

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский
технологический университет»

Прокопов Н.И.



сентября 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» по диссертационной работе **Абсаттарова Артура Ильдаровича** на тему «Разработка энергосберегающих систем разделения углеводородных смесей с низкой температурой кипения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.04 – «Технология органических веществ».

Диссертационная работа выполнена на кафедре химии и технологии основного органического синтеза Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования РТУ МИРЭА, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2015 г. Абсаттаров А.И. окончил Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова с присвоением квалификации инженера по специальности 240401 «Химическая технология органических веществ».

С 15.09.2015 по 14.09.2019 являлся очным аспирантом кафедры химии и технологии основного органического синтеза Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова РТУ МИРЭА.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2020 г. РТУ МИРЭА.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Писаренко Юрий Андрианович является профессором кафедры химии и технологии основного органического синтеза Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова РТУ МИРЭА.

Выписка из протокола № 2 заседания кафедры химии и технологии
основного органического синтеза от 10 сентября 2020 г.

Присутствовали: д.т.н., проф. Фролкова А.К., д.т.н., проф. Тимошенко А.В., д.т.н., проф. Челюскина Т.В., д.т.н., проф. Писаренко Ю.А., к.т.н., доц. Ошанина И.В., к.т.н., доц. Анохина Е.А., к.т.н., доц. Назанский С.Л., к.т.н., доц. Фролкова А.В., к.т.н., Жучков В.И., к.т.н., Рудаков Д.Г., к.т.н., Семенов И.П., асс. Ганина К.Д.

Всего присутствовало 12 человек, из них с правом решающего голоса – 12, из них докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации – 4.

Председатель заседания: Фролкова Алла Константиновна

Секретарь заседания: Ганина Кристина Дмитриевна

Слушали: доклад по диссертационной работе Абсаттарова Артура Ильдаровича на тему «Разработка энергосберегающих систем разделения углеводородных смесей с низкой температурой кипения».

Абсаттаров А.И. изложил основные результаты работы. По докладу были заданы следующие вопросы:

Д.т.н., проф. Тимошенко А.В. Есть гарантии, что предложенная схема лучше? Если схемы уже реализованы, то в чем практическая значимость работы?

Абсаттаров А.И. Близость наших результатов к полученным ранее говорит об адекватности предложенного метода и его применимости для разработки процессов разделения рассматриваемых смесей. В то же время схемы похожи структурно, но отличаются параметрами. Подробное сравнение в 5-ой главе диссертации показывает отличие параметров и пониженные, по сравнению с существующей системой, значения энергетических затрат.

Д.т.н., проф. Тимошенко А.В. Продемонстрирован незначительный эффект сокращения энергетических затрат разработанной системы по сравнению с существующей.

Абсаттаров А.И. Продемонстрировано сокращение затрат без увеличения количества единиц и размеров оборудования. Снижение тепловых затрат на 6 %, с учетом многотоннажности и непрерывности рассматриваемого объекта в целом способствует существенному сокращению тепловых затрат в количественном эквиваленте.

Д.т.н., проф. Тимошенко А.В. Возможно ли полученные оптимальные параметры использовать в существующей системе разделения?

Абсаттаров А.И. Оптимальные параметры установлены для вновь разрабатываемой системы и не могут гарантировать оптимальность для

существующей системы, которая создавалась на основе других принципов и методов.

Д.т.н., проф. Фролкова А.К. В чем новизна критериев оптимизации?

Абсаттаров А.И. Предложенный критерий учитывает особенности организации тепловых потоков между колонной ректификации и блоком подготовки хладагента и, не ограничиваясь только параметрами ректификации, также включает затраты на подготовку хладагентов. Таким образом мы получаем достоверные оценки сопоставляемых параметров и вариантов разделения.

К.т.н. Жучков В.И. Возможно применять предложенный метод для способов получения этилена, альтернативных пиролизу?

Абсаттаров А.И. Да, предложенный метод справедлив для других способов получения этилена, таких как окислительная димеризация метана, окислительное дегидрирование этана и др.

Д.т.н., проф. Тимошенко А.В. Почему в работе не применяли оценку Total annual cost?

Абсаттаров А.И. Оценка по критерию Total annual cost представляет собой трудоемкую процедуру, которая практически неосуществима для сравнения большого количества вариантов системы между собой и не требуется на этапе предпроректной проработки. Взамен этого, в представленной работе сравнение различных вариантов системы разделения продуктов пиролиза проведено по совокупности предложенных критериев оценки энергетических и капитальных затрат, на основе чего проведен выбор оптимальной системы. Подробное сравнение существующей и предложенной в результате применения метода систем разделения проведено по значениям энергетических затрат. Последнее представляется справедливым вследствие одинакового для обеих систем количества единиц ключевого оборудования и сопоставимости его параметров.

