

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Енговатова Игоря Анатольевича на диссертационную работу Семенова Сергея Геннадьевича «Разработка научно обоснованной методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов и ее практическое применение», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 - ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Актуальность темы. Проблема вывода из эксплуатации ядерных установок (одним из представителей которых являются исследовательские ядерные реакторы - ИЯР), возникшая в 70-х годах прошлого столетия, в настоящее время перешла в ранг практического разрешения. Большинство из исследовательских реакторов, как в России, так и за рубежом находятся на заключительной стадии их жизненного цикла – стадии вывода из эксплуатации. Специфика ядерных установок такова, что работы по выводу из эксплуатации связаны с потенциальной радиационной опасностью для персонала, населения и окружающей среды из-за радиоактивного загрязнения и наведенной активности оборудования, структур и систем в зданиях и сооружениях и на прилегающей территории. В силу ряда причин действующие и остановленные исследовательские ядерные реакторы часто расположены в жилых массивах крупных городов. Кроме того следует отметить тот факт, что практически для всех исследовательских реакторов вопросы их будущего вывода из эксплуатации при проектировании и сооружении не рассматривались. Ограниченный опыт практического осуществления работ по выводу из эксплуатации ИЯР в значительной степени потребуют использование безлюдных технологий по соображениям радиационной опасности для демонтажного персонала.

Исходя из выше изложенного, диссертационная работа Семенова Сергея Геннадьевича «Разработка научно обоснованной методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов и ее практическое применение», посвященная разработке и совершенствованию методологии вывода из эксплуатации ИЯР и ликвидации негативных последствий их функционирования имеет четко выраженную научно - практическую направленность и несомненно является важной, актуальной и своевременной.

Основное содержание данного диссертационного исследования - создание единого механизма информационных, инструментальных средств и технологий для практической реализации этой методологии. Данная тема органически связана с реализацией государственных программ развития безопасной атомной энергетики в России и входит в число приоритетов, определенных в «Стратегии развития атомной энергетики России в первой половине XXI века», одобренной правительством РФ (протокол №17 от 25.05.2000г.).

Важность и своевременность темы диссертации Семенова С.Г. обуславливается практической необходимостью совершенствования методологического и технологического обеспечения вывода из эксплуатации ИЯР, основанного на принципах обеспечения радиационной, промышленной и ядерной безопасности. Апробации и применения методологии при выполнении инженерно-технологических работ по выводу из эксплуатации комплекса исследовательских реакторов МР и РФТ в Национальном исследовательском центре (НИЦ) «Курчатовский институт». Еще один аспект актуальности работы Семенова С.Г. определяется и тем, что ее результаты будут способствовать решению научных и практических задач основной проблемы ядерных энергетических установок (ЯЭУ) – обеспечение безусловной безопасности использования атомной энергии на любых этапах жизненного цикла ядерной техники. Исследования, проведенные в рамках диссертационной работы, выполнены автором в соответствии с Федеральными целевыми программами в области безопасности топливно-энергетического комплекса России, в том числе: «Программы развития атомной энергетики РФ на 1998 – 2005 годы и на период до

2010 года», утвержденной постановлением Правительства РФ № 815, и Федеральной целевой Программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года».

Все вышесказанное определило цель диссертации Семенова С.Г., которая сформулирована следующим образом:

Целью данного диссертационного исследования являлась разработка методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок, основанной на принципах обеспечения радиационной безопасности и ее практическое применение при выполнении работ по выводу из эксплуатации комплекса исследовательских реакторов МР и РФТ в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт».

Для достижения поставленной цели необходимо было решить большой круг научно-практических, технологических, организационно-технических и управленческих задач основными из которых являются следующие:

