ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата химических наук, профессора кафедры «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»

Беренгартена Михаила Георгиевича

на диссертацию **Тхет Мьйо Аунга**

«Получение концентратов стабильных изотопов водорода и кислорода ректификацией воды в пленочном и затопленном режимах»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – «Технология неорганических веществ»

Актуальность темы исследования

Метод ректификации воды традиционно применяется для получения концентратов стабильных изотопов водорода и кислорода. В последние годы появились новые задачи, связанные с ректификацией воды, направленные на получение так называемой «легкой» воды, практически свободной от дейтерия (<100 ppm), применяемой в качестве биологически активной добавки.

Увеличение масштабов производства «легкой» воды методом ректификации требует совершенствования контактных устройств массообменных колонн и поиска рациональных режимов их работы.

Решению этих проблем и посвящено диссертационное исследование Тхет Мьйо Аунга, что и определяет его актуальность.

Анализ содержания работы

Диссертационная работа Тхет Мьйо Аунга состоит из введения, четырех глав, выводов и списка литературы. Общий объем работы составляет 115 страниц машинописного текста, включая 33 рисунка, 24 таблицы, список литературы из 79 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, выполнен анализ состояния проблемы, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна и практическая значимость, сформулированы

основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор подробно анализирует возможности применения ректификации воды для концентрирования различных изотопов водорода и кислорода. Подробно рассмотрены различные варианты контактных устройств массообменных колонн (тарельчатые, нерегулярные и регулярные насадочные), как традиционно применявшиеся, так и сравнительно недавно разработанные и запатентованные.

Большое внимание уделено влиянию равномерности распределения фаз в колонне на эффективность массообмена и гидродинамике противоточных двухфазных потоков в слое насадки. Рассмотрены основные требования к подготовке контактных элементов к проведению ректификации с целью разделения изотопов. Проведен сравнительный анализ эффективности массообмена в режимах затопления и орошения для насадочных колонн.

Автором проанализированы как отечественные, так и зарубежные литературные источники за период с 1950-х годов до 2016 г., в том числе патентные решении по контактным устройствам различного назначения.

На основании анализа литературных данных автор сформулировал основные задачи исследования по детальному изучению ректификации воды пли пленочном орошении и затопленном режиме работы на различных видах насадок.

Во второй главе автор сообщает об основных экспериментальных и расчетных методиках, использованных в исследовании. Для проведения экспериментов была разработана лабораторная установка, позволяющая проводить эксперименты по ректификации в широком диапазоне изменения условий как в пленочном, так и в затопленном режимах.

В третьей главе, по существу являющейся центральной главой диссертации проанализированы основные экспериментальные результаты, полученные автором. Подробно исследованы различные виды предварительной обработки насадок из нержавеющей стали, меди и

алюминия. Показано, что выбор рационального способа травления поверхности позволяет при прочих равных условиях уменьшить высоту эквивалентной теоретической ступени разделения (ВЭТС), а, следовательно, повысить эффективность работы колонны разделения. Аналогичные исследования были проведены автором с целью подбора рационального способа укладки насадки и подбора пускового режима, также позволяющим снизить ВЭТС и увеличить эффективность разделения.

Значительный объем экспериментов проведен автором для изучения гидравлического сопротивления и массообменных характеристик на различных видах насадок при различных величинах давления (вакуума) в колонне и при различной нагрузке по жидкой фазе.

Представляют интерес сопоставление массообменных характеристик для двух режимов – затопленного и пленочного. При этом следует иметь в виду, что надежные данные по ректификации воды для изотопного разделения в затопленном режиме в литературе отсутствуют.

Автор предложил комплексный экономический критерий для сравнения различных насадок и режимов работы – стоимость теоретической ступени разделения при фиксированной производительности и нашел наиболее приемлемые типы насадок.

В четвертой главе рассмотрены примеры реализации изотопного разделения на изученных автором контактных устройствах с целью получения концентрата изотопа кислорода-18 высокой чистоты из его отходов при производстве радиофармпрепаратов и дейтерия высокой чистоты.

В выводах автор обобщает основные положения диссертации:

- о влиянии способа обработки поверхности контактных устройств на достигаемую эффективность изотопного разделения при ректификации воды;
- о влиянии способа загрузки и пускового режима ректификационной колонны на достигаемые кинетические

характеристики контактных устройств;

- о разработанных новых типах высокоэффективных насыпных и структурированных контактных устройств для получения концентратов изотопов водорода и кислорода ректификацией воды, позволяющих достичь высокую разделительную и пропускную способность;
- о преимуществах эмульгационного режима работы перед пленочным, за счет чего можно повысить производительность процесса разделения на 20-50%;
- о новом экономико-технологическом критерии выбора контактных устройств, учитывающим материалоемкость и трудоемкость их изготовления и эксплуатационные затраты;
- о реализации эффективных разделительных установок для получения концентратов высокой чистоты дейтерия и кислорода-18, а также «легкой» воды.

