

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора,
заместителя директора по науке АО Научный центр «Малотоннажная химия»

Бессарабова Аркадия Марковича

о кандидатской диссертации Панкрушиной Аллы Вадимовны
на тему «Моделирование процессов в сложных ректификационных комплексах при
разработке технологии разделения кремнийорганических продуктов» по специальностям
05.17.04 – Технология органических веществ (технические науки) и
05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ (технические науки)

Актуальность. Высокая энергоёмкость процессов ректификации и большое количество возможных путей разделения сложной смеси делает поиск оптимальных путей разделения многокомпонентных смесей актуальной научно-технической задачей. Не менее актуальным является совершенствование методов расчёта сложных колонн с внутренней разделяющей стенкой, позволяющих получать в одном технологическом аппарате более двух конечных продуктов одновременно.

Представленная диссертационная работа Панкрушиной Аллы Вадимовны посвящена модернизации технологии разделения этилхлорсиланов с применением колонн с внутренней разделительной стенкой, вопросам разработки и реализации эффективной процедуры их расчета с применением современных систем компьютерной математики и комплексов моделирующих программ химико-технологических процессов.

Научная новизна. Работа обладает научной новизной, заключающейся в первую очередь в разработке комплекса критериальных уравнений, позволяющих на основании свойств и состава исходной смеси выбрать энергетически оптимальный путь её разделения на индивидуальные компоненты без необходимости выполнять строгий расчёт каждого возможного варианта разделения. Разработанный алгоритм выбора последовательности разделения трехкомпонентных зеотропных систем методом ректификации для условия четкого разделения с использованием критериальных уравнений обеспечивает существенную экономию трудозатрат технологов при решении многих практических задач. Кроме того, автором предложен метод синтеза технологических схем ректификации, включающих колонны с внутренними разделительными стенками.

Практическая ценность выполненных исследований несомненна. Автором на базе вновь разработанных критериальных уравнений создан пакет прикладных программ, позволяющий с минимальными трудозатратами определить энергоэффективный порядок ректификационного разделения зеотропной многокомпонентной смеси. В среде пакета

моделирующих программ ChemCad разработана процедура синтеза специализированной вычислительной модели, позволяющей рассчитывать сложные ректификационные колонны с внутренними разделительными стенками, также разработана и смоделирована схема управления сложными ректификационными колоннами с внутренними разделительными стенками. Кроме того, разработан способ непрерывного разделения смеси этилхлорсиланов, позволяющий существенно сократить энергетические затраты на процесс разделения.

Диссертационная работа Панкрушиной АВ состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, приложений и библиографического списка. Диссертационная работа изложена на 223 страницах машинописного текста, содержит 96 рисунков, 53 таблицы, библиография включает 64 наименования.

В первой главе автором рассмотрены существующие технологии производства и первичного разделения продуктов реакции прямого синтеза этилхлорсиланов и современные подходы к решению вопросов энергосбережения, обоснованные, в частности, теорией обратимой ректификации, и современные компьютерные программные комплексы, позволяющие осуществить моделирование химико-технологических процессов.

Вторая глава посвящена разработке критериального метода, позволяющего на основании знания теплот испарения компонентов и состава исходной смеси осуществить быстрый программный выбор между различными последовательностями разделения трёхкомпонентной смеси на комплексе простых колонн. Панкрушина Алла Вадимовна продемонстрировала эффективность предложенного метода на восьми различных зеотропных смесях, охватывающих вещества разных классов, образующих смеси с различной степенью неидеальности.

Третья глава касается вопроса методологии расчёта колонн с внутренней разделяющей стенкой. Автором продемонстрирована применимость изложенного во второй главе подхода к выбору порядка разделения многокомпонентных смесей для расчёта колонн с внутренней разделяющей стенкой. Также в третьей главе рассмотрена процедура моделирования таких колонн для расчётов как в статическом, так и в динамическом режимах. Для созданной модели рассмотрена работоспособность сложной колонны в условиях непостоянного состава питания.

