

«УТВЕРЖДАЮ»

**Ректор Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Ярославский
государственный технический университет»**



Е.О. Степанова

2024

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Муллабаева Камиля Азаматовича** по теме
**«Особенности гидродинамики распределительных устройств в
насадочных экстракционных аппаратах»**, выполненную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий»

На отзыв представлена сама диссертационная работа, выполненная на 204 страницах машинописного текста, и ее автореферат на 24 страницах.

Структура изложения материала в обеих работах традиционна для технических научных диссертаций. Для диссертации это введение, 4 главы основного текста, заключение, список литературы и приложения. Обе работы написаны технически и стилистически грамотно, текстовая часть сбалансирована с рисунками, графиками, таблицами и формулами.

1. Актуальность темы выполненной работы

Диссертация **Муллабаева Камиля Азаматовича** посвящена исследованию гидродинамики внутренних устройств насадочных экстракционных колонн – распределителей дисперсной фазы и перераспределителей жидкости.

Эффективность работы распределительных и перераспределительных устройств оказывает существенное влияние на эффективность работы насадочных экстракционных аппаратов в целом. Равномерное распределение сплошной и дисперсной фаз способствует наиболее полному раскрытию межфазной поверхности внутри насадочного слоя, а также минимизации застойных зон в экстракционном аппарате, что благоприятно влияет на процесс массообмена. От того, насколько эффективно работает экстракционная колонна, зависит требуемый расход растворителя для

достижения требуемой степени извлечения и требуемого качества продуктов, что напрямую определяет уровень энергетических затрат, необходимых для регенерации растворителя. Поскольку разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий в нефтяной промышленности является одной из ключевых задач современной науки, исследование работы распределительных и перераспределительных устройств в насадочных экстракционных аппаратах обладают высокой степенью актуальности.

В своей работе акцентирует внимание на применении современных методов компьютерного моделирования процессов и аппаратов, что на сегодняшний день также является актуальным направлением исследования. В частности использованы такие мощные средства CFD-моделирования как ANSYS FLUENT и ANSYS CFX, для разработки трехмерных моделей внутренних устройств использован CAD-пакет SOLIDWORKS.

2. Степень разработанности темы исследования

Анализ приведенного в работе списка литературы показал, что среди 167 источников более 100 являются современными (опубликованными за последние 20 лет), имеется 16 ссылок на статьи зарубежных ученых, посвященные исследованию процессов распределения, в том числе с применением средств CFD-моделирования. Более 30 источников содержат информацию о принципах CFD-моделирования многофазных течений, большинство из которых являются зарубежными.

Анализ литературных источников показал, что при наличии различных экспериментальных методов определения равномерности распределения как жидкости, так и газа, практически отсутствуют подходы к количественной оценке равномерности распределения потоков в аппарате методами компьютерного моделирования.

При разработке энерго- и ресурсосберегающих технологий в процессах жидкостной экстракции в гравитационных экстракторах в настоящее время основное внимание сосредоточено на разработке эффективных контактных устройств, таких как тарелки и насадки, при этом исследования внутренних распределительных устройств, таких как распределители дисперсной фазы и перераспределители жидкости зачастую остаются без должного внимания со стороны исследователей. Большая часть рекомендаций по проектированию и гидродинамических характеристик относится к распределительным устройствам для скрубберов, абсорбционных и ректификационных колонн, где происходит взаимодействие жидкости с потоком газа или пара; для систем «жидкость-

жидкость» гидродинамика распределительных устройств изучена недостаточно.

В соответствии с этим автором четко поставлены задачи исследования, включающие разработку методов оценки равномерности распределения фаз в колонных аппаратах, анализ работы распределительных и перераспределительных устройств применительно к системам «жидкость-жидкость», а также разработку конструктивных решений по распределителям дисперсной фазы и перераспределителям жидкости в насадочных экстракторах.

3. Значимость для науки результатов диссертационных исследований, полученных автором.

