

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора

ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»,

д.х.н., профессор, чл.-корр. РАН

М.И. Шолохов
«31» *июн* 2025 г. В. В. Шолохов



ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» на диссертационную работу Дмитриевой Оксаны Сергеевны **«Совершенствование аппаратов вихревого типа для проведения гидромеханических процессов разделения дисперсных сред»**, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

Актуальность темы диссертационной работы. Диссертационная работа Дмитриевой Оксаны Сергеевны посвящена совершенствованию аппаратов вихревого типа для проведения гидромеханических процессов разделения дисперсных сред, что представляет собой актуальное научно-техническое направление в условиях современных требований к экологичности, эффективности и ресурсоемкости производственных процессов обработки гетерогенных потоков в химической, нефтехимической, пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности.

В диссертационной работе разработана методология совершенствования процессов разделения дисперсных сред и предложено применение мультивихревых устройств, обладающих способностью формировать устойчивые вихри небольшого размера, что существенно интенсифицирует процессы сепарации и очистки при одновременном снижении гидравлического сопротивления, уровня вторичного уноса и габаритов оборудования. Актуальность и практическая значимость усиливается тем, что разработанные подходы ориентированы не только на повышение эффективности, но и на технологическую универсализацию и адаптацию к различным производственным задачам. Представленная диссертационная работа отвечает насущным потребностям промышленности и вносит вклад в развитие научных основ проектирования прогрессивных аппаратурных решений в области процессов и аппаратов химических технологий. Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» в рамках нескольких грантов Президента Российской Федерации и гранта Академии

наук Республики Татарстан.

Общая характеристика работы. Диссертационная работа Дмитриевой Оксаны Сергеевны «Совершенствование аппаратов вихревого типа для проведения гидромеханических процессов разделения дисперсных сред» представляет собой логично структурированное и всесторонне проработанное научное исследование. Работа построена по классической схеме, изложена на 442 страницах машинописного текста и состоит из введения, семи глав основного содержания, заключения, списка литературы из 309 источников, шести приложений.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель, объект и предмет исследования, поставлены задачи, решаемые в рамках диссертационной работы. Автор детально охарактеризовал степень научной разработанности темы, указал основные проблемы и противоречия, существующие в области применения вихревых течений. Отдельное внимание уделено методологической основе исследования и использованным подходам: CFD-моделирование, физический эксперимент, применение алгоритмов машинного обучения и программирования для численной аппроксимации. Приведены научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту, оценка степени достоверности полученных результатов, сведения об их апробации, список публикаций.

В первой главе проведен глубокий аналитический обзор существующих конструкций вихревых аппаратов и методов организации закрученных потоков. Рассматриваются принципы формирования вихрей, классификация режимов, преимущества и ограничения традиционных устройств. Обосновано, что одиночные вихри не обеспечивают стабильную эффективность разделения в условиях переменных свойств обрабатываемой среды. На основе анализа сформулированы предпосылки для перехода к мультивихревым концепциям. Глава логично завершается постановкой цели и задачи исследования, демонстрирующей оригинальность выбранного диссертантом подхода и перспективность данного исследования.

Вторая глава посвящена теоретическим и методологическим подходам к моделированию закрученных одно- и многофазных течений, с акцентом на особенности гидродинамики, возникающей в устройствах мультивихревого типа. В главе последовательно рассматриваются модели, основанные на уравнениях Навье-Стокса, классифицируются методы описания турбулентности (в том числе модели $k-\epsilon$, $k-\omega$ и LES), анализируется применимость различных подходов к описанию межфазных взаимодействий. Приведено сравнение моделей Эйлера-Эйлера, Эйлера-Лагранжа и моделей потока дрейфа с учетом специфики закрученных течений и различной концентрации дисперсной фазы. Отдельное внимание уделено условиям применимости тех или иных математических схем при переходе от монодисперсных

