

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.428.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 мая 2024 г. № 6

О присуждении Муллабаеву Камилю Азаматовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Особенности гидродинамики распределительных устройств в насадочных экстракционных аппаратах» по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий» принята к защите 20 марта 2024 г., протокол № 5 диссертационным советом 24.2.428.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ (450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, № 105/нк от 11 апреля 2012г.).

Соискатель Муллабаев Камиль Азаматович 1995 года рождения.

В 2019 г. окончил с отличием магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология».

В 2023 г. окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский

государственный нефтяной технический университет» по направлению подготовки 18.06.01 «Химическая технология».

Работает в ООО «Научно-исследовательский проектный институт нефти и газа «Петон» в должности ведущего инженера-технолога группы по расчету и подбору внутренних устройств отдела массообменного оборудования службы главного технолога.

Диссертация выполнена на кафедре «Нефтехимия и химическая технология» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Чуракова Светлана Константиновна работает профессором базовой кафедры «Моделирование и проектирование процессов и аппаратов химической технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Официальные оппоненты:

Чесноков Юрий Георгиевич – доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», профессор кафедры процессов и аппаратов;

Меренцов Николай Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», доцент кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой «Химическая технология органических веществ», доктором химических наук, профессором Тарасовым Алексеем Валерьевичем; заведующим

кафедрой «Технологические машины и оборудование», кандидатом технических наук, профессором Гудановым Ильей Сергеевичем; профессором кафедры «Технологические машины и оборудование», доктором технических наук, доцентом Лебедевым Антоном Евгеньевичем и директором Института химии и химической технологии, кандидатом химических наук, доцентом Рыбиной Галиной Викторовной, указала, что автор диссертационной работы Муллабаев К.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий».

Соискатель имеет 31 опубликованную работу, 22 по теме диссертации, из них 5 статей опубликовано в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных Высшей аттестационной комиссией (из них 2 статьи в журнале, индексируемом в международной базе Scopus), все в соавторстве, общим объемом 27 стр. (доля автора 16,5 стр.); 1 учебное пособие общим объемом 84 стр. (доля автора 55 стр.), 11 работ опубликовано в материалах различных научных конференций, общим объемом 36 стр. (доля автора 21 стр.), получено 2 патента РФ общим объемом 25 стр. (доля автора 18 стр.), 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ общим объемом 23 стр. (доля автора 17 стр.).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Муллабаев, К.А. Разработка методов оценки равномерности распределения фаз в насадочных экстракторах средствами CFD-систем / К.А. Муллабаев, С.К. Чуракова, А.Р. Валеев // *Башкирский химический журнал*. – 2022. – Т.29. – № 2. – С. 71-76.
2. Муллабаев, К.А. Оптимизация конструкции перераспределителей жидкости в насадочных экстракторах методами CFD-анализа на примере колонны демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов / К.А. Муллабаев, С.К. Чуракова // *Химическое и нефтегазовое машиностроение*. – 2022. – № 10. – С. 10-14.

3. Муллабаев, К.А. Разработка математической модели истечения дисперсной фазы с применением метода Volume of Fluid / К.А. Муллабаев, С.К. Чуракова // *Химическое и нефтегазовое машиностроение*. – 2023. – № 2. – С. 3-7.
4. Муллабаев, К.А. Совершенствование конструкции перераспределителей жидкости с целью обеспечения эффективной работы насадочных экстракторов при высоких нагрузках по сплошной фазе / К.А. Муллабаев, С.К. Чуракова // *Технологии нефти и газа*. – 2023. – Т. 149. – № 6. – С. 55-59.
5. Валеев, А.Р. Анализ конструктивного оформления трубчатых распределителей с целью повышения равномерности распределения жидкой фазы / А.Р. Валеев, С.К. Чуракова, К.А. Муллабаев // *Башикирский химический журнал*. – 2023. – Т. 30. – № 4. – С. 111-116.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы из следующих организаций:

1. ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», подписан заведующим кафедрой «Химические технологии» д.т.н., профессором Рябовым В.Г., заведующим кафедрой «Оборудование и автоматизация химических производств» д.т.н., профессором Мошевым Е.Р. (1. Чем обуславливается максимальная рекомендуемая скорость дисперсной фазы в отверстиях, равная 0,38 м/с? 2. Не показано, как влияет гидродинамика распределительных устройств на коалесценцию капель дисперсной фазы.);

2. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», подписан заведующим кафедрой «Машины и аппараты химических производств» д.т.н., старшим научным сотрудником Хомяковым А.П. (При расчете показателей ИВМ и $\Phi(\varphi)$ не отражено, каким образом проводится интегрирование по площади значений скоростей сплошной фазы U_N и значений объемных долей дисперсной фазы φ .);

