



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(Московский Политех)

Б.Семеновская ул., д.38, Москва, 107023
Тел.+7 495 223 05 23, Факс +7 499 785 62 24
www.mospolytech.ru | E-mail: mospolytech@mospolytech.ru
ОКПО 04350607, ОГРН 1167746817810,
ИНН/КПП 7719455553/771901001

Проректор по научной работе

А.Ю. Наливайко

«2» августа 2025 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации о научно-практической ценности диссертации
ЧЕБЫШЕВОЙ Анны Михайловны**

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

Актуальность работы диссертанта определяется необходимостью решения задач повышения энерго- и ресурсоэффективности производств химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, фармацевтической, пищевой и смежных отраслей промышленности, так как процесс ректификации является одним из наиболее употребляемых процессов эффективного разделения исходных и продуктовых смесей в промышленных производствах этих отраслей.

Несмотря на то, что первые контактные устройства для массообменных процессов – кольца Рашига – впервые были применены еще в конце XIX века, активные работы по поиску более совершенных регулярных и нерегулярных контактных устройств активно ведется многими отечественными и зарубежными исследователями и работа А.М. Чебышевой вносит свой вклад в эти несомненно важные разработки.

Целью диссертационной работы являлось усовершенствование конструкции сетчатой регулярной насадки с шевронным гофрированием для повышения эффективности массообмена, а также разработка методики расчета колонных аппаратов для ректификации, оснащенных насадкой новой конструкции.

Научная новизна работы заключается

- в экспериментальном определении основных гидродинамических и массообменных характеристики регулярной предложенной автором новой конструкции сетчатой насадки конструкции ГИПХ-10;

- в разработке методики расчета высоты эквивалентной теоретической тарелки и гидравлического сопротивления колонных аппаратов, оснащенных насадкой ГИПХ-10;

- в разработке рекомендаций по конструкции ректификационной колонны для отгонки остаточного триметиламина в производстве метиламинов, оснащенной сетчатой регулярной насадкой ГИПХ-10.

Проведенные экспериментальные исследования насадки ГИПХ-10 на модельных смесях и смесях метиламинов показали, что по эффективности она превосходит свои отечественные и зарубежные аналоги. Это связано с более равномерным распределением жидкости и пара по сечению насадки за счет конструкции шевронной формы и большей удельной поверхности насадки, а также благодаря ее хорошей смачиваемости ввиду сетчатого полотняного плетения насадки. На основе разработанной методики расчета выданы рекомендации по созданию колонных аппаратов, оснащенных регулярной насадкой конструкции ГИПХ-10, для ряда опытных, опытно-промышленных и промышленных производств.

Теоретическая и практическая значимость результатов работы заключается в том, что проведенные экспериментальные исследования насадки ГИПХ-10 на модельных смесях и смесях метиламинов показали, что по эффективности она превосходит свои отечественные и зарубежные аналоги, что объясняется более равномерным распределением жидкости и пара по сечению насадки за счет конструкции шевронной формы и большей удельной поверхности насадки, а также благодаря ее хорошей смачиваемости ввиду сетчатого полотняного плетения насадки. На основе разработанной методики расчета выданы рекомендации по созданию колонных аппаратов, оснащенных регулярной насадкой конструкции ГИПХ-10, для ряда опытных, опытно-промышленных и промышленных производств.

Результаты работы внедрены в филиале АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» («ЦЭНКИ») – научно-производственном центре обеспечения компонентами ракетных топлив «НПЦ КРТ» (поселок городского типа Дальнее Константиново) и на АО «Салаватский химический завод» и могут быть рекомендованы для внедрения на других предприятиях отрасли, выпускающих диметиламин. Можно рекомендовать продолжение проведенных исследований в научных центрах корпорации «Ростех».

Личный вклад автора состоит в планировании и проведении экспериментальных исследований и обобщении полученных результатов. Все результаты работы получены при непосредственном участии автора, либо лично автором.

Достоверность полученных результатов основывается на корректном использовании методов науки о процессах и аппаратах химической технологии и теории подобия. Экспериментальные результаты получены с использованием

современного лабораторного оборудования и общепризнанных методик их обработки. Адекватность математических описаний ходу реального процесса подтверждена сопоставлением с экспериментальными данными.

Тема и содержание диссертации соответствуют пунктам 4, 5 паспорта научной специальности 2.6.13. – Процессы и аппараты химических технологий:

4) Способы, приемы, методология исследования химических, тепловых, массообменных и совмещенных процессов, совершенствование их аппаратного оформления;

5) Способы, приемы, методология исследования химических процессов, протекающих в условиях взаимного влияния на них гидродинамики и тепломассообмена, совершенствование их аппаратного оформления.

Диссертационная работа А.М. Чебышевой хорошо структурирована, обладает внутренним единством и содержит новые научно-экспериментальные результаты, что свидетельствует о значительном вкладе автора в развитие научной и практической базы исследований в области процессов и аппаратов химической технологии.

По работе имеются некоторые замечания.