к полидисперсным системам при моделировании малоконцентрированных потоков. Обоснована целесообразность применения двухэтапного подхода к расчетам: сначала численное моделирование чистого однофазного потока, затем построение траекторий дисперсных частиц в вычисленном поле скоростей с учетом центробежных и кориолисовых сил, аэродинамического сопротивления. Раскрыты исторические и концептуальные аспекты развития методов моделирования вихревых структур, начиная с аналитических решений Бельтрами, Громеки и Торичелли, и заканчивая современными численными схемами, реализуемыми в программной среде ANSYS Fluent. Рассматриваются возможности программного моделирования для целей инженерной диагностики, в частности, для установления зависимости эффективности сепарации от режимных параметров и геометрии аппарата. Также показано, что моделирование позволяет выявить зоны вторичного вихреобразования, определить распределение скоростей и давления, и тем самым обеспечить оптимизацию конструкции до этапа ее натурной реализации.

Приведенный в этой части работы материал служит важной основой для последующих расчетов и численных исследований, направленных на оптимизацию конструкции мультивихревых аппаратов и повышение эффективности их работы. Глава демонстрирует уверенное владение автором современными подходами к гидродинамическому моделированию, включая не только физическую интерпретацию процессов, но и практическое применение вычислительных инструментов в инженерных задачах.

Третья глава диссертационной работы посвящена исследованию процессов сепарации и фракционирования дисперсных частиц в мультивихревых устройствах. В главе представлена конструкция мультивихревого сепаратора, работающего на принципе формирования устойчивых вихревых структур в межтрубном пространстве. Запыленный газовый поток поступает в аппарат через центральную трубу, из которой через систему отверстий и прорезей часть потока направляется в кольцевую зону, где за счет инерционного действия центробежных сил осуществляется осаждение частиц.

Проведено численное моделирование (ANSYS Fluent, модель турбулентности $k-\omega$ SST) и экспериментальные исследования, подтвердившие образование множества устойчивых вихрей небольшого размера с высокой интенсивностью вращения. Отмечено, что увеличение высоты наружного цилиндра и ширины щелевых отверстий влияет на перепад давления и эффективность сепарации. Особое внимание уделяется определению коэффициента гидравлического сопротивления при работе устройства с различными средами – воздухом и водой. Представлены эмпирические зависимости, описывающие влияние скорости рабочей среды и геометрических параметров (высота, ширина отверстий) на сопротивление потоку. Выявлены оптимальные конструктивные соотношения, обеспечивающие

устойчивую вихревую структуру и эффективную сепарацию частиц.

В этой главе также описана разработка мультивихревого классификатора для фракционирования сыпучих материалов с граничным размером частиц от 30 до 100 мкм. Конструкция аппарата предусматривает резкое изменение направления движения потока, способствующее инерционному отделению более крупных частиц. Проведен анализ влияния скорости входного потока на эффективность классификации. Представлены результаты численного исследования оценки разных типов исполнения конструкции классификатора на аэродинамическое сопротивление аппарата.

Четвертая глава посвящена исследованию процессов сепарации в мультивихревых устройствах с модифицированными вставками различной геометрии (I-, C- и П-профиля), представлены как конструкторские решения, так и результаты экспериментальных и численных исследований работы новых типов вставок, применяемых для интенсификации процессов разделения дисперсной фазы из газовых и жидких потоков. В главе продемонстрированы результаты влияния конструкций сепараторов с различными профилями вставок на эффективность разделения и аэродинамические характеристики. Даны рекомендации выбора вставки в условиях высоких нагрузок гетерогенных потоков.

Проведенные численные расчеты в ANSYS Fluent с использованием модели турбулентности $k-\epsilon$ позволили оценить структуру потока, сформированного различными вставками, и выявить условия образования застойных зон и циркуляционных вихрей. Определены геометрические соотношения параметров вставок (высота к ширине, шаг между рядами) для достижения устойчивого вихреобразования, равномерного распределения потока и, как следствие, высокой степени очистки газа. Выявлены эмпирические зависимости между геометрией вставок, скоростью потока и эффективностью осаждения.

