

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Задорожного Антона Валерьевича** на тему
«Моделирование поведения смешанного нитридного уран-плутониевого топлива под облучением», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность»

В работе проведено усовершенствование твэльного кода БЕРКУТ-У в части моделей поведения СНУП топлива под облучением в быстром реакторе и его валидации на данных послереакторных исследований экспериментальных твэлов со СНУП топливом. Актуальность обусловлена стремительным развитием реакторов на быстрых нейтронах нового поколения, в которых СНУП топливо рассматривается в качестве основного топливного материала, где достоверное моделирование его поведения при облучении является обязательным условием для обоснования работоспособности твэлов и безопасности таких реакторов.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения. В первой главе представлен обзор СНУП топлива: описаны методы его производства, особенности поведения под облучением, а также данные послереакторных исследований экспериментальных твэлов, облученных в реакторах БН-600 и БОР-60; дан краткий обзор по зарубежным (BISON, GERMINAL, TRANSURANUS) и отечественным (ДРАКОН-М, КОРАТ-Конструктор) твэльным кодам-аналогам; отмечена перспективность жидкометаллического подслоя для снижения температуры топлива. Во второй главе представлено описание используемого в данной работе твэльного кода БЕРКУТ-У: его модульной архитектуры, объекта моделирования, входных и выходных данных, а также перечня моделируемых процессов. В третьей главе изложены доработки кода БЕРКУТ-У: учёт открытой и закрытой пористости топлива в моделях распухания и выхода ГПД, а также внедрение модели теплопроводности СНУП топлива, учитывающей влияние выгорания, то есть накопления ПД и образования преципитатов на эффективную теплопроводность. В четвертой главе содержатся результаты валидации кода БЕРКУТ-У на данных послереакторных исследований твэлов со СНУП топливом: показано удовлетворительное согласие расчётных и экспериментальных значений распухания, выхода ГПД и гелия; определены интервалы погрешностей определения этих параметров. В пятой главе исследовано влияние характеристик твэла на его поведение: размер топливного зерна существенно влияет на твердотельное распухание при выгорании $< 1\%$ тяж. ат. и на газовое распухание/выход ГПД; температура топлива усиливает газовое распухание и

выход ГПД; применение жидкометаллического подслоя снижает температуру топлива на 300–400 °С, замедляя распухание и выход ГПД и потенциально увеличивая максимальное выгорание топлива.

Научная новизна и практическая значимость работы заключаются в комплексной модернизации и валидации твэльного кода БЕРКУТ-У – впервые внедрена модель учёта влияния преципитатов теплопроводность СНУП топлива, доработаны модели учитывающие влияние открытой и закрытой пористости на распухание СНУП топлива и выход ГПД и гелия из него, а также выполнена валидация на данных послереакторных исследований экспериментальных твэлов с таким топливом, что позволило повысить точность моделирования поведения твэлов и обеспечить атомную отрасль аттестованным кодом для расчёта работоспособности твэлов в быстрых реакторах с натриевым или свинцовым теплоносителем.

Автореферат содержит достаточный объём информации, чтобы составить целостное и детальное представление о проведённой научно-исследовательской работе и полученных результатах.

По автореферату Задорожного А.В. имеется ряд замечаний:

1. Отсутствует информация о пределах применимости моделей поведения топлива по выгоранию и температуре.
2. Недостаточно полно раскрыт анализ чувствительности разработанных моделей к изменению входных параметров.

Указанные замечания не влияют на общую оценку уровня проведенной работы и не снижают научную и практическую значимость её основных результатов, которые опубликованы в известных рецензируемых журналах и доложены на ведущих российских и международных конференциях.

В результате ознакомления с авторефератом диссертационной работы А.В. Задорожного на тему «Моделирование поведения смешанного нитридного уран-плутониевого топлива под облучением» можно утверждать, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Автореферат диссертации соответствует требованиям Положений ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а его автор, Задорожный Антон Валерьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Ведущий научный сотрудник
АО «ВНИИНМ»,
кандидат технических наук


(подпись, дата)
12.11.2025

Киреев Геннадий Александрович

Наименование организации: Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара» (АО «ВНИИНМ»)

Почтовый адрес: 123098, г. Москва, ул. Рогова, д. 5а

Телефон: 8 (499) 190-82-97

Электронная почта: vniinm@rosatom.ru

Официальный сайт: <https://vniinm.tvel.ru/>

Подпись Киреева Г.А. удостоверяю:

Первый заместитель генерального

директора – директор по развитию

АО «ВНИИНМ»,

кандидат технических наук



Перцев Андрей Анатольевич