

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Чебышевой Анны Михайловны

на тему: «Разработка усовершенствованной сетчатой регулярной насадки для ректификации и исследование ее характеристик»
по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий
на соискание ученой степени кандидата технических наук.

1. Актуальность избранной темы.

Представленная к защите диссертация посвящена актуальной теме – разработке и испытаниям новой сетчатой регулярной насадки с высокими технико-экономическими показателями и созданию новой методики расчета массообменного аппарата. Использование структурированной насадки позволяет существенно повысить интенсивность массообмена в парожидкостной системе, снизить гидравлическое сопротивление ректификационной колонны, повысить пропускную способность аппарата и снизить время пребывания продукта в зоне контакта. Тема диссертации актуальна.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Предложенная усовершенствованная конструкция сетчатой регулярной насадки ГИПХ-10 обладает несомненными преимуществами: развитой удельной поверхностью, большим свободным сечением, низким гидравлическим сопротивлением. Высокие показатели работы новой насадки подтверждены серией экспериментальных исследований на лабораторной и промышленной установках. Выводы о высокой эффективности насадки надежно обоснованы и достоверны.

В ходе исследования растекания жидкости по поверхности сетчатой регулярной насадки ГИПХ-10 использовались надежные классические экспериментальные методы. Результаты исследований, свидетельствующие о высокой равномерности распределения жидкости в слое насадки, обоснованы на конкретном экспериментальном материале. Установлено, что средний коэффициент неравномерности распределения жидкости на насадке ГИПХ-10 в 2,2 раза ниже, чем у листовой регулярной насадки. Достоверно также установлено, что насадка ГИПХ-10 характеризуется симметричностью распределения жидкости, при этом величины локальных коэффициентов неравномерности распределения не превосходят $\pm 0,06\%$. Гидродинамические исследования показали, что жидкость течет по насадке ГИПХ-10 двумя способами: по каналам соприкасающихся гофрированных полос насадки и по углу шеврона. Обосновано, что новая насадка обеспечивает более равномерное распределение жидкости и пара по сечению за счет конструкции шевронной формы, высокой удельной поверхности насадки, а также за счет сетчатого полотняного плетения насадки.

Убедительно показано, что гидравлическое сопротивление новой насадки ГИПХ-10 ниже гидравлического сопротивления известных образцов насадок: Mellapak 250Y, Monts-Pak, кольца Палля.

Надежно обоснованы результаты исследования высоты эквивалентной теоретической тарелки и гидравлического сопротивления сетчатой регулярной насадки ГИПХ-10 от нагрузки в условиях атмосферного давления и вакуума. Исследования проводились в широком диапазоне рабочих параметров и подтвердили данные о высокой интенсивности массообменных процессов в слое насадки при достаточно низких энергозатратах. Установлено, что при разделении смеси циклогексан-гептан в условиях атмосферного давления высота эквивалентной теоретической тарелки (ВЭТТ) для насадки ГИПХ-10 составляет 0,11-0,15 м, что существенно ниже ВЭТТ для зарубежных аналогов из листовых и сетчатых материалов. Массообменные исследования, выполненные на насадке ГИПХ-10 для смеси этилбензол-стирол в условиях вакуума, также показали высокую эффективность предложенной насадки.

Сходимость расчетных и экспериментальных результатов ректификационной очистки смеси целевого продукта, метанола и воды от остаточного триметиламина свидетельствует об обоснованности предложенной методики расчета ВЭТТ для ректификационного аппарата, содержащего ГИПХ-10.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность полученных результатов подтверждается серией экспериментальных исследований массообменных и гидродинамических процессов в слое новой насадки на модельных смесях и смесях метиламинов с использованием современного аналитического оборудования и контрольно-измерительных приборов (в т.ч. газожидкостной хроматографии), а также использованием методов физического и математического моделирования процесса ректификации.

О достоверности выводов и рекомендаций свидетельствует также высокая сходимость результатов экспериментальных исследований с результатами численных расчетов и с литературными данными.

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Автор предложила новую структурированную насадку ГИПХ-10 шевронного типа с минимальным шагом гофрирования 7 мм, которая в 1,5-2,5 раза превосходит сетчатые аналоги по эффективности массообмена при сохранении низкого гидравлического сопротивления слоя насадки. Это имеет большое значение при ректификации термолабильных соединений, а также в случае образования нежелательных побочных продуктов в зоне ректификации.

Разработанная автором методика расчета высоты эквивалентной теоретической тарелки и гидравлического сопротивления слоя насадки достаточно хорошо согласуется с результатами экспериментальных исследований (от-

клонение – до 16%), что позволяет ее применять на практике для расчета массообменных ректификационных колонн.

Автором разработаны важные для практики рекомендации по частоте установки распределительных устройств между слоями насадки ГИПХ-10 в ректификационных колоннах.

В соответствии с успешными результатами экспериментальных испытаний новой насадки ГИПХ-10, ее можно рекомендовать к применению при отгонке остаточного триметиламина в производстве метиламинов.