Диссертант представил сравнение разработанных устройств с промышленными циклонами, показав, что мультивихревые сепараторы с направляющими вставками обеспечивают более высокую эффективность осаждения мелкодисперсных частиц при низком перепаде давления. Проведено моделирование и экспериментальное подтверждение эффективности устройств при различных скоростях газового потока и различных типах частиц, включая эмульсии вода – масло. Выявлена зависимость эффективности разделения от режима течения (числа Рейнольдса), расстояния между рядами вставок и направления движения потока относительно вставок П-профиля. Экспериментальные исследования подтвердили полученные результаты расчета. Все эксперименты сопровождалось измерениями перепадов давления, коэффициентов гидравлического сопротивления и концентраций частиц на входе и выходе из установки, что позволяет признать результаты надежными и инженерно применимыми.

Пятая глава диссертационной работы посвящена экспериментальному и численному исследованию процесса очистки газов от аэрозолей и липких мелкодисперсных частиц с использованием разработанного соискателем ученой степени блочного мультивихревого сепаратора. Особое внимание уделено анализу эффективности работы устройства при различных модификациях конструкции, используя крышку на задней поверхности устройства и без нее, что позволяет адаптировать аппарат под конкретные условия эксплуатации. Проведен параметрический анализ влияния геометрических размеров (диаметра отверстий, расстояния между блоками, размеров каналов) и режимных параметров (скорости воздуха, плотности и размера частиц) на эффективность сепарации. Использовано модифицированное число Стокса, позволившее обобщить экспериментальные данные, предсказать поведение частиц в потоке и оценить эффективность сепарационных процессов. Установлено, что эффективность улавливания возрастает с увеличением числа Стокса и достигает стабильных значений при его росте. При этом уменьшение размеров устройства способствует увеличению эффективности, благодаря сокращению пути, который частицы преодолевают до контакта со стенкой за счет центробежной силы. Также предложено аналитическое выражение зависимости эффективности сепарации от числа Стокса, что может быть использовано при проектировании аналогичных устройств.

Шестая глава диссертационной работы представляет собой раздел, в котором обобщены и систематизированы инженерные методики расчета мультивихревых аппаратов, разработанных и исследованных в ходе выполнения диссертационного исследования. Основное внимание уделено практической применимости результатов моделирования и экспериментов для конструирования высокоэффективных устройств разделения гетерогенных потоков. Разработанные методики охватывают расчетные алгоритмы для мультивихревого классификатора, сепараторов с I-профильными вставками и блочного мультивихревого сепаратора. Инженерная методика расчета мультивихревого классификатора разработана с учетом алгоритмов машинного обучения на платформе Orange Data Mining.

Наглядно продемонстрировано сравнение эффективности применения одной и трех последовательно соединенных ступеней классификации. С целью аналитической интерпретации численных и экспериментальных данных автор применил ряд аппроксимирующих моделей, в том числе модифицированную функцию Гомперца с осцилляцией, показавшую наименьшее среднеквадратичное отклонение среди всех протестированных функций. Реализация алгоритма расчета эффективности классификатора представлена с применением кода Python.

Для сепаратора с I-профильными вставками предложена методика расчета, учитывающая как аэродинамические, так и механические аспекты работы устройства. Установлены зависимости между геометрическими параметрами

вставок и эффективностью работы аппарата, в частности, исследуется относительная ширина боковой грани двутавра.

Сформулирована методика расчета параметров блочного мультивихревого сепаратора. Определена зависимость эффективности работы от соотношения площадей входного сечения и отверстий на боковых стенках. Введено выражение, позволяющее определить высоту эффективной сепарационной зоны, что представляет интерес при масштабировании аппарата. Учтено влияние геометрических параметров на продолжительность эффективной эксплуатации устройства, что делает методику применимой как для проектирования новых аппаратов, так и для модернизации существующих.

Седьмая глава посвящена систематизации и практической апробации разработанных аппаратов мультивихревого типа. На основе комплексного анализа геометрических и гидродинамических характеристик устройств, дана схема выбора рекомендуемой конструкции в зависимости от свойств дисперсной среды и условий конкретного технологического процесса.

