

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(НИЯУ МИФИ)

Каширское шоссе, д.31, г. Москва, 115409

Тел. (499) 324-87-66, факс (499) 324-21-11

<http://www.mephi.ru>

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### ОТЗЫВ

официального оппонента Николая Васильевича Щукина на диссертационную работу Зинатуллина Рустама Эдуардовича на тему: «Применение импульсного метода для оценки подкритичности в хранилищах отработавшего ядерного топлива реакторов РБМК», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»

Диссертация Р.Э. Зинатуллина посвящена обоснованию возможности использования метода импульсного источника для оценки подкритичности в хранилищах отработавшего ядерного топлива реакторов типа РБМК. После начала использования в реакторах РБМК более эффективного топлива дальнейшая эксплуатация ХОЯТ стала невозможна без экспериментального контроля ядерной безопасности, как того требуют федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Импульсный метод имеет преимущества перед измерением глубины выгорания топлива у каждой отработавшей ТВС по трудоёмкости и оперативности, но в тоже время потребовал проведения детальных расчётных исследований и обоснований. Этим и определяется актуальность данной работы.

Диссертационная работа изложена на 230 страницах, состоит из введения, 5 глав, заключения, списка цитируемой работы и приложения.

Во введении обоснована актуальность проведённых исследований, сформулированы цель и задачи, указаны научная новизна, достоверность представленных результатов, реализация и внедрение результатов работы, практическая ценность работы, изложены основные положения, выносимые на защиту, отражен личный вклад автора.



В первой главе рассматривается модифицированный импульсный  $\alpha$ -метод Симмонса-Кинга, который предполагалось использовать на ЛАЭС для контроля подкритичности ХОЯТ. Подробно обсуждаются границы применимости и возможность использования данного метода для оценки размножающих свойств ХОЯТ РБМК. Анализируются результаты первых пробных измерений, проведённых в ХОЯТ ЛАЭС, а так же причины, по которым экспериментальные данные плохо согласуются как между собой, так и с результатами расчётных оценок. Сделано предположение, что в ХОЯТ РБМК импульсные эксперименты вынуждены проводить в условиях, отличных от классической постановки импульсного эксперимента. На основе проведённого анализа сформулированы задачи, решение которых, в конечном счете, поможет адаптировать импульсный метод к условиям хранилища РБМК.

Во второй главе описана созданная на основе комплекса программ САПФИР\_95&RC\_ХОЯТ расчётная модель хранилища отработавшего ядерного топлива ЛАЭС для моделирования импульсных экспериментов, а также результаты верификации комплекса и модели хранилища. Для верификации были отобраны и проанализированы наиболее качественные и представительных серий импульсных экспериментов, которые были проведены в хранилище ЛАЭС.

В третьей главе представлены результаты теоретического и расчётного анализа затухания нейтронного импульса в ХОЯТ РБМК. Показано, что в хранилище за время проведения импульсных измерений асимптотическое распределение нейтронного потока не успевает установиться. В этом заключается основная сложность использование импульсного метода в хранилище РБМК. С помощью вычислительного эксперимента был предложен и обоснован способ проведения импульсных экспериментов, и определена конструкция измерительной установки, что позволяет в условиях ХОЯТ измерять значение декремента затухания близкого к асимптотическому.

В четвертой главе представлены результаты расчётных исследований, посвященные поиску связи результатов импульсных измерений с критериями (параметрами) ядерной безопасности ХОЯТ РБМК. Показано, что высотная зависимость декремента затухания, которая получается в серии импульсных экспериментов с перемещением по высоте ХОЯТ измерительного устройства, включающего жестко сцепленные между собой генератор и детектор, отражает характер поведения глубины выгорания топлива в ОТВС. Установлено, что максимальное значение коэффициента размножения, которое может быть достигнуто при развитии постулируемых в ТОБ ХОЯТ аварий, практически линейно зависит от асимптотического декремента затухания, определённого в исходном состоянии. Представлена расчётно-экспериментальная методика контроля подкритичности хранилища



РБМК, сочетающая импульсные эксперименты и их расчётное сопровождение. Определены ограничения предложенной методики.

