

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.310.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «01» июля 2026 г., № 11

О присуждении Беляевой Гульназ Ильхамовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Комбинированное численное исследование усовершенствования воздухоочистительных устройств газотранспортных, энергетических, промышленных компрессорных станций» по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение принята к защите «29» апреля 2026 г. (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.2.310.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51, приказ № 375/нк от 15.04.2024 г.

Соискатель Беляева Гульназ Ильхамовна родилась 16 февраля 1987 г.

В 2009 году окончила федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» (диплом специалиста ВСА 0982886 регистрационный номер № 14095 от 03 июля 2009 г.)

С 2010 года по 2014 год обучалась в ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» в аспирантуре по научной специальности 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» (справка № 5 от 20 февраля 2021 г.).

Работает в ООО «Газпром трансгаз Казань» в должности заместителя начальника отдела по стандартизации, нормированию и контролю за расходованием МТР инженерно-технического центра.

Диссертация выполнена на кафедре «Атомные и тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Зиганшин Малик Гарифович, профессор кафедры «Атомные и тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Официальные оппоненты:

1. Литвинова Наталья Анатольевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень.

2. Мостовенко Любовь Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиоэлектроники и электроэнергетики БУ ВО «Сургутский государственный университет», г. Сургут.

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, в своем **положительном** отзыве, утвержденном первым проректором, доктором технических наук, членом-корреспондентом Российской академии наук Сергеем Викторовичем Кузьминым, подписанным заведующим кафедрой

"Безопасность жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве", доктором технических наук, профессором Азаровым Валерием Николаевичем и профессором кафедры "Безопасность жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве", доктором технических наук, доцентом Сергиной Наталией Михайловной, указала, что в работе решена актуальная научная задача по разработке энергоэффективного устройства очистки воздуха для газотранспортных, энергетических, промышленных компрессорных станций и систем вентиляции. Полученные результаты обладают научной новизной и достоверностью. Выводы и положения, выносимые на защиту, обоснованы и логически вытекают из содержания работы. В заключении отзыва указано, что диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, установленным в пунктах 9-14 «Положения о присуждении научных степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в актуальной редакции от 16.10.2024 г. к кандидатским диссертациям, а ее автор, Беляева Гульназ Ильхамовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 34 работы общим объемом 10 п.л. и авторским вкладом 4,708 п.л., из них 3 в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России по специальности диссертации общим объемом 1,437 п.л. и авторским вкладом 0,521 п.л.; 3 работы в зарубежных рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus, Web of Science общим объемом 1,25 п.л. и авторским вкладом 0,417 п.л.; 6 в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России общим объемом 2,062 п.л. и авторским вкладом 0,969 п.л.; 20 в других изданиях, в материалах международных, всероссийских и национальных конференций, общим объёмом 5,251 п.л. и авторским вкладом

2,801 п.л.; 2 патента на полезную модель.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Беляева, Г.И., Зиганшин, М.Г. Численное моделирование двухфазных потоков в конструктивно сложных аппаратах очистки воздуха/ Г.И. Беляева, М.Г. Зиганшин // Надежность и безопасность энергетики.– 2025. – Т.18– №2. – С.122-130. (вклад соискателя – 50%).

2. Беляева, Г.И., Горбунов, С.В., Зиганшин, М.Г. Комбинированное (2d - 3d) численное исследование эффективности воздухоочистительного устройства / Г.И. Беляева, С.В. Горбунов, М.Г. Зиганшин // Надежность и безопасность энергетики.– 2024. – Т. 17.– № 4. – С.299-305 (вклад соискателя – 33%).

3. Беляева, Г.И., Зиганшин, М.Г. Уточнение размещения очистных элементов комплексного воздухоочистительного устройства для газотранспортных систем и энергогенерации на основе вычислительной гидродинамики / Г.И. Беляева, М.Г. Зиганшин // Надежность и безопасность энергетики.–2021.–Т.14.– №3.– С. 134-141(вклад соискателя – 50%).

4. Еремкин, А.И., Зиганшин, М.Г., Беляева, Г.И., Гимранов, И.Р. Разработка и инновационный менеджмент очистных технологий системы газоснабжения / А.И. Еремкин, М.Г. Зиганшин, Г.И. Беляева, И.Р. Гимранов // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Стр-во и архит.–2013.– Выпуск 31(50).Ч.2. Строительные науки.– С. 485-492 (вклад соискателя – 25%).