В главе представлены примеры успешного внедрения разработок в промышленность. На предприятии ООО «Скатз» внедрена схема фракционирования сыпучих материалов с использованием мультивихревого классификатора, обеспечившая снижение остаточной концентрации крупных частиц и повышение фракционной эффективности до 90%. В схеме каталитического дегидрирования углеводородов реализован сепаратор с модифицированными вставками для улавливания пылевидного катализатора. В системе вентиляции окрасочно-сушильной камеры предприятия ООО «Каматек» установлен блочный мультивихревой сепаратор, способный улавливать частицы размером порядка 10 мкм, что позволило использовать их в качестве наполнителя композитов без ухудшения механических свойств изделий. Также представлена модернизированная установка для разделения водонефтяной эмульсии, улучшенная по конструкции и режимным параметрам.

Представлено технико-экономическое обоснование по изготовлению и внедрению разработанных конструкций мультивихревых аппаратов.

Завершают диссертацию общие выводы, которые позволяют объективно оценить научную и практическую значимости выполненной работы, перспективы совершенствования конструкции.

Соответствие паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий:

- п. 3 «Способы, приемы, методология исследования гидродинамики движения жидкости, газов, перемещение сыпучих материалов в технологических аппаратах и схемах»;

- п. 9 «Методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в том числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы»;

- п. 10 «Методы изучения, совершенствования и создания ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых выбросов и сточных вод, в том числе разработка химико-технологических процессов переработки отходов».

Новизна результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Целью диссертационного исследования является разработка методологии совершенствования технологического оборудования, в котором реализуются мультивихревые течения, на основе экспериментальных исследований и численного моделирования гидродинамики и сепарации многофазных сред. Для этого автором разработана методология совершенствования процессов разделения дисперсных сред и их аппаратного оформления, включающая подходы к созданию процессов и проектированию аппаратов мультивихревого типа. Характеризуя работу Дмитриевой О.С., следует отметить ее глубокую теоретическую проработку, что позволило выстроить сбалансированную систему предложений, определяющих научную новизну.

Научную новизну работы можно сформулировать следующим образом:

1. Впервые обоснована возможность использования микровихревых структур в мультивихревых аппаратах для эффективной очистки газов, классификации дисперсных систем и разделения эмульсий, что позволяет повысить эффективность процессов при одновременном снижении энергетических потерь.

2. Проведены комплексные экспериментальные и численные исследования гидродинамики мелкомасштабных вихревых потоков в устройствах, предназначенных для сепарации, классификации частиц и удаления липких компонентов из аэрозольных потоков. Получены данные по распределению скоростей, перепадам давления и эффективности функционирования оборудования.

3. Установлены эмпирические зависимости, связывающие эффективность процессов сепарации, классификации и очистки с геометрическими характеристиками оборудования и параметрами потока, что позволило формализовать подход к их инженерному расчету.

4. Получены экспериментальные зависимости гидравлического сопротивления для различных типов мультивихревых аппаратов при переменных геометрических и режимных условиях работы, что существенно расширяет возможности их рационального применения в производстве.

5. Разработан оригинальный алгоритм инженерного расчета с применением

методов машинного обучения на платформе Orange Data Mining, позволяющий проводить прогнозирование эффективности и адаптацию параметров работы мультивихревых устройств в зависимости от конкретной задачи и типа устройства. Такой подход является инновационным для области гидродинамики и обработки гетерогенных потоков.

Результаты исследований являются новыми, соответствуют выводам и рекомендациям, сделанным на их основе. Научные результаты, включенные в диссертацию и выносимые автором на защиту, получены соискателем лично.

В работе Дмитриевой О.С. получены следующие **результаты**:

1. Впервые предложено использование микровихрей в мультивихревых аппаратах, что позволило повысить эффективность разделения частиц и снизить гидравлическое сопротивление.

2. Методология совершенствования гидромеханических процессов, включая создание конструктивных решений, обеспечивающих стабильное вихревое течение и высокую степень разделения.

3. Зависимости гидравлического сопротивления и эффективности сепарации от конструктивных и режимных параметров работы мультивихревых аппаратов, полученные в ходе проделанных экспериментов и численного моделирования.

4. Инженерные методики расчета мультивихревых аппаратов, в том числе с применением впервые алгоритмов машинного обучения для анализа и обработки данных.

5. Конструкции мультивихревых сепараторов.

6. Способ утилизации уловленных частиц в виде компонентов композитных изделий для снижения отходов и повышения экологичности процессов.