В четвертой главе рассматривается вопрос модернизации технологии разделения смеси этилхлорсиланов. Выполнено моделирование существующих схем разделения смеси этилхлорсиланов с оптимизацией каждой из ректификационных колонн. На основе разработанного автором алгоритма выбора последовательности разделения определена

оптимальная схема разделения смеси этилхлорсиланов и подготовлена ее компьютерная модель, исходя из технических требований к чистоте конечных продуктов и их физико-химических свойств. Проведен сравнительный анализ рассмотренных вариантов разделения, при условии, что каждый вариант будет оптимизирован по единому критерию - энергетическому.

Выводы по диссертационной работе обоснованы и корректно отражают полученные результаты, достоверность которых не вызывает сомнения.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. В работе получен обширный материал, позволивший создать исходные данные и построить компьютерную модель системы, который было бы целесообразно использовать для построения тренажёра и разработки соответствующих методических материалов.

В целом анализ диссертационной работы Панкрушиной А.В. показывает, что в ней поставлена и решена задача модернизации технологии разделения этилхлорсиланов, разработки методики определения порядка разделения многокомпонентной системы. Рассмотрены методологические подходы к моделированию как самих сложных колонн, так и схемы управления колоннами с различным положением внутренних перегородок.

В то же время к диссертационной работе следует высказать ряд замечаний:

1. Выполненная работа, в частности, касается вопросов методологии расчёта ректификационных колонн с внутренней разделительной стенкой (раздел 3.1-3.3). Однако, на мой взгляд, автор недостаточно внимания уделил описанию существующих в настоящее время методов расчёта таких технологических аппаратов.

2. В разделе 3.4 автором смоделирована схема регулирования сложной колонны с внутренней разделительной стенкой, но не обоснован ее выбор. Также не ясно представленная схема разработана автором или принята как уже известная для аналогичного промышленного объекта?

3. Вторым пунктом научной новизны автор указал алгоритм выбора последовательности разделения трехкомпонентных зеотропных систем методом ректификации и в качестве практической значимости - создание пакета прикладных программ, реализующий этот алгоритм. К сожалению, в тексте диссертационной работы приведена только блок-схема алгоритма без подробного описания и отсутствуют характеристики программного продукта.

4. Автор допускает некоторые терминологические неточности, которые затрудняют понимание диссертационной работы. Например, при одновременном упоминании в предложениях слова «схема» (схема разделения, схема расчета, схема управления - автоматического регулирования).

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненной на современном научно-техническом уровне, и носят, скорее, рекомендательный характер для дальнейшего развития темы исследования.

На основании изложенного выше считаю, что по своей тематике, целям и постановке задач исследования, и полученным результатам работа Панкрушиной А.В. «Моделирование процессов в сложных ректификационных комплексах при разработке технологии разделения кремнийорганических продуктов» полностью соответствует паспортам специальности 05.17.04 - Технология органических веществ и 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Основные положения диссертационной работы отражены в опубликованных работах. Непосредственно по теме диссертационной работы опубликовано 11 работ, в том числе 6 в сборниках научных трудов, и 5 работ в научных журналах, индексируемых в Web of Science, Scopus, РИНЦ, из которых 4 работы опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Таким образом, можно заключить, что работа полностью соответствует критериям, установленным требованиями п. 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы, Панкрушина Алла Вадимовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.17.04 -Технология органических веществ и 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,

заместитель директора по науке АО Научный центр «Малотоннажная химия»

д.т.н., профессор

Бессарабов Аркадий Маркович

Россия, 107564, г. Москва, Ул. Краснобогатырская, д.42, стр.1

Тел. +7(495) 983-58-58

E-mail: bessarabov@nc-mtc.ru

Подпись А. М. Бессарабова удостоверяю:

Заместитель директора по административно-хозяйственной работе

АО Научный центр «Малотоннажная химия»



А.Б. Кузнецов

26.04.2019