1. На стр. 9 утверждается, что «Когда концентрации перенесенного компонента в обеих фазах становятся равными, создается фазовое равновесие». В действительности фазовое равновесие возникает при равенстве термодинамических потенциалов двух фаз, или при равенстве скоростей переноса компонента из одной фазы в другую и в обратную сторону.
2. На стр. 45 утверждается, что «Модернизация и замена контактных устройств существующих колонн в ряде промышленных производств на регулярную насадку ГИПХ, повысила эффективность колонных аппаратов в 3-12 раз». Непонятно при этом, что понимается под эффективностью колонного аппарата и как она количественно оценивается.
3. Непонятно выражение на стр. 46: «при очистке от воздуха от углекислого газа и сероводорода».
4. На стр. 28 и 46 говорится о «молибденистой стали». Общепринятым является термин «молибденовая сталь».
5. На стр. 49 говорится об «уравнениях критериев подобия 1.39-1.41». Автор своеобразно толкует понятия теории подобия. Критерий подобия — это безразмерная величина, составленная из размерных физических параметров, которые определяют рассматриваемое физическое явление. Формула для расчета критерия числа подобия не является уравнением.
6. Непонятно, с какой целью на стр. 52 предлагается использовать внесистемную единицу «дюйм» при определении «фактора формы насадки». При этом фактор формы насадки в соответствии с уравнением 3.14 оказывается размерной

величиной, измеряемой в «дюйм^{0,1}». Традиционно фактор формы насадки рассматривается как безразмерная величины, например, равная отношению поверхности шара к поверхности элемента насадки при условии равенства их объёмов.

7. С какой целью на стр. 66 опять вводится внесистемная единица для измерения давления (вакуума) – мм.рт.ст.
8. Непонятно утверждение на стр. 59: «Удельная поверхность сетки насадки для сетки номинальным диаметром проволоки 0,24 мм составляет $S_{уд} = 1,03 \text{ кг/м}^2$ ».
9. Непонятно выражение на стр. 59: «Формула (4.5) учитывает обе омываемые поверхности насадки». О каких «двух поверхностях насадки» идет речь?
10. В главах 5 и 6 описываются лабораторные эксперименты на колоннах с диаметром 50 и 32 мм. Насколько правомерен масштабный переход от этих результатов на промышленные колонны.
11. Создается впечатление, что данные по зависимости ВЭТТ от F-фактора, приведенные на рис. 6.5 (стр. 88), плохо совпадают с аналогичными данными для той же колонны диаметром 5 см на рисунке 6.2 (стр.81). То же можно сказать и о сопоставлении рисунка 6.4. (стр. 87) и рисунка 6.7 (стр. 90), на которых приведены зависимости гидравлического сопротивления от F-фактора. Была ли сделана попытка как-то аппроксимировать полученные зависимости ВЭТТ от F-фактора с учетом достаточно большого разброса экспериментальных данных, особенно на рисунке 6.2. Есть ли какой-то физический смысл в этих зависимостях и для чего они были получены?
12. Не понятен смысл фразы на стр. 92: «Основой технологии получения метиламинов является процесс каталитического аминирования метанола аммиаком в паровой фазе дегидрирующем на катализаторе».
13. Целесообразно было бы в начале работы привести общий список условных обозначений.
14. Неудачным является выражение на стр. 22 и 23 «была придумана конструкция».
15. В работе имеются синтаксические и орфографические ошибки.

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки работы. Диссертационная работа Чебышевой Анны Михайловны является законченным самостоятельно выполненным научно-квалификационным исследованием, в котором автором решена актуальная научно-техническая задача, имеющая значение для усовершенствования существующих контактных устройств, повышающих эффективность массообмена и разработана методики расчета колонных аппаратов для ректификации, оснащенных насадкой новой конструкции.

Результаты исследований в достаточной степени апробированы в докладах на научных конференциях и в научных журналах. Основное содержание диссертации

полностью изложено в 10 печатных работах по теме диссертации, в том числе 5 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, 4 тезисах докладов всероссийских конференций, 1 патенте РФ.

Автореферат диссертации оформлен в соответствии с установленными требованиями, и полностью отражает содержание диссертации, включает в себя цели и задачи исследования, научной новизны, практической значимости и основные выводы.

По актуальности избранной темы, научной новизне, степени обоснованности, достоверности полученных результатов, выводов и рекомендаций, значимости для усовершенствования существующих контактных устройств, повышающих эффективность массообмена, апробации основных результатов в научных изданиях, личному вкладу автора диссертационное исследование Чебышевой Анны Михайловны на тему «Разработка усовершенствованной сетчатой регулярной насадки для ректификации и исследование ее характеристик» выполнено на высоком уровне, соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Чебышева Анна Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий.

Отзыв составили кандидат химических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, профессор кафедры «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М.Б. Генералова» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» Беренгартен Михаил Георгиевич и доктор технических наук, профессор кафедры «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М.Б. Генералова» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет» Архангельский Вадим Юрьевич.

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М.Б. Генералова» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», протокол от 14.08.2025 № 75 (в обсуждении приняли участие 18 специалистов, в том числе 14 кандидатов и 4 доктора наук).

Отзыв составили

профессор кафедры
«АОиАТП им.проф.М.Б. Генералова»
ФГАОУ ВО «Мосполитех»,
кандидат химических наук, профессор
профессор кафедры
«АОиАТП им.проф.М.Б. Генералова»
ФГАОУ ВО «Мосполитех»,
доктор технических наук, профессор

Беренгартен
Михаил Георгиевич

Архангельский
Вадим Юрьевич

Заведующий кафедрой
«АОиАТП им.проф.М.Б. Генералова»
ФГАОУ ВО «Мосполитех»,
кандидат технических наук

Кирсанов
Андрей Сергеевич

Подписи Беренгартена М.Г., Архангельского В.Ю. и Кирсанова А.С.

заверяю:

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.

25.08.2025г.

Адрес ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»:
107023, Москва
ул. Большая Семёновская, 38
e-mail: mospolytech@mospolytech.ru
<http://www.mospolytech.ru>