1. Провести анализ международной и национальной правовой базы, регламентирующей вывод из эксплуатации ИЯР, как основы для разработки методов обеспечения безопасности при проведении этих работ.
2. Провести анализ и аналитическое обобщение состояния технологий демонтажа оборудования ИЯР, накопленного опыта обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) с применением дистанционно-управляемых механизмов (ДУМ).
3. Разработать и научно обосновать основные инструменты методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов, включая методы совместного применения дистанционно-управляемых механизмов и средств дистанционной радиационной диагностики на основе гамма-камер различного типа.
4. Разработать оригинальные стенды для идентификации, оценки активности и фрагментации высокоактивных конструкций и оборудования ИЯР и оценить их эффективность при выполнении практических работ по выводу из эксплуатации реакторов МР и РФТ.
5. Разработать методы для обнаружения отработавшего ядерного топлива в удаляемых конструкциях и оборудовании ИЯР и провести верификацию этих методов при выполнении практических работ по выводу из эксплуатации реакторов МР и РФТ.
6. Разработать и применить на практике экономически эффективные и обеспечивающие минимизацию дозовых нагрузок на персонал технологии обращения с РАО при их сортировке и упаковке в транспортные контейнеры с использованием ДУМ.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что соискателем:

- проведен комплекс исследований, включающий анализ и систематизацию основных документов международной и национальной правовой базы, регламентирующей вывод из эксплуатации ИЯР;
- впервые выявлен и классифицирован ряд важных факторов для технологий вывода из эксплуатации ЯЭУ, и определена степень их влияния на состав и содержание современных технологий демонтажа оборудования ИЯР, обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ);
- на новом качественном уровне изучены общие закономерности, присущие ИЯР на всех этапах подготовки и выполнения работ по выводу исследовательской ядерной техники и установок из эксплуатации;
- впервые системно верифицированы по и обоснованы принципы оптимизации применяемых методов и технологий вывода из эксплуатации ИЯР, сформулированы общая концепция и научные рекомендации для усовершенствования методической исследовательской и технической базы вывода из эксплуатации ИЯР в НИЦ «Курчатовский институт».

Научная ценность данного диссертационного исследования состоит в первую очередь в новой разработке комплекса методов и средств для обнаружения отработавшего ядерного топлива в удаляемых конструкциях и оборудовании ИЯР; в новых технологиях вывода из эксплуатации ЯЭУ, экономически эффективных и обеспечивающих минимизацию дозовых нагрузок на персонал, при обращении с демонтируемыми конструкциями ИЯР, радиоактивными отходами при их сортировке и упаковке в

транспортные контейнеры, а также в усовершенствованной технологии снижения воздушного переноса радиоактивных аэрозолей в процессе демонтажа ядерной техники.

Кроме того, обоснованы новые технические и проектные решения, направленные на снижение рисков для персонала и населения, оптимизации ведения технологических процессов с точки зрения минимизации численности персонала и минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду при всей совокупности работ по выводу из эксплуатации.

Обоснованность и достоверность результатов подтверждаются логичностью строгой полнотой методологии выполнения данного диссертационного исследования, включающие различные методы, учитывающие специфику предмета и объекта изучения. Методы основаны на системном подходе к вопросам обеспечения радиационной безопасности работ по выводу из эксплуатации, в том числе методы расчетного имитационного моделирования. Основной объем информации, представленный в работе, получен методом эмпирического исследования с подробным анализом вероятности, как правильной, так и ошибочной интерпретации измерительной информации.

Практическая ценность результатов диссертационного исследования определяется тем, что применительно к практике проведения экспериментальных исследований для объектов использования атомной энергии они позволили обосновать совокупность методов вывода из эксплуатации ИЯР, основанных на принципах обеспечения радиационной безопасности. Разработанная методология была положена в основу проекта вывода из эксплуатации исследовательских реакторов МР и РФТ и прошла практическую апробацию при выполнении работ, что позволило существенно снизить численность персонала, выполняющего технологические работы, и, соответственно, значительно уменьшить коллективные дозовые нагрузки, в целом минимизировать опасное радиационное воздействие на население и окружающую среду. Применение разработанных методов обеспечило повышение качества и социальную приемлемость гарантий безопасности работ по выводу из эксплуатации реакторов МР и РФТ.

Публичная апробация результатов данного диссертационного исследования обеспечена тем, что основные положения и выводы диссертации докладывались и получили одобрение на международных симпозиумах, отраслевых семинарах, изложены в большом количестве отечественных и зарубежных публикаций.