1. Автором предложены расчетные показатели для количественной оценки равномерности распределения сплошной и дисперсной фаз в экстракционных аппаратах, на основе которых разработана методика оценки равномерности распределения фаз в распределительных и перераспределительных устройствах. Предложенная методика позволяет провести сравнительную оценку эффективности работы распределительных устройств различной конструкции (чем выше значения функций эффективности распределения сплошной и дисперсной фаз $\Phi(U)$ и $\Phi(\varphi)$ и чем ниже интенсивность обратного перемешивания сплошной фазы $I_{\text{ВМ}}$, тем эффективнее работает распределительное устройство). Таким образом, с применением данной методики появляется возможность оптимизации конструктивных решений по внутренним распределительным устройствам для обеспечения максимальной эффективности распределения сплошной и дисперсной фазы в экстракционном аппарате при заданных условиях.

2. Показано, что для систем «жидкость-жидкость» эффективность распределения дисперсной фазы в трубчатом распределителе может быть увеличена путем кратковременного перехода в развитый струйный режим с последующим возвратом в рабочий режим. Второй пункт научной новизны имеет ценность ввиду того, что методами CFD-анализа обоснована причина недостаточного распределения дисперсной фазы в трубчатом распределителе при низких скоростях дисперсной фазы, вызванная наличием невытесненного объема сплошной фазы в боковых трубках. Автором также были определены условия, при которых возможно увеличение эффективности распределения дисперсной фазы за счет кратковременного

перехода в развитый струйный режим с последующим возвратом в рабочий режим.

3. Получены зависимости показателей эффективности распределения сплошной и дисперсной фаз от конструктивных параметров перераспределительных тарелок при фиксированных жидкостных нагрузках в экстракционном аппарате. Третий пункт научной новизны имеет особый интерес, поскольку автор при помощи методов CFD-анализа и предложенной методики оценки равномерности распределения потоков провел анализ влияния различных вариантов конструкций перераспределительных тарелок на эффективность распределения сплошной и дисперсной фазы. В диссертационной работе Муллабаевым К.А. обоснован экстремальный характер полученных зависимостей функции эффективности распределения сплошной фазы $\Phi(U)$ от взаимного расположения соседних патрубков для прохода сплошной фазы, а также от конфигурации шляпки над патрубками.

4. Значимость для производства результатов диссертационных исследований, полученных автором.

1. Выданы рекомендации по проектированию трубчатых распределителей дисперсной фазы в насадочных экстракторах, а именно определено требуемое соотношение площади поперечного сечения всех отверстий в боковой трубке и площади поперечного сечения боковой трубки, при котором обеспечивается равномерность распределения потока на уровне не ниже 90 %.

2. Определены диапазоны изменения нагрузок в трубчатых распределителях дисперсной фазы, функционирующих в системах «жидкость-жидкость», при различном соотношении сечения боковой трубки и сечения всех отверстий.

3. Выданы рекомендации по конструированию перераспределительных тарелок в насадочных экстракторах. Рекомендации включают в себя такие параметры конструкции, как расположение патрубков относительно друг друга и их количества, взаимное расположение отверстий и патрубков, конфигурация шляпок над патрубками. На основе рекомендаций разработана программа для подбора распределительных устройств для насадочных экстракционных колонн. Имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

4. Разработаны конструкции трубчатого распределителя дисперсной фазы и перераспределителя жидкости, предназначенные главным образом

для использования в процессах взаимодействия в системах «жидкость-жидкость». Предложенные конструкции распределительных устройств защищены патентами РФ (1 патент на изобретение и 1 патент на полезную модель).

5. Получен акт внедрения исследуемых распределительных устройств в двух насадочных экстракционных колоннах (колонна аминовой очистки СУГ К-6, колонна щелочной демеркаптанализации СУГ К-8) блока получения сжиженных углеводородных газов установки ЭЛОУ-АВТ-2,5(II) АО «Новошахтинский завод нефтепродуктов».

