

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертацию
Осипова Алексея Михайловича
«Моделирование аварийных процессов с нарушением
теплоотвода в хранилище отработавшего ядерного топлива РБМК»
по специальности 05.14.03 Ядерные энергетические установки, включая
проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Современный подход к безопасности ядерной энергетики предусматривает глубоко эшелонированную защиту от радиации при аварийных ситуациях, включая тяжелые запроектные аварии. Если раньше можно было не рассматривать крайне маловероятные события и аварийные последовательности, то в настоящее время, особенно после аварии на АЭС Фукусима, нормативные документы требуют разработки противоаварийного планирования и управления тяжелыми авариями, независимо от их вероятности.

Хранилище отработавшего топлива РБМК (ХОЯТ) считается относительно безопасным объектом, учитывая достаточно медленное развитие событий в случае аварий. Анализ аварий, как правило, ограничивался рассмотрением управляющих воздействий, переводящих объект в безопасное состояние. Подразумевалось, что тяжелой аварии не может быть в принципе. Такой подход находится в явном противоречии с современными требованиями к обоснованию безопасности. Автор постарался заполнить данный пробел, что свидетельствует об **актуальности** работы.

В первых главах диссертации проведен достаточно подробный анализ материалов, относящейся к предмету исследований (ХОЯТ). Приведено сравнение параметров и условий хранения отработавшего ядерного топлива реакторов РБМК и ВВЭР; обсуждаются основные проблемы расчетного моделирования запроектной аварии с нарушением теплоотвода на ХОЯТ РБМК-1000.

С учетом этого автор проводит подробный анализ современного состояния ХОЯТ Ленинградской АЭС и разрабатывает комплексный подход к анализу аварий, обращая основное внимание на моделирование температурного режима

хранилища с достаточно подробным описанием конструктивных особенностей здания ХОЯТ и детализацией состава бассейнов. Кроме того, при моделировании мобильной противоаварийной техники учитываются ее реальные характеристики, включая компоновку и топологию трубопроводов. Все это в совокупности с разработанной моделью ХОЯТ в среде программы RELAP5 составляет несомненную **научную новизну**. Особо следует отметить, что автор не ограничился только расчетными исследованиями, но и создал экспериментальную установку для изучения процесса испарения в системах с низкими тепловыми потоками, к которым можно отнести и ХОЯТ РБМК, провел измерения, а также разработал математическую модель установки, что позволило проверить адекватность описания процесса испарения. Таким образом, в диссертации отражена важная работа по **валидации** созданной математической модели процессов в экспериментальной установке.

Автор рассмотрел все основные стадии аварий с длительной потерей охлаждения и с обезвоживанием бассейнов ХОЯТ, включая тяжелую фазу разогрева топлива в отсутствие воды, а также возможности перевода ХОЯТ в безопасное контролируемое состояние. В диссертации получены **новые качественные и количественные оценки** эффективности противоаварийных мероприятий при подключении мобильной техники для охлаждения стенок бассейнов. Результаты выполненных расчетных исследований были использованы при подготовке технических обоснований руководств по управлению запроектными авариями (РУЗА) ХОЯТ Ленинградской, Смоленской и Курской АЭС, что подчеркивает **практическую ценность** работы. Созданные расчетные модели являются основой для дальнейших более углубленных исследований аварийных процессов на ХОЯТ. Основные положения диссертации А.М.Осипова могут быть использованы **в учебном процессе** в НИЯУ МИФИ (курс «Динамика и безопасность ядерных реакторов»).

В целом диссертация является законченной научной работой, которая выполнена на высоком научном уровне, изложена на хорошем профессиональном языке. Автор продемонстрировал умение формулировать и решать важные

научные задачи по обеспечению безопасности объектов использования атомной энергии. Ценным его качеством является быстрое освоение и практическое применение современных расчетных кодов (RELAP, ANSYS, СОКПАТ), а также способность проводить экспериментальные исследования, связанные с обоснованием безопасности ОИЯЭ и выполнением процедур верификации и валидации соответствующих программных кодов.

Результаты работы опубликованы в реферируемых журналах, доложены на отраслевых и международных конференциях и семинарах. Их **достоверность** подтверждается применением основных положений классической теории ядерных реакторов, согласием расчетных и экспериментальных данных, кросс-верификацией по разным, в том числе аттестованным, программам, использованием кодов улучшенной оценки, достаточно детальным описанием процессов и физической непротиворечивостью.

По диссертации имеются следующие **замечания**:

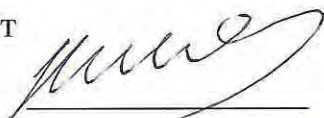
- 1) В работе недостаточно полно освещены методические вопросы применения современных расчетных кодов (RELAP, ANSYS, СОКПАТ), в частности, не рассматриваются области их применимости.
- 2) В тексте заслуженно уделено достаточное внимание образованию водорода в процессе радиолиза при авариях на ХОЯТ, однако формулы для количественной оценки выхода водорода не приводятся.
- 3) Было бы полезным рассмотреть зависимость эффективности противоаварийных мероприятий от количества и технических характеристик отдельных элементов применяемой мобильной техники.

Сделанные замечания не изменяют общую позитивную оценку представленной диссертации. Работа полностью соответствует паспорту специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации и отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автор диссертации Осипов А.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за решение ряда важных задач обеспечения безопасности действующих и снимаемых с эксплуатации АЭС.

Официальный оппонент

д.ф.-м.н., профессор



Н.В.Щукин



Подпись заверяю
ЗАМ. ДИРЕКТОРА ПО
ПЕРСОНАЛУ НИЯУ МИФИ
Л. В. ВАСИЛЬЧЕНКО



15 октября 2020