Личный вклад диссертанта заключается:

- в усовершенствовании и повышении качества методик, принципов и алгоритма проведения работ по выводу из эксплуатации ИЯР,
- в создании концептуальной методологии вывода из эксплуатации ИЯР, основанной на принципах обеспечения радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды;
- в разработке и верификации оригинальных средств и инструментов для реализации методологии вывода из эксплуатации ИЯР в первую очередь методов совместного применения дистанционно-управляемых механизмов и средств дистанционной радиационной диагностики;
- в разработке и реализации технических решений для обнаружения высокоактивных объектов, а также методов измерения загрязнения радионуклидами строительных конструкций;
- в непосредственном участии в планировании, подготовке и проведении экспериментальных исследований по выводу из эксплуатации ИЯР НИЦ «Курчатовский институт».

Положения, выносимые на защиту, сформулированы соискателем ясно и достаточно четко, демонстрируют большой объем полностью выполненных и логически завершенных диссертационных исследований.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 131 наименований. Диссертация изложена на 289 страницах машинописного текста, включающего 100 рисунков и 31 таблицу. Основные результаты диссертационной работы

опубликованы в рецензируемых научных журналах и различных изданиях инженерной и технической литературы. Отметим, что как работы Семенова С.Г., так и сам диссертант широко известны российским и зарубежным исследователям.

Кратко о содержании диссертации.

Во **Введении** (17 страниц) даны краткий, но в то же время емкий обзор современного состояния проблемы и общая характеристика диссертационной работы, обоснована актуальность исследования, сформулированы цель работы и основные задачи. Перечислены результаты, выносимые на защиту, описана новизна и практическая значимость полученных результатов, приведена обширная информация об апробации основных результатов работы.

Первая глава (38 страниц) посвящена обзору достижений при выводе из эксплуатации ИЯР, включающей как успехи в создании правовых, так и методических документов. Здесь же рассмотрены и систематизированы организационно-технические аспекты эксплуатации и вывода из эксплуатации, конструктивные и технологические особенности исследовательских реакторов, основные этапы процедур вывода из эксплуатации исследовательских реакторов. Достаточно полно представлены результаты практического применения методов и технологий демонтажа оборудования исследовательских реакторов, как в России, так и за рубежом.

В качестве недостатка следует отметить, что некоторые параграфы перенасыщены информацией за счет подробного цитирования нормативных документов и известных положений. Поэтому без ущерба для работы эту главу можно было бы сделать более компактной. В то же время следует подчеркнуть важность и обоснованность приведенных выводов.

Вторая глава (страниц 85 страниц) важная и информационная. Глава в основном посвящена радиационно-физическим аспектам проблемы в контексте оптимизации методов способов, объектов и средств радиационного обследования при выводе из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов МР и РФТ.

Наиболее интересные разделы связаны с обоснованием применения и практическим применением методов дистанционной диагностики с применением разработанных измерительных систем, включая использование радиометрической и спектрометрической аппаратуры. Приведены результаты измерения функционалов полей излучения, полученные по оригинальным методикам автора.

Поражает объем проведенных исследований и тот факт, что результаты получены на объектах, являющихся наиболее опасными с точки зрения радиационного воздействия, в стесненных условиях для проведения работ, в условиях формирования полей излучения от различных источников со сложнейшим компонентно-энергетическим составом.

Вторая глава заканчивается основными выводами по анализу факторов, влияющих на точность и качество результатов обследования состояния исследовательских ядерных реакторов НИЦ «Курчатовский институт» на этапе их вывода из эксплуатации. Соискатель отмечает, что наиболее перспективным является оригинальный метод радиационного обследования с использованием современного измерительного оборудования и разработанных приборов: мобильного радиометра «Гамма-Пионер», «Гаммавизора», «Гамма-локатора», спектрометрической системы для сканирования пространства в помещениях и для проведения измерений под водой.

Недостатком (устранимым) является отсутствие процедуры оценки погрешностей измерений с учетом метрологических параметров аппаратуры, а так же процедуры сбора, хранения и представления получаемой информации для Пользователей.

Учитывая большой объем разноплановой информации приведенной в главе 2, следовало бы **дополнить** выводы по главе, связав их положения с решением части поставленных задач.