В пятой главе представлены результаты применения расчётно-экспериментальной методики контроля подкритичности в ХОЯТ ЛАЭС. Постоянный расчётный мониторинг размножающих свойств хранилища ЛАЭС, который ведётся с помощью комплекса программ САПФИР\_95&RC\_ХОЯТ, показал, что за это время запас подкритичности практически не изменился. С помощью обобщения экспериментальных данных была проверена выявленная расчётным путём линейная зависимость между максимальным значением коэффициента размножения, которое может быть достигнуто при развитии аварийной ситуации, и измеренным значением декремента затухания.

В заключении изложены основные результаты и выводы диссертационной работы.

По материалам диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Из текста диссертации неясно, для выявления какого типа ошибок эксплуатации хранилища предназначена установка и предлагаемые методики. В диссертации следовало бы проанализировать опыт инцидентов, случившихся в хранилищах ядерного топлива и риски, к которым они приводили.

2. Автор диссертации правильно отмечено, что обоснование ядерной безопасности требует экстраполяции расчетных и экспериментальных данных на состояния хранилища, существенно отличающиеся от состояний, в которых проводится импульсный эксперимент. Данная экстраполяция осуществляется при помощи разработанных автором программных средств. Однако не предложены методики использования полученных экспериментальных данных, для корректировки входных данных использующихся программных средств. Предлагаемая методика "одинакового" изменения выгорания топлива до достижения им порогового значения стр. 106 пункт 4 изложена недостаточно ясно, поскольку не описано, как используется данное пороговое выгорание. Данный подход не является консервативным. Более вероятная ошибка приведет к гораздо большим последствиям для ядерной безопасности.

3. В диссертации отмечено, что импульсная методика позволяет охватить только небольшую часть активной зоны (3\*3) кассеты. При этом предлагается помещать источник в максимум функции ценности, определяемой расчетным путем. Но в данном случае результат измерений не позволит выявлять опасные ситуации, вызванные ошибками в регистрации размножающих свойств кассет помещаемых в хранилище, для чего, собственно, и была предназначена данная установка. Методику следует дополнить процедурой оценки формы собственных функций, например, на основе процедуры сканирования хранилища детектором



нейтронов. Определенный интерес может вызывать размещение детектора не только в области максимума, а и в области с изменившимися свойствами, однако в этом случае необходимо обосновать целесообразность замены методики измерения выгорания отдельных касет на импульсную методику. Кроме того методику следует дополнить процедурами оценки ядерной безопасности не по одному измерению, а по серии импульсных экспериментов.

4. В предлагаемой методике оценки ядерной безопасности (стр. 106) неясно, на основании каких критериев делается вывод о согласованности результатов расчетов и измерений. Не поясняется, что надо делать в случае несогласованности этих результатов. Не поясняется, почему в данной методике учитываются погрешности измерений и не учитываются погрешности расчета.

Приведённые замечания не снижают общую положительную оценку выполненной работы, а также не влияют на научную и практическую значимость полученных результатов.

Диссертация Зинатуллина Р.Э. выполнена на высоком научном уровне и является законченной научно-квалификационной работой, результаты исследований имеют высокую практическую ценность и научную новизну. Личный вклад соискателя очерчен и весьма весом.

Автореферат правильно отражает и соответствует содержанию диссертации.

Данная диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата наук, а её автор, Зинатуллин Рустем Эдуардович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Официальный оппонент,

д.ф.-м.н. Щукин Николай Васильевич,  
профессор кафедры №5 НИЯУ МИФИ,

115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31

Тел.: 8-906-076-57-25

E-mail: NVShchukin@mephi.ru

Подпись Н.В. Щукина заверяю

Подпись удостоверяю  
Заместитель начальника отдела  
документационного обеспечения  
НИЯУ МИФИ

