

ОТЗЫВ  
на диссертационную работу Белкина Дмитрия Юрьевича  
**«Изотопная очистка теплоносителя промышленного тяжеловодного реактора  
ЛФ-2»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.17.02 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных  
элементов»

Работа Д.Ю. Белкина посвящена решению актуальной эксплуатационной задачи – восстановление качества тяжелой воды, используемой в качестве теплоносителя и замедлителя для промышленного реактора. Эта задача решается за счет:

- депротизацией тяжелой воды для улучшения ядерно-физических свойств активной зоны,
- реализации технических и технологических решений проблем радиационной безопасности за счет детритизации  $D_2O$ .

Текущие потребности в тяжелой воде в связи с отсутствием в России собственного производства из природного сырья удовлетворяются за счет переработки некондиционированного сырья с различным содержаниемдейтерия. Применявшийся метод изотопного обмена водорода с водой, обладает рядом недостатков, в том числе с точки зрения пожаро и взрывоопасности.

Разработка и реализация альтернативного безопасного, надежного и технологически простого в эксплуатации метода ректификации воды под вакуумом являются актуальным направлениями исследований. Это определяет актуальность научной работы и исследований, выполненных на реакторной установке ЛФ-2 ФГУП «ПО Маяк».

При выполнении работы получены следующие результаты:

- Получена база массообменных и гидравлических характеристик насадочных контактных устройств регулярного и нерегулярного типа в процессе ректификации воды под вакуумом.
- Разработана математическая модель расчета каскадов ректификационных установок для депротизаций и детритизации тяжелой воды.
- Проведена оптимизация действующего каскада депротизаций и разработаны предложения по созданию установки детритизации тяжеловодного теплоносителя реактора ЛФ-2 методом ректификации воды под вакуумом.
- Разработана принципиальная схема установки получения тяжелой воды с концентрацией дейтерия 99,8 ат. % из некондиционного тяжеловодного сырья, содержащего 42 ат. %.

Перечисленные результаты обладают несомненной научной новизной и практической значимостью.

Комплекс проведенных расчетных и экспериментальных исследований позволил автору:

- изучить влияние способа упаковки, режима смачивания насадки РЛВН и диаметра колонны на эффективность разделения трех изотопов водорода при ректификации воды под вакуумом,
- получить систематизированную и полную базу данных гидродинамических и массообменных характеристик спирально-призматических и регулярных насадок применительно к условиям процесса вакуумной ректификации воды,

- разработать метод математического моделирования и оптимизации параметров каскадов колонн для разделения бинарных смесей изотопов водорода методом ректификации воды под вакуумом, позволяющий учесть изменение условий разделения по высоте колонны с возможностью варьирования типа контактного устройства в ходе расчета,

- провести расчетную оптимизацию параметров каскада насадочных колонн ректификации воды под вакуумом для поддержания концентрации трития в тяжеловодном замедлителе.

Результаты выполненных исследований позволили автору:

1. Верифицировать разработанную математическую модель расчета установки ректификации воды под вакуумом.

2. Разработать схему модернизации действующего каскада ректификационных колонн депротизации тяжелой воды на установке ЛФ-2.

3. Разработать принципиальную схему и определить технологические параметры для создания установки детритизации тяжелой воды на установке ЛФ-2 методом ректификации воды под вакуумом.

4. Разработать принципиальную схему и определить технологические параметры установки получения тяжелой воды из некондиционного сырья.

Не вызывает сомнений также **достоверность и обоснованность выводов** и результатов работы, которые подтверждены результатами модернизации действующего каскада депротализации тяжеловодного теплоносителя реактора ЛФ-2, что позволило исключить проблемы накопления слабых тяжеловодных сливов на реакторной установке ФГУП «ПО Маяк».

Особую теоретическую значимость имеет разработанная в диссертационной работе математическая модель ректификации воды под вакуумом с учетом гидродинамических и других характеристик контактных устройств. При этом верификация математической модели была проведена сравнением с результатами экспериментальных данных, полученных после модернизации каскада депротализации тяжелой воды.

Основные результаты работы апробированы в докладах на международных и отечественных конференциях. Апробация результатов исследований достаточна.

Личный вклад автора в материалах, вынесенных на защиту, является определяющим.

Вместе с тем необходимо сделать следующее замечание:

1. В основных структурных элементах автореферата, в частности, в «научной новизне» и в «положениях, выносимых на защиту», приведены различные примененные автором методы исследования: расчетное моделирование, эмпирические исследования, расчетно-конструктивный метод с выявлением альтернативного способа решения задачи и прогнозов на перспективу. Целесообразнее вынести данные методы и методологию исследований в отдельный структурный элемент автореферата.

Однако наличие отмеченного недостатка не снижает значимость выполненной работы и не меняет общей положительной оценки.

Название работы отражает содержание и основные полученные результаты. Сформулированная цель в процессе выполнения работы достигнута, решения поставленных задач содержатся в автореферате диссертации, отражены в **положениях, выносимых на защиту и в заключении (выводах)**. Работа носит законченный характер, содержит новые решения актуальной научной задачи,

имеющей важное значение для отечественной атомной энергетики. На основании выполненных исследований разработаны технические решения для успешного проектирования и эксплуатации тяжеловодного промышленного реактора.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

По форме и содержанию представленная диссертация соответствует паспорту специальности 05.17.02 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» и удовлетворяет критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 годы № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Белкин Дмитрий Юрьевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Заместитель директора НИЦ «Курчатовский институт»  
по ядерной, радиационной безопасности  
и эксплуатации ресурсных центров,  
доктор технических наук

А.С. Курский

Подпись официального оппонента Курского Александра Семеновича заверяю  
Главный ученый секретарь НИЦ «Курчатовский институт»

Кандидат физико-математических наук

«29» мая 2017 г.



С.Ю. Стремоухов

Контактная информация:

123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1  
8-499-196-75-10, Kurskiy\_AS@nrcki.ru