3. ФГБУН Институт автоматика и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, подписан главным научным сотрудником лаборатории систем управления технологическими процессами д.т.н., доцентом Торгашовым А.Ю. (1. Для формулы (8) отсутствует расшифровка условного обозначения нижнего индекса j и непонятно, в каком диапазоне он изменяется. 2. Проводилось ли сравнение результатов расчетов процесса распределения потока с использованием предложенной аналитической модели в виде системы уравнений 9 с данными экспериментов или CFD-расчетов? 3. Не указано, при каком давлении проводилось расчетное исследование перераспределителей жидкости.);

4. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ), подписан профессором Отделения химической инженерии д.т.н., профессором Ивашкиной Е.А., м.н.с Отделения химической инженерии к.т.н. Долгановой И.О. (1. Из текста не ясно, что являлось критерием для выбора вариантов конфигурации перераспределительных тарелок (варианты 1, 2, 3 в табл. 4). 2. Не отражены принципиальные особенности предлагаемого подхода к моделированию процессов распределения потоков, указанного в актуальности.);

5. ПАО «Уфаоргсинтез», подписан заместителем генерального директора по развитию к.т.н. Урманцевым У.Р. (Чем обусловлен выбор скоростей истечения дисперсной фазы при исследовании требуемого соотношения диаметров боковых трубок и отверстий в распределителе, при которых достигается эффективное распределение дисперсной фазы? В частности, не раскрыто, почему для струйного режима исследование проводилось для приведенной скорости в отверстии $U_0/W_{кр} = 1,14$ (таблица 2)?);

6. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», подписан доцентом кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» к.т.н. Романовой Н.А. (1. Для разработанной модели истечения дисперсной фазы и модели перераспределения потоков в перераспределителях жидкости не отражены параметры сеточного генератора. 2. Автором не раскрыто, как

выбирались диаметр и количество патрубков для прохода сплошной фазы в перераспределительных тарелках.);

7. ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», подписан доцентом кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», к.т.н., доцентом Алексеевой Н.В. (Протекающий в аппарате массообменный процесс экстракции, обусловленный переносом распределяемого вещества из фазы в фазу, связан с изменением поверхностного натяжения между фазами, что может влиять на гидродинамическую картину, однако в тексте автореферата влияние данного эффекта не рассмотрено.);

8. Башкирский институт технологий и управления (филиал) ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)», подписан доцентом кафедры «Информационные технологии и системы управления» к.физ.-мат.н., доцентом Смирновым Д.Ю. (На рисунках 5 и 15 размерные линии и обозначения следовало дать более четко.);

9. Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» в г. Кумертау, подписан заведующим кафедрой «Технологии производства летательных аппаратов» к.т.н., доцентом Бондаревым А.В. (Не указан размер временного шага при моделировании процесса истечения дисперсной фазы в динамическом режиме.);

10. ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН)», подписан научным сотрудником отдела Центр биофотоники, к.физ.-мат.н. Гришиным М.Я. (Без замечаний.);

11. ООО «Башгипронефтехим», подписан главным технологом, к.т.н. Чикуровым А.В. (Без замечаний.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются компетентными в данной отрасли науки учеными, имеющими публикации в

сфере исследований соискателя, ведущая организация широко известна своими достижениями в области процессов и аппаратов химических технологий.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

для двухфазной системы «жидкость-жидкость» разработаны математические модели истечения и распределения потока дисперсной фазы в распределительном устройстве, позволяющие определить перепад давления в распределительном устройстве, оценить эффективность распределения, расход и скорость потока в каждом его отверстии;

предложены три расчетных показателя эффективности распределения фаз в аппарате, определяемые по результатам численного моделирования: интенсивность обратного перемешивания сплошной фазы $I_{\text{ВМ}}$, функция эффективности распределения сплошной фазы $\Phi(U)$, функция эффективности распределения дисперсной фазы $\Phi(\varphi)$;

предложена методика оценки равномерности распределения сплошной и дисперсной фаз в экстракционных аппаратах с применением методов вычислительной гидродинамики, которая позволяет провести сравнительный анализ различных конструкций перераспределителей жидкости и распределителей дисперсной фазы;

доказано, что для системы «жидкость-жидкость» в трубчатом распределителе дисперсной фазы эффективность распределения может быть увеличена за счёт выбора соотношения общего сечения отверстий по отношению к сечению боковой трубки 26-28 % для проектируемых экстракторов, а для эксплуатируемых – за счёт кратковременного перехода в развитый струйный режим с последующим возвратом в рабочий режим;