Научная новизна положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

К наиболее важным научным результатам исследования, характеризующим его новизну, могут быть отнесены:

- количественные результаты изучения влияния способов предварительной обработки контактных устройств на эффективность массообмена;
- гидродинамические и массообменные характеристики новых разработанных автором типов нерегулярных и регулярных контактных устройств;
- количественные данные по определению эффективности массообмена в режиме затопления для процесса ректификации воды.

Практическая значимость выводов и рекомендаций, полученных в диссертации

Практическая значимость работы заключается

- в рекомендованных способах предварительной обработки поверхности насадки из разных материалов для проведения процесса ректификации воды с целью изотопного разделения;
- в разработанных новых типах нерегулярных и регулярных контактных устройств для получения концентратов изотопов водорода и кислорода;
- в получении обширной базы данных по гидродинамическим и массообменным характеристикам традиционных и новых контактных устройств с целью их применения для ректификации воды;
- в рекомендациях по использованию эмульгационного режима для ректификации воды.

Достоверность результатов исследований основана на:

- использовании современных методов исследования и средств измерения и контроля;
- использовании стандартных, апробированных в лабораторных и промышленных условиях методик исследования, современных методов анализа и обработки полученных результатов;
- корректном использовании положений теории массопередачи.

Диссертация в целом написана грамотным научным языком, хорошо оформлена. Объем используемых источников по рассматриваемой тематике обеспечивает необходимую глубину изучения проблемы. В работе сделаны необходимые ссылки на работы других авторов, а также выполненные соискателем в соавторстве. Автореферат и публикации автора отражают содержание диссертации, ее основные научные положения, результаты теоретических и экспериментальных исследований и выводы.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации

1. Автор во многих разделах диссертации говорит об оптимальных режимах, оптимальных насадках, оптимизации процесса ректификации. Однако задача оптимизации, определение критериев оптимизации в диссертации не решается.
2. Целесообразно было бы привести и в диссертации, и в автореферате общий список условных обозначений и сокращений.
3. В библиографических ссылках на патенты [35-39, 57-59] правильнее было бы указывать не только названия и номера патентов, но и их авторов, как это сделано, например, для патентов [60-61].
4. При обработке экспериментальных данных в виде графических и эмпирических зависимостей следовало бы указывать доверительные интервалы.
5. Не совсем ясно, как проводилась обработка экспериментальных данных с получением эмпирических регрессионных уравнений на стр. 90 (рис.28).
6. Литературный обзор диссертации занимает значительную ее часть (около 50 стр.) и, на мой взгляд, перегружен общеизвестной информацией.

Сделанные замечания носят, в основном, формальный характер и не снижают ценности выполненного диссертационного исследования.

Диссертационная работа Тхет Мьйо Аунга посвящена актуальной теме совершенствования процесса ректификационного разделения воды с целью получения изотопов водорода и кислорода, содержит новые научные результаты и практические рекомендации.

Автором выполнен большой объем экспериментальных исследований, обосновывающий промышленную применимость предложенных им технологических решений. Работа прошла апробацию на различных отечественных и международных конференциях.

Заключение о соответствии диссертации установленным требованиям

Диссертационное исследование Тхет Мьйо Аунга выполнено на актуальную тему, представляет собой законченную научную работу, имеет теоретическую и практическую значимость.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 6 научных работах (две работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ), апробированы научной общественностью и получили положительную оценку.

Автореферат и публикации соискателя отражают основное содержание диссертации.

Таким образом, проведенный подробный анализ позволяет утверждать, что диссертационная работа Тхет Мьйо Аунга является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, которая представляет собой исследование актуальной темы, характеризуется научной новизной, теоретической и практической значимостью и соответствует паспорту специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ:

Формула специальности:

1. Производственные процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, *изотопы и высокочистые неорганические продукты*, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты .

2. Технологические процессы (химические, физические и механические) изменения состава, состояния, свойств, формы сырья, материала в производстве неорганических продуктов.

Области исследований:

1. Химические и физико-химические основы технологических процессов: химический состав и свойства веществ, термодинамика и кинетика химических и межфазных превращений.

6. Свойства сырья и материалов, закономерности технологических процессов для разработки, технологических расчетов, проектирования

и управления химико-технологическими процессами и производствами.

Диссертация отвечает требованиям п.9, п.10, п.11, п.12, п.13, п.14 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842), а её автор Тхет Мьйо Аунг заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ.

Официальный оппонент _____ Беренгартен Михаил Георгиевич

Профессор, кандидат химических наук,
профессор кафедры «Аппаратурное оформление
и автоматизация технологических производств»
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Московский политехнический университет
(Мосполитех)»
Специальность, по которой защищена
диссертация М.Г. Беренгартена:
05.17.01 – Технология неорганических веществ

Подпись М.Г. Беренгартена заверяю:

ТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
ДЕЛА КАДРОВ
РОНИНА А.А.

«__»_____2018 года

Беренгартен Михаил Георгиевич
125008 Москва, Большая Академическая улица, дом 27 кв. 26
Телефон: +7-9037289787
Адрес электронной почты: berengarten@mail.ru
Место работы: Московский политехнический университет (Мосполитех)
Должность: профессор кафедры АОиАТП
Адрес университета:
107023, Москва, Б. Семеновская 38,
Тел. +7-495-223-0523
mospolytech@mospolytech.ru