизирует характеристики АК, добиваясь минимума целевой функция  $\Delta t$ , зависящей от трех переменных:

$d_p$  - внешний диаметр разделителя потока теплоносителя;

$\delta_p$  - толщина разделителя потока теплоносителя;

$\lambda_k$  - теплопроводность газового зазора канала.

Однако ни в одной из формул главы 4 нет связи этих переменных с целевой функцией.

В блок-схеме, приведенной на рис. 4.16, есть блок «задаем геометрию разделителя потока», но на выходе этой блок схемы видим не  $\Delta t$ , а «сопротивление участка с ОУ ДРОУ ( $\xi_{\text{ОУ}}$ )». Поэтому не понятно, каким образом автор устанавливает зависимость  $\Delta t$  от трех выбранных переменных.

3. Поскольку автором разработана расчетная модель АК, то логично предположить, что  $\Delta t$  определяется в этой расчетной модели, входными переменными которой, наряду с другими, являются и варьируемые параметры  $d_p$ ,  $\delta_p$ ,  $\lambda_k$ .

В этой связи возникает вопрос, как взаимодействует модель АК, основанная на коде RELAP5/MOD3.2, с расчетной программой в MS Excel, используемой для поиска экстремума неявно заданной функции трех переменных?

4. В диссертации априори подразумевается, что функция  $\Delta t = f(d_p, \delta_p, \lambda_k)$  имеет экстремум. Однако это не очевидно, так как явного вида функции не приводится. В таких случаях необходимо преобразовывать минимизируемую функцию к виду, в котором она гарантированно будет иметь экстремум, но не потеряет исходного физического смысла. В диссертации такое преобразование отсутствует. Возможно, оно есть в написанной автором программе в MS Excel.

5. При сопоставлении экспериментальных и расчетных значений температуры (глава 3) на рисунках 3.12, 3.13 показана только погрешность ТЭП, а расчетная погрешность не указана, хотя составляет 6%.

6. В работе заявлено, что в АК с ЕЦ можно поддерживать заданный водно-химический режим теплоносителя (ВХР). Но как технологически обеспечивается ВХР не рассматривается.

Указанные замечания не снижают значимости выполненных разработок и исследований и не затрагивают основных положений диссертационной работы.

Считаю, что к защите представлена законченная научно-квалификационная работа, которая по актуальности, научно-техническому уровню, новизне и практическому значению выполненных исследований соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. (ред. от 28.08.2017 г.), а ее автор, Осипова Татьяна Андреевна, достойна присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор

Ватулин Александр Викторович,

Главный эксперт отделения 300-1,

Акционерное общество "Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара" (АО «ВНИИНМ»)

Адрес места основной работы: 123098, г. Москва, ул. Рогова, д. 5а.

Рабочий телефон: +74959991908

Адрес эл. почты: [alvat@proc.ru](mailto:alvat@proc.ru)

Подпись Ватулина А.В. подтверждаю

Ученый секретарь АО «ВНИИНМ»



М.В.Поздеев