Предложенные конструкции насадки ГИПХ-10 успешно внедрены на АО «Салаватский химический завод» г. Салават и в производстве филиала «ЦЭНКИ» - НПЦ КРТ.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Разработанная автором новая конструкция насадки типа ГИПХ-10 рекомендуется к применению в промышленных ректификационных колоннах для разделения термолабильных соединений, а также в случае образования нежелательных побочных продуктов в зоне ректификации.

Приведенная в диссертации методика расчета высоты эквивалентной теоретической тарелки для определения эффективности работы ректификационных колонн, оснащенных структурированной насадкой конструкции ГИПХ-10, рекомендуется к применению при создании новых ресурсосберегающих производств химической и нефтехимической отраслей промышленности.

Предложенные автором рекомендации по установке распределительных устройств по высоте слоя насадки ГИПХ-10, а также экспериментально определенный в процессе захлебывания эмпирический коэффициент фактора формы насадки могут быть использованы при проектировании ректификационной колонны отгонки остаточного триметиламина.

6. Оценка содержания диссертации, ее завершенности.

Диссертация выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном научном уровне. Диссертация изложена на 127 машинописных страницах. Она состоит из введения, 7 глав исследований, обсуждения результатов, заключения, выводов, практических рекомендаций, перечня сокращений и списка литературы, включающего 85 источников (отечественных и зарубежных авторов). Работа иллюстрирована 39 рисунками и 14 таблицами. Диссертация написана хорошим научным языком. Работе присуща внутренняя целостность и завершенность.

Первая глава посвящена обзору литературных данных о конструкциях контактных устройств массообменных колонных аппаратов, произведена оценка применимости известных зависимостей для расчета массообменных характеристик регулярных насадок.

Во второй главе отражена конструкция новой структурированной насадки ГИПХ-10, а также методика (алгоритм) конструирования новой насадки, приведены основные эксплуатационные характеристики насадки.

В третьей главе приведена методика расчета ВЭТТ, учитывающая коэффициент фактора формы, определяемый экспериментально.

В четвертой главе описаны лабораторные установки для гидродинамических и массообменных исследований насадки ГИПХ-10.

В пятой главе приведены результаты экспериментального исследования равномерности растекания жидкости в слое структурированной насадки ГИПХ-10.

В шестой главе описаны результаты гидродинамических и массообменных исследований новой насадки ГИПХ-10 и выполнено сравнение показателей новой насадки с характеристиками известных регулярных насадок отечественных и зарубежных производителей.

В седьмой главе диссертации рассмотрен вопрос масштабирования полученных результатов.

Выводы и практические рекомендации логично вытекают из содержания работы и решают поставленные задачи с достижением цели работы.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом.

Принципиальных замечаний по оформлению и содержанию диссертации и автореферата нет. В диссертационной работе встречаются технические погрешности и опечатки, стилистические неточности, в целом не влияющие на общую положительную оценку.

При анализе диссертации возникло несколько замечаний и вопросов:

1. На стр. 14 автореферата и на стр. 101 диссертации отмечается, что содержание триметиламина в кубовой жидкости колонны К-3 не превышает 0,2 мас. %, однако в табл. 3 на стр. 15 автореферата и в табл. 7.7 на стр. 102 диссертации указано, что при некоторых режимах концентрация триметиламина в несколько раз превышает значение 0,2 мас.%. Как это объяснить?

2. В таблице 2 на стр. 14 автореферата не указан процентный состав потока №4 в ректификационной колонне, хотя этот параметр указан для других потоков.

3. Считаю, что на стр. 11 автореферата и на стр. 88 диссертации необходимо было указать, при какой концентрации компонентов в исходной смеси циклогексан-гептан проводились эксперименты по определению ВЭТТ в условиях атмосферного давления, поскольку концентрация является важным фактором процесса.

4. Из рисунков 5 и 7 автореферата, а также из рисунков 6.3 и 6.7 диссертации можно увидеть, что гидравлическое сопротивление новой насадки ГИПХ-10 в режиме орошения (рисунок 7 автореферата) несколько меньше гидравлического сопротивления сухой насадки (рисунок 5 автореферата). Чем это можно объяснить?

5. В тексте автореферата нет ссылки на таблицу 3 на стр. 15 автореферата.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Таким образом, диссертация Чебышевой Анны Михайловны является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует паспорту специальности 2.6.13. – Процессы и аппараты химических технологий и отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Считаю, что автор диссертационной работы Чебышева Анна Михайловна полностью заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. – Процессы и аппараты химических технологий.

Официальный оппонент,
доктор технических наук по специальности
05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий,
доцент, проректор, профессор кафедры машин и аппаратов
химических производств,
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ангарский государственный
технический университет»,
почтовый адрес: 665835, Иркутская область, г.Ангарск, квартал 85а, дом 5,
телефон: 89246216080,
email: nir@angtu.ru.

Бальчугов Алексей Валерьевич

28.07.2025.

Подпись Бальчугова Алексея Валерьевича заверяю:

Ректор федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Ангарский государственный
технический университет»

Бадеников Артем Викторович