Практическая значимость работы заключается в разработке, экспериментальной проверке и апробации высокоэффективных конструкций мультивихревых аппаратов для процессов классификации, сепарации и очистки многофазных потоков. Создана методология комплексной оценки гидродинамических характеристик в устройствах с различными конструктивными вставками, что позволяет научно обоснованно подбирать параметры работы под конкретные условия эксплуатации.

Разработаны инженерные методики расчёта конструкций с мультивихревыми потоками, содержащие эмпирические зависимости эффективности и гидравлического сопротивления в зависимости от геометрических и режимных параметров. Эти методики позволяют проектировать аппараты с заранее заданной эффективностью и низким сопротивлением.

Предложенные новые конструкции внедрены на промышленных предприятиях (ООО «Скатз», ООО «Каматек», АО «ВНИИУС»), где доказали свою работоспособность и технико-экономическую целесообразность. В частности,

достигнуто значительное снижение остаточной концентрации частиц, улучшено качество фракционирования и очистки, снижены эксплуатационные затраты.

Дополнительно даны рекомендации по вторичному использованию уловленных частиц в составе композитных материалов, что расширяет экологический и ресурсный потенциал работы.

Таким образом, результаты диссертационной работы имеют значимую практическую ценность и могут быть непосредственно использованы в промышленности при проектировании и модернизации оборудования для гидромеханических процессов разделения гетерогенных потоков.

Теоретическая значимость диссертации состоит в том, что основные положения и разработки, представленные в диссертации, вносят значительный вклад в развитие теории и практики гидромеханических процессов. Теоретическая значимость диссертационных исследований заключается в том, что в работе впервые предложено применение микровихрей в мультивихревых устройствах, что позволило расширить теоретические основы гидромеханики и создать новые подходы к моделированию и совершенствованию процессов разделения гетерогенных потоков. Проведённые экспериментальные и численные исследования гидродинамики с множественными вихрями малого масштаба позволили получить количественные характеристики, такие как поля скоростей, перепады давления и эффективность разделения, что вносит вклад в развитие фундаментальных представлений о вихревых течениях и их роли в сепарационных процессах. Разработанные эмпирические зависимости позволяют оценивать эффективность и гидравлическое сопротивление устройств при различных конструктивных и режимных параметрах, что открывает возможности для инженерного проектирования и прогнозирования рабочих характеристик мультивихревых аппаратов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность. Обоснованность и достоверность научных положений диссертации, полученных результатов и выводов не вызывают сомнений и подтверждаются применением фундаментальных физических закономерностей, современных численных методов моделирования, достаточно глубокой проработкой всех этапов вычислений и использованием специализированных программных комплексов, продемонстрировавших высокую точность при верификации результатов.

Экспериментальные исследования проводились с использованием поверенного аналитического оборудования, применением апробированных методик испытаний и показали высокую воспроизводимость в сериях однотипных опытов. Корректная статистическая обработка результатов также подтверждает выводы по работе.

Полученные зависимости и характеристики гидродинамики в устройствах

мультивихревого типа согласуются с опубликованными литературными данными и находятся в пределах допустимых расхождений. Результаты численного моделирования и экспериментальных измерений взаимно подтверждают друг друга, что обеспечивает высокую степень достоверности научных положений, изложенных в работе. Выводы диссертации являются логичными, достоверными и обоснованными.

Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых журналах из списка ВАК (22 статьи) и международных наукометрических базах данных Scopus/Web of Science (30 статей), получено 15 патентов. Выводы и основные результаты диссертации прошли апробацию, докладывались и получили одобрение на научных конференциях. Содержание автореферата и публикации полностью соответствует содержанию диссертации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации. Рекомендуются дальнейшее развитие научного направления, посвященного разработкам и совершенствованию вихревых технологий для разделения частиц и очистки потоков. Результаты работы, модели и методы рекомендуются использовать при проектировании или реконструкции аппаратов для классификации, сепарации, фракционирования и очистки газовых и жидких сред от дисперсных и эмульгированных компонентов, особенно в условиях ограниченного пространства и повышенных требований к эффективности, на предприятиях химии, нефтехимии и нефтеперерабатывающих заводов. Разработанные модели будут полезны для проектных организаций, таких как АО «ВолгоградНИПИнефть», ОАО «Волгограднефтемаш» и другие, занимающихся вопросами проектирования установок, проведения инженерных расчётов конструкций аппаратов с закрученным потоком, включая выбор геометрических параметров вставок и условий эксплуатации, с использованием разработанных алгоритмов и программных средств, а также эксплуатационному персоналу предприятий.