Д.т.н., проф. Тимошенко А.В. Какие есть основания полагать, что сумма оптимальных решений после декомпозиции есть глобальное оптимальное решение?

Абсаттаров А.И. Таким основанием является отсутствие обратных связей по материальным и энергетическим потокам между отдельными элементами: обратные связи между секциями пиролиза и разделения учтены при выборе исходной смеси, обратные связи в секции разделения отсутствуют.

Свое мнение о работе высказали:

научный руководитель д.т.н., проф. Писаренко Ю.А., который дал общую

характеристику работы и соискателя;

д.т.н., проф. Фролкова А.К., которая дала общую характеристику работы и описала актуальность работы;

д.т.н., проф. Тимошенко А.В., который дал общую характеристику работы и описал практическую значимость повышения эффективности использования энергии при разработке систем разделения углеводородных смесей.

Все выступившие дали положительную оценку работе и признали её соответствующим требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

По итогам обсуждения докторской диссертации Абсаттарова А.И. «Разработка энергосберегающих систем разделения углеводородных смесей с низкой температурой кипения» принято следующее заключение:

Представленная докторская диссертация является самостоятельно выполненной, законченной научно-исследовательской работой, посвященной разработке энергосберегающих систем разделения углеводородных смесей с низкой температурой кипения.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в докторской диссертации

Автор докторской диссертации принимал непосредственное участие в постановке задач исследования и выборе методов их решения. Им проведена декомпозиция технологической системы разделения смеси с низкой температурой кипения на отдельные последовательно сопряженные между собой материальными и энергетическими элементы. В ходе этого выделены типы элементов, отвечающие различным способам организации тепловых потоков между ректификационной колонной и блоком подготовки хладагента для которых предложены критерии оптимизации. Построено множество вариантов последовательности разделения многокомпонентной смеси, представленные в работе в виде единой суперструктуры. В программном пакете Aspen HYSYS® создана математическая модель суперструктуры, позволяющая одновременно проводить вычисление критерия оптимизации для всего множества элементов системы. Для решения данной задачи стандартные функции программы дополнены разработанными автором корреляционными уравнениями. Разработан алгоритм оптимизации элементов. На его основе проведено сопоставление всех возможных вариантов последовательности разделения многокомпонентной смеси. Вы-

делена последовательность, отвечающая наименьшим значениям энергетических и капитальных затрат.

Степень достоверности результатов проведенных исследований не вызывает сомнений, поскольку при выполнении работы использовался программный комплекс Aspen HYSYS® и адекватные математические модели фазового равновесия. Часть полученных в работе результатов подтверждаются опытными данными, наблюдаемыми в практике эксплуатации промышленных установок.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна результатов, представленных в диссертационном исследовании, состоит в следующем:

1. Предложен научно-обоснованный метод построения, оценки и выбора систем разделения многокомпонентных смесей с низкой температурой кипения, позволяющий устанавливать их структуру и рабочие параметры, обеспечивающие сокращение энергетических затрат.
2. Выделены четыре структурных элемента технологической системы разделения смеси с низкой температурой кипения, отвечающих различной организации тепловых потоков между колонной ректификации и блоком подготовки хладагента, предложен критерий их оптимизации на основе энергетических затрат. Показана возможность использования предложенного критерия для выбора типа элементов технологической системы и определения оптимальных параметров ректификации.
3. Синтезирована суперструктура, включающая все возможные варианты технологических систем разделения смеси из 28 компонентов, характерных для процессов разделения смесей с низкой температурой кипения.
4. Разработан алгоритм оптимизации элементов и построения на основе них оптимальной системы разделения исходной смеси.

Практическая значимость исследования заключается в том, что:

1. На основе разработанного метода создана система разделения продуктов пиролиза, обеспечивающая снижение энергозатрат на ~ 6% по сравнению с показателями системы, соответствующей существующему производству. Последнее подтверждает преимущество предложенного в работе метода по сравнению с его аналогами.
2. Предложенные алгоритм, критерий оптимизации, математическая модель суперструктуры разделения, реализованные в программном пакете Aspen

HYSYS[®], а также построенные автором корреляционные уравнения позволяют проводить одновременную оптимизацию и оценку энергетических затрат множества возможных вариантов разделения смеси компонентов с низкой температурой кипения, оперируя большим массивом данных.