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные конструкции распределителя дисперсной фазы и перераспределителя жидкости могут быть применены в экстракционных колоннах на предприятиях нефтепереработки: ПАО «Газпром нефть» – Московский НПЗ, Омский НПЗ; ПАО НК «Роснефть» – заводы Новойл, Уфанефтехим, Куйбышевский НПЗ, Ангарская нефтехимическая компания, ПАО «Славнефть-ЯНОС; на нефтехимических предприятиях:» ПАО «Уфаоргсинтез», ПАО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»; на предприятиях газопереработки: Астраханский ГПЗ, Оренбургский ГПЗ, Уренгойский ЗПКТ, Амурский ГПЗ.

Результаты диссертационного исследования могут применяться при проектировании экстракционных колонн такими проектными институтами, как ООО «НИПИ НГ «Петон», ООО «Башгипронефтехим».

6. Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Муллабаевым К.А. опубликовано 22 работы по теме диссертации, из них 5 статей опубликовано в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных ВАК (из них 2 статьи в журнале, индексируемом в международной базе Scopus), 1 учебное пособие, 11 работ опубликовано в материалах различных научных-технических конференций, получено 2 патента РФ (1 на изобретение и 1 на полезную модель), а также 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

При рассмотрении диссертации Муллабаева Камиля Азаматовича имеются вопросы и замечания:

1. Чем объясняется различие в методах оценки адекватности математической модели истечения дисперсной фазы (подраздел 3.1.3) и математической модели для перераспределителей жидкости (подраздел 4.1.1)?

2. При определении требуемого диаметра боковых трубок и исследовании диапазона эффективной работы распределителей дисперсной фазы (разделы 3.4 и 3.5) достаточной эффективности распределения соответствовало значение показателя $\Phi = 0,90$. В работе следовало пояснить, почему для достаточной эффективности распределения было принято условие $\Phi \geq 0,90$.

3. Почему анализ работы перераспределительных тарелок проводился при удельной нагрузке по сплошной фазе около $34 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, а сравнительный анализ работы предлагаемого перераспределителя жидкости и типовой конструкции перераспределительной тарелки проводился уже при увеличенной удельной нагрузке по сплошной фазе до $69 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$?

4. В подразделе 2.2.4.2 при расшифровке обозначений формулы 2.14 имеются некорректные ссылки: вместо ссылки на формулу 2.9 должна быть ссылка на формулу 2.11, а вместо ссылки на формулу 2.11 должна быть ссылка на формулу 2.13.

Указанные вопросы и замечания не являются принципиальными и не снижают общую ценность диссертационной работы.

7. Заключение

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой. Основные результаты исследований достаточно полно представлены в публикациях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, базу Scopus, а также на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

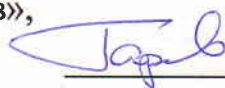
Автореферат по содержанию соответствует диссертации и отражает основные положения и выводы, выносимые на защиту.

По уровню актуальности, достигнутой цели и решенных задач, научной новизны, теоретической и практической ценности, апробации и публикаций, компьютерного моделирования сложных гидродинамических процессов в распределительных и перераспределительных устройствах насадочных экстракционных аппаратов работа Муллабаева К.А. соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ от

21.04.2016 № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий».

Доклад соискателя был заслушан и обсужден на совместном расширенном заседании кафедры «Химическая технология органических веществ» и кафедры «Технологические машины и оборудование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный технический университет», протокол № 6 от «23» апреля 2024 г.

Зав. кафедрой «Химическая
технология органических веществ»,
д.х.н. (05.17.04), профессор



Тарасов Алексей Валерьевич

Зав. кафедрой «Технологические
машины и оборудование»,
к.т.н. (05.17.08), профессор



Гуданов Илья Сергеевич

Профессор кафедры
«Технологические машины и
оборудование», д.т.н. (05.17.08)



Лебедев Антон Евгеньевич

Директор Института химии и
химической технологии,
к.х.н. (05.17.04), доцент



Рыбина Галина Викторовна

Адрес: 150023, Российская Федерация, г. Ярославль, Московский проспект, дом 88
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»,
Телефон: +7 (910) 976-72-15
E-mail: rybinagv@ystu.ru

Подпись Тарасова А.Е., Гуданова И.С., Лебедева А.Е., Рыбиной Г.В. заверяю

Начальник УП ЯГТУ




М.А. Андрейчева