Третья глава (42 страницы) является ключевой для диссертации, так как раскрывает авторскую методологию вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок. Конкретно содержит:

- основные факторы, подлежащие учету при подготовке к выполнению радиационно-опасных работ при ликвидации ядерной техники;
- общие научные положения методологии вывода из эксплуатации ИЯР.
- уточняет и конкретизирует функцию главного процесса - вывода из эксплуатации ИЯР, на принципах обеспечения радиационной, экологической, промышленной и иной безопасности жизнедеятельности человека.

Иными словами раскрывается информационная суть гипотезы процессно-целевой методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных установок, которая состоит в достижении основной цели - по ликвидации негативных последствий функционирования ИЯР. В том числе за счет минимизации затрат и возможных ущербов при выполнении практических работ, снижении опасного радиационного воздействия на рабочий персонал до минимально возможного уровня, а также управления рисками главного процесса – вывод из эксплуатации исследовательского ядерного реактора.

Далее в главе рассмотрены специфические особенности применения методологии при выборе и практической реализации радиационно-безопасных методов и технологий и ряда важных работ, связанных с выводом из эксплуатации ИЯР.

Выводы акцентируют внимание на важнейших положениях и результатах по главе 3.

Замечание к этой главе следующее: автор показывает укрупненную модель концепции вывода из эксплуатации ИЯР и тем не менее в ней явным образом не выражен принцип постоянного улучшения главного процесса - - вывода из эксплуатации ИЯР.

Четвертая глава (53 страницы) диссертации посвящена примерам и анализу качества предлагаемых методов вывода из эксплуатации ИЯР, при практических работах на различных этапах работы по выводу из эксплуатации ИЯР НИЦ «Курчатовский институт». В первую очередь это относится к этапу радиационного обследования технологических помещений и оборудования, а также при оптимизации применяемых методов по выводу из эксплуатации ИЯР и реализации разработанных технических решений при выполнении работ по выводу из эксплуатации реакторов МР и РФТ.

К данной главе можно сформулировать следующие основные замечания.

1. Неравномерная разбивка материала по разделам, в т.ч. раздел 4.1 - 1 страница, а раздел 4.3 -25 страниц.
2. Не достаточная проработка аспектов обращения и утилизации низко активными отходами, которые могут, например, являться продуктом дезактивации конструкций, спец. одежды и др.

Пятая глава (22 страницы) посвящена описанию основных результатов применения разработанной методологии вывода из эксплуатации ИЯУ и анализу некоторых новых полученных результатов. На практических примерах информация, приведенная в данной главе, является поясняющей основные положения выполнения работы.

В заключение (9 страниц) приводятся развернутые и аргументированные выводы по результатам диссертационной работы Семенова С.Г.

Автореферат в полной мере отражает цели, задачи, основные положения диссертации, полностью соответствует ей по содержанию и выводам.

Выводы, рекомендации, пожелания.

1. Замечания и отдельные недостатки, приведенные выше, не оказывают влияния на научную новизну и практическую значимость диссертационной работы Семенова С.Г.

2. Вероятно, необходимо подумать о создании информационной системы по выводу из эксплуатации ИЯР, с целью распространения полученного и имеющегося опыта на другие подобные объекты, находящиеся на стадии подготовки к выводу из эксплуатации.
3. Кроме того, по результатам работы желательно подготовить и издать учебно-методическое пособие по аспектам вывода из эксплуатации.

На основании изложенных данных считаю, что работа С.Г. Семенова «Разработка научно обоснованной методологии вывода из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов и ее практическое применение», является законченным научным трудом, выполнена на высоком научно-методическом уровне, и имеющей важное практическое значение для обеспечения безопасности персонала, населения и окружающей среды при выводе из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов. Диссертация написана грамотным языком, и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям по техническим дисциплинам. Представленная Семеновым С.Г. работа, по содержанию и форме, отвечает всем критериям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (редакция от 30.07.2014 г.), предъявляемым ВАК Министерства высшего образования и науки России к докторским диссертациям, а ее автор, достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03 - Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Официальный оппонент
д.т.н., профессор

И.А. Енговатов

Подпись И.А. Енговатова заверяю.

Начальник УРП

В.И. Макателемский

Адрес, телефон, e-mail организации
Национальный Исследовательский
Московский Государственный Строительный Университет
129337 Ярославское ш. д.26,
тел. +7(495)781-80-07
E-mail: kanz@mgsu.ru