Результаты диссертационной работы также могут быть использованы образовательными организациями при подготовке студентов и аспирантов соответствующих специальностей в области процессов и аппаратов химической технологии.

Вопросы и замечания по диссертации:

1. В литературном обзоре желательно было также проанализировать работы по вихревым процессам и аппаратам профессора Азарова В.Н. (ВолгГТУ).
2. Можно ли одновременно разделять в мультивихревых процессах дисперсные системы с плотностями больше и меньше плотности сплошной фазы?
3. Как отличаются затраты удельной мощности в мультивихревых аппаратах по сравнению с типовыми циклонами, гидроциклонами и вихревыми аппаратами?

4. Желательно было разработать собственные программные средства. Есть ли какие-то особенности в применении известных компьютерных программ?

5. Все данные касались результатов экспериментов на лабораторных установках или они сравнивались с опытными испытаниями на внедренных на производство аппаратах?

6. Как учитывали форму частиц (кроме учета размера и их плотности)?

7. Требуется пояснение, на с. 8 автореферата $\Delta\rho = 4,12 \cdot w^{1,7}$, а $\xi = \frac{\Delta\rho}{\xi w^2}$, следовательно $\xi = \frac{4,12}{\rho w^{0,3}}$ – таким образом коэффициент сопротивления уменьшается с ростом скорости. При этом на рис. 3 (с. 8) автореферата указанный коэффициент увеличивается.

8. Вставки какой геометрии оптимальны? Зависит ли эта геометрия от характеристик сплошной и дисперсной фаз или она автомодельная?

9. Как реализуется на боковой стенке условия прилипания (с. 8 автореферата)?

10. Что такое средняя расходная скорость? К какому сечению она относится? (с. 13 автореферата).

11. Чем объясняется наличие на отдельных графиках минимумов и максимумов, например, рис. 21 и 22 (с. 14), 31 и 32 (с. 17) в автореферате.

12. Говоря об адекватности, проводилась ли проверка по критерию Фишера?

В целом работа интересная, а указанные замечания не меняют общего положительного впечатления о диссертации и не снижают высокой теоретической и практической ценности полученных результатов Дмитриевой О.С.

Заключение о работе

Диссертация Дмитриевой Оксаны Сергеевны на тему «Совершенствование аппаратов вихревого типа для проведения гидромеханических процессов разделения дисперсных сред» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной проблемы совершенствования процессов разделения гетерогенных потоков и разработки научно обоснованных технических и технологических решений по созданию более эффективных мультивихревых устройств для интенсификации процессов сепарации, классификации и очистки многофазных сред, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие химической и смежных отраслей промышленности.

Диссертация Дмитриевой О.С. «Совершенствование аппаратов вихревого типа для проведения гидромеханических процессов разделения дисперсных сред», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Дмитриева Оксана Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Диссертационная работа Дмитриевой О.С. была обсуждена и получила положительную оценку на заседании кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (протокол № 10 от 27 июня 2025 г.). Отзыв принят открытым голосованием – единогласно.

Новиков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук по специальности 06.01.02, доцент, чл.-корр. РАН, заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО «ВолГТУ», +7 (8442) 24-84-40, pahp@vstu.ru



Голованчиков Александр Борисович, доктор технических наук по специальности 05.17.08, профессор, профессор кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО «ВолГТУ», +7 (8442) 24-84-31, pahp@vstu.ru



30 июля 2025 г.

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолГТУ»), адрес: 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28, тел. +7 (8442) 24-81-15, факс +7 (8442) 23-41-21, e-mail: rector@vstu.ru, <https://www.vstu.ru>



Голованчиков А.Б., Голованчиков А.Б.

(подпись)

Вход. № 05-8507
« 07 » 08 2025 г.
подпись 