

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль: 14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая энергия и сопутствующие технологии, 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность

Школа: Инженерная школа ядерных технологий

Отделение: Отделение ядерно-топливного цикла

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
Оптимизация геометрии и состава активной зоны водо-водяного ядерного реактора малой мощности КЛТ-40С для достижения сверхдлинных кампаний топлива УДК 621.039.536:621.039.536

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А9-43	Белявский С.В.		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беденко С.В.	к.ф-м.н., доцент		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой – руководитель отделения на правах кафедры	Горюнов А.Г.	д.т.н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Нестеров В.Н.	к.т.н.		

Томск – 2023 г.

АННОТАЦИЯ

Научно-квалификационная работа посвящена поиску оптимальных топливной композиции и значения внешнего диаметра тепловыделяющего элемента, обеспечивающих максимальные значения длительности кампании и глубины выгорания реактора КЛТ-40С. Работа состоит введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 128 машинописных страницах текста, включая 61 рисунок, 18 таблиц и 100 библиографических источников.

Ключевые слова: малый модульный реактор, реактор с водяным теплоносителем под давлением, торий-урановый ядерный топливный цикл, уран-плутониевый ядерный топливный цикл, длительность кампании ядерного топлива.

Актуальность: Освоение удаленных территорий на северо-востоке Российской Федерации, располагающихся в зоне децентрализованной энергосистемы, требует надежных источников энергии. Малая ядерная энергетика в лице плавучего энергоблока «Академик Ломоносов» на базе двух реакторных установок КЛТ-40С служит примером таких источников. С 2020 года плавучий энергоблок обеспечивает теплом и электроэнергией г.Певек в Чукотском автономном округе и рассчитан на 3-4 года непрерывной работы, после чего потребуется доставка свежего топлива по воздуху или по морю. Следовательно, время работы до перегрузки топлива (длительность кампании ядерного топлива) – важнейший экономический показатель для атомных станций малой мощности.

Следуя из вышесказанного, **целью работы** является определение состава ядерного топлива и диаметра тепловыделяющего элемента для достижения максимальных значений длительности кампании и глубины выгорания ядерного топлива реактора КЛТ-40С.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Провести аналитический поиск вариантов увеличения длительности кампании ядерного топлива.

2. Оценить потенциальную возможность увеличения длительности кампании ядерного топлива при решении системы многогрупповых уравнений диффузии нейтронов итерационным способом.

3. Определить ключевые параметры теплообмена, показывающие возможность перехода на увеличенную длительность кампании ядерного топлива.

4. Подтвердить возможность перехода на увеличенную длительность кампании ядерного топлива при проведении численного эксперимента в пакете прикладных программ MCU-PTR.

Публикации: по материалам диссертационной работы опубликовано 20 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах первого квартиля (Q1), рекомендованных ВАК РФ и индексируемых базами «Web of Science» и «Scopus».

Структура и объём диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы. Общий объём диссертации составляет 128 машинописных страниц, включая 61 рисунок, 18 таблиц, 100 библиографических источников.

Во **введении** отражена актуальность выбранной темы исследования, охарактеризована степень разработанности, сформированы цели, поставлены задачи, осуществлен выбор методик, сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ состояния атомных станций малой мощности, их назначения, возможных мест применения. Проведена оценка преимуществ и недостатков торий-уранового топливного цикла и его применимости к ядерной энергетике. Сделан вывод о перспективности торий-урановых топливных композиций в малом модульном реакторе КЛТ-40С.

Во второй главе описана методика итерационного решения многогрупповых уравнений диффузии и оценки изменения нуклидного состава при помощи конечно-разностной схемы. Получены зависимости основных

параметров эффективности топливных циклов от внешнего диаметра ТВЭЛ для различных топливных композиций. Определена топливная композиция и внешний диаметр ТВЭЛ, обеспечивающие максимальные значения параметров эффективности топливных циклов.

В третьей главе описана методика теплогидравлического расчёта посредством аналитических соотношений и доказано сохранение теплотехнической надёжности активной зоны при смене состава ядерного топлива и увеличении внешнего диаметра ТВЭЛ.

В четвертой главе описано моделирование нейтронно-физических параметров при помощи метода Монте-Карло и подтверждена возможность увеличения параметров эффективности топливного цикла за счёт перехода на торий-урановую топливную композицию.