разработана новая конструкция перераспределителя жидкости, позволяющая увеличить эффективность распределения сплошной и дисперсной фаз при высоких скоростях сплошной фазы и высоких объемных соотношениях сплошная фаза / дисперсная фаза;

предложена новая конструкция трубчатого распределителя дисперсной фазы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован новый подход к оценке работы распределительных устройств на основе расчета интенсивности обратного перемешивания сплошной фазы и функций эффективности распределения сплошной и дисперсной фаз;

доказана целесообразность использования метода Volume of Fluid для описания процессов истечения и распределения потока дисперсной фазы с применением средств CFD-моделирования в динамическом режиме;

изложены результаты влияния конструктивных особенностей распределителей дисперсной фазы и физических свойств распределяемой среды на равномерность распределения; результаты влияния конструктивных особенностей перераспределительных тарелок на равномерность распределения сплошной и дисперсной фаз в аппарате;

получены зависимости функций эффективности распределения сплошной и дисперсной фазы $\Phi(U)$ и $\Phi(\varphi)$ от конструктивных параметров перераспределительных тарелок при фиксированных жидкостных нагрузках в экстракционном аппарате.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны: новая конструкция перераспределителя жидкости, позволяющая обеспечить равномерное перераспределение сплошной и дисперсной фаз в условиях высокой нагрузки по сплошной фазе, а также новая конструкция трубчатого распределителя дисперсной фазы, позволяющая увеличить эффективность распределения потока в области низких нагрузок по дисперсной фазе;

показано, что для трубчатого распределителя дисперсной фазы в экстракционных колоннах соотношение площади поперечного сечения

боковой трубки и площади проходного сечения всех отверстий в ней должно составлять 3,6 – 3,8;

представлены рекомендации по конструированию перераспределительных тарелок в насадочных экстракционных аппаратах, определены оптимальные геометрические характеристики тарелок, обеспечивающие эффективное распределение сплошной и дисперсной фаз в аппарате;

для системы «жидкость-жидкость» **определены** диапазоны эффективной работы трубчатых распределителей дисперсной фазы типовой конструкции и предлагаемой конструкции с боковыми трубками, имеющими дополнительное отверстие для вытеснения сплошной фазы;

внедрены результаты расчетного исследования трубчатых распределителей дисперсной фазы и перераспределительных устройств при проектировании колонн аминовой очистки сжиженных углеводородных газов (СУГ) К-6 и демеркаптанзации СУГ К-8 блока получения СУГ установки ЭЛОУ-АВТ-2,5(II) АО «Новошахтинский завод нефтепродуктов».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты экспериментальных исследований получены с использованием сертифицированных приборов и удовлетворяют необходимым критериям воспроизводимости;

расчетные исследования выполнены с использованием сертифицированных программ, адекватность результатов расчетных исследований доказана сходимостью с экспериментальными данными, а также со справочными данными, приведенными в литературе;

теория построена на базе классических законов гидродинамики с использованием специализированного программного обеспечения, известных, проверяемых данных и согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными данными, а также на анализе и оптимизации параметров распределителей дисперсной фазы и перераспределителей жидкости;

идея базируется на анализе практики применения и обобщении передового опыта отечественных и иностранных исследователей в области гидродинамики двухфазных систем.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии соискателя в получении исходных данных, проведении экспериментальных натурных и расчетных исследований, обработке и интерпретации полученных экспериментальных и расчетных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана, охватывающего все аспекты исследований, связанные с разработкой и исследованием новых конструкций распределителей дисперсной фазы и перераспределителей жидкости в экстракционных колоннах.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация «Особенности гидродинамики распределительных устройств в насадочных экстракционных аппаратах» представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п. 9 – п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 № 335),

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. В диссертации не используется заимствованный материал без ссылки на автора и источник заимствования.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний.

На заседании 29 мая 2024 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения и разработки по методам расчёта эффективности распределения в двухфазных системах «жидкость-

жидкость», а также по совершенствованию конструктивного оформления распределительных и перераспределительных устройств в насадочных экстракционных аппаратах, применяемых в нефте- и газоперерабатывающей, нефтехимической промышленности, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Муллабаеву К.А. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий».

При проведении тайного голосования членов совета с использованием информационно-коммуникационных технологий диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, один член совета не смог принять участие в голосовании из-за технических неполадок.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета

29 мая 2024 г.



Ибрагимов Ильдус Гамирович

Бадикова Альбина Дарисовна