3. Применение разработанного метода и модели позволяет эффективно в короткие сроки решать задачу построения, оценки и выбора систем разделения многокомпонентных смесей с низкой температурой кипения. Результаты работы, оформленные в виде технологических рекомендаций, переданы на производство ООО «СИБУР-Кстово» и могут быть использованы при модернизации существующих и создании новых технологических систем разделения смесей веществ с низкими температурами кипения.

Ценность научных работ соискателя

состоит в разработке научно обоснованного метода построения энергосберегающих систем разделения углеводородных смесей с низкой температурой кипения. В работе впервые представлен критерий оптимизации, учитывающий особенности организации тепловых потоков между колонной ректификации и блоком подготовки хладагента, что позволяет получать достоверные оценки сопоставляемых параметров и вариантов разделения.

Соответствие диссертации требованиям, установленным п.14 «Положения о присуждении ученых степеней»

Диссертация и автореферат Абсаттарова А.И. прошли проверку на наличие неправомерных заимствований в системе «Антиплагиат ВУЗ», в результате которой выявлено, что в диссертации содержится 88,77 % оригинального текста, в автореферате – 91,25 % оригинального текста.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Абсаттарова А.И. соответствует специальности 05.17.04 – Технология органических веществ, а именно следующим областям исследования паспорта данной специальности: разработка технологий производств всей номенклатуры органических продуктов из разных сырьевых источников, математическое моделирование процессов химической технологии, протекающих в реакторах, разделительных и других аппаратах, разработка однородных и разнородных технологических схем выделения целевых продуктов высокой степени чистоты и различных фракций, разработка методов выбора оптимальных технологических схем производства целевых продуктов.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах,
опубликованных соискателем**

Соискатель имеет 6 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 3 статьи в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций («Тонкие химические технологии», «Химическая технология», «Химическая технология органических веществ») и тезисы 2 докладов на научных конференциях. Таким образом, **результаты диссертационной работы отражены в публикациях достаточно полно.**

Основные работы по теме диссертации:

1. *Абсаттаров А.И., Писаренко Ю.А.* Разработка метода выбора оптимальных систем разделения многокомпонентных смесей органических веществ с низкой температурой кипения // Химия и технология органических веществ. 2020. Т. 13. № 1. С. 38
2. *Абсаттаров А.И., Писаренко Ю.А., Семенов И.П.* Разработка критериев оптимизации для процессов разделения низкокипящих газов // Химическая технология. 2019. Т. 20. № 11. С.511.
3. *Абсаттаров А.И., Зеленцова Н.И., Писаренко Ю.А.* Альтернативные методы получения этилена // Конференция по работе производств этилена и бензола 2016: тезисы докл. междунар. конф. Звенигород. 2016. ООО «Маркет Скиппер» журнал Химическая техника. 2016. № 11. С 41.
4. *А.И. Абсаттаров, Ю.А. Писаренко, Н.И. Зеленцова.* Применение сухого газа как источника нефтехимических продуктов // Тонкие химические технологии. 2015. Т.10. № 4. С. 32.
5. *Абсаттаров А.И., Писаренко Ю.А.* Применение новых подходов к поиску оптимальных схем материальных потоков химико-технологических систем // Сборник тезисов XX Международной научно-практической конференции «Химия и химическая технология в XXI веке. Томск – 20-23 мая 2019 г.
6. *Absattarov A., Pisarenko Yu. Ethylene recovery from the bioethanol dehydration products* // Сборник тезисов XVI Международной научно-технической конференции «Наукоемкие химические технологии-2016». Москва – 10-15 октября 2016 г.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа Абсаттарова А.И. отвечает требованиям п. 9 Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», предъявляемым к

кандидатским диссертациям, так как является квалификационной научной работой, в которой автором решена актуальная научно-техническая задача, связанная с разработкой энергосберегающих систем разделения углеводородных смесей с низкой температурой кипения.

2. Диссертация «Разработка энергосберегающих систем разделения углеводородных смесей с низкой температурой кипения» Абсаттарова Артура Ильдаровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.04 – Технология органических веществ в диссертационном совете Д 212.131.08.

Заключение принято на заседании кафедры Процессов и аппаратов химической технологии. Присутствовало на заседании 12 чел. Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 2 от 10 сентября 2020 г.

Фролкова Алла Константиновна
доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой ХТООС

Секретарь заседания,
Ганина Кристина Дмитриевна

ассистент кафедры ХТООС