5. Замалиева, А.Т., Беляева, Г.И., Зиганшин, М.Г. Исследование изменений аэродинамических свойств и энергоэффективности в циклонных аппаратах для очистки газа/А.Т. Замалиева, Г.И.Беляева, М.Г.Зиганшин // Территория Нефтегаз.–2018.– №2.– С.114-119 (вклад соискателя – 33%).

6. Беляева, Г.И., Замалиева, А.Т. Исследование возвратно-поточного элемента мультициклона для очистки газа на газораспределительных станциях/ Г.И.Беляева, А.Т. Замалиева // Газовая промышленность.–2017.– №6.– С. 118-

122 (вклад соискателя – 50%).

7. Беляева, Г.И., Замалиева, А.Т. Исследование изменений аэродинамических свойств потока газа в батарейных циклонах / Г.И. Беляева, А.Т. Замалиева // Газовая промышленность.– 2017.– №7 (755).– С. 72-75 (вклад соискателя – 50%).

8. Замалиева, А.Т., Беляева, Г.И. Повышение энергоэффективности циклонных устройств для очистки выбросов в промышленности посредством натурных и численных исследований / А.Т. Замалиева, Г.И. Беляева // Территория нефтегаз.– 2017. №6.– С. 106-111(вклад соискателя – 50%).

9. Замалиева, А.Т., Беляева, Г.И. Изменение аэродинамических свойств и эффективности в циклонных аппаратах посредством численных и натурных исследований / А.Т. Замалиева, Г.И. Беляева // Вестник технологического университета.–2015.– Т.18.– №4– С. 134-137(вклад соискателя – 50%).

10. Belyaeva, G. I. Experimental and calculated testing of the efficiency of cyclone filtering devices / G.I. Belyaeva, A.T. Zamalieva, M.G. Ziganshin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 5, 19 Mira Street, Ekaterinburg, 21–22 мая 2019 года. – 19 Mira Street, Ekaterinburg, 2020. – P. 012067 (вклад соискателя – 33%).

11. Belyaeva, G. I. Experimental and numerical studies in elaboration the multi-cyclone with filter cells to processing of flue-gases of coal-fired and incineration power plants / G.I. Belyaeva, M.G. Ziganshin, R.D. Sukhov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Kazan, 29 октября – 02 2018 года. Vol. 288. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012077 (вклад соискателя – 33%).

12. Belyaeva, G. I. Numerical and experimental studies of gas cleaning in multi-cyclone elements with filter inserts / G.I. Belyaeva, A.T. Zamalieva, M.G. Ziganshin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Ekaterinburg, 04–05 октября 2018 года. Vol. 481. – Ekaterinburg: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012041 (вклад соискателя – 33%).

13. Батарейный циклон с циклонными элементами «Циклон-фильтр»

Беляева Г.И., Замалиева А.Т. Патент на полезную модель RU 190593 U1, 04.07.2019. Заявка № 2018101504 от 16.01.2018 (вклад соискателя – 50 %).

14. Циклон-фильтр Беляева Г.И., Замалиева А.Т. , Зиганшин М.Г. Патент на полезную модель 199050 U1, 11.08.2020. Заявка № 2019134772 от 29.10.2019 (вклад соискателя – 33%).

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов. Все они положительные, с замечаниями – 11.

Отзывы прислали:

1. Доктор технических наук, профессор, директор института строительства и жилищно-коммунального хозяйства, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет им. В.Даля», председатель диссертационного совета 24.2.486.02 Андрийчук Николай Данилович и кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Проектирование и технология строительства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет им. В.Даля», Малыгина Оксана Александровна.

Замечания:

1) В автореферате не приведены результаты оценки погрешностей измеряемых величин.

2) Соискателем недостаточно полно описана оценка экономической эффективности использования разработанного комплексного воздухоочистительного устройства

2. Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» Еремкин Александр Иванович и кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский

государственный университет архитектуры и строительства» Прохоров Сергей Григорьевич.

Замечания:

- 1) На графиках (рис.13) не указаны экспериментальные точки.
- 2) Вызывает вопрос обоснованности срока окупаемости усовершенствованного воздухоочистительного устройства.
- 3) В тексте автореферата встречаются отдельные стилистические неточности и повтор фразы (стр.17).

3. Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Зеленцов Данил Владимирович.

Замечания:

- 1) На стр.3 в последнем абзаце следует, видимо, читать «...очистки от частиц пыли...», а не «...очистки частиц пыли...»
- 2) В автореферате показан алгоритм и даны рекомендации по проведению комбинированных численных исследований, предложена усовершенствованная конструкция ВОУ, но именно математическое описание созданной модели представлено недостаточно.

4. Кандидат технических наук, директор по научной работе – начальник научно-исследовательской лаборатории аэродинамики и акустики ООО «Арктос» Кочарьянц Кристина Владимировна.

Замечания:

- 1) В автореферате отсутствует описание способа подачи пыли в экспериментальную установку.
- 2) На с.10 автореферата указаны характеристики сеток для двумерной и трехмерных моделей. При этом не указано, из каких соображений приняты форма и размер ячеек сетки двумерной задачи, а для трехмерной сетки форма и размер ячеек не указаны вовсе.

3) На с.17 автореферата приведены экономический эффект и срок окупаемости от внедрения улучшенного КВОУ в предприятия Республики Татарстан, но не указано количество КВОУ, и за счет чего достигается экономия.

5. Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, заведующий кафедрой теплогазоснабжения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Кочев Алексей Геннадьевич.

Замечания:

1) На с.9 автореферата вводится понятие порогового значения числа Re_r , равное $3,2 \cdot 10^{-6}$: «Частицы с Re_r меньше этого значения не оседают... Частицы с Re_r больше $3,2 \cdot 10^{-6}$ осаждаются...». Необходимо пояснить, насколько результаты теоретического расчета подтверждены экспериментально (данными авторов или сторонних источников).

2) На рис.1 (с.9 автореферата) представлен стенд для испытания фильтра, а выше приведено указание на нормативы по ГОСТ, ANSI/ASHRAE STANDART и ISO. Но разве по этим стандартам возможно одновременно испытывать 2 фильтра разных классов очистки – поз.2 и 7 рис.1?

3) В автореферате не указано, с какой целью приведены рисунки 5-8 на с.12. Необходимо пояснить, для чего были использованы в работе представленные на них данные по изменению скорости на выходе из рядов циклонных элементов, и почему не наблюдается совпадения характеров изменения выходных скоростей по рядам, т.е. нет приближенного подобия форм графиков? Не говорит ли отсутствие повторяемости результатов численного эксперимента по рядам о его невоспроизводимости?

4) На с.12 автореферата упоминается термин «двухфазный поток», который создает представление о движении потока вещества с изменением агрегатного состояния. Однако в работе исследуются движение запыленных

воздушных потоков, поэтому во избежание непонимания необходимо говорить о гетерогенном потоке.

5) Есть замечания по тексту автореферата: некорректные фразы на с.4 «циклонирующих ... элементов», на с.14 «динамическая вязкость η »; в 5-ой колонке табл.1 (с.16) пропущена единица измерения.

6. Доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории рудничной аэродинамики федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук Лугин Иван Владимирович и кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории рудничной аэродинамики федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук Кияница Лаврентий Александрович.

Замечания:

1) Формулировка названия, а именно: (численное исследование усовершенствования воздухоочистительных устройств), вызывает вопрос - как можно исследовать усовершенствование? Если это развитие методов оптимизации, то это и другая научная специальность, и другая отрасль наук. Кроме того, в формулировке цели работы отсутствуют измеряемые критерии, по которым можно судить, достигнута ли цель работы. К таким критериям можно было бы отнести повышение точности расчета, эффективности очистки и т.д.

2) В чем конкретно состоит предлагаемая научная новизна представленной работы? Декомпозиция расчетной задачи, заключающаяся в рассмотрении трехмерного объекта в двумерной постановке, широко применяется в практике численных расчетов в смежных отраслях промышленности и рассмотрены, например, в работах 1) К. Ekambara, Mahesh T. Dhotre, Jyeshtharaj B. Joshi, CFD simulations of bubble column reactors: 1D, 2D and 3D approach, Chemical Engineering Science, Volume 60, Issue 23, 2005, Pages 6733-6746, ISSN 0009-2509, 2) Saif ed-Din Fertahi, Abderrahim Samaouali, Imad

Kadiri, CFD comparison of 2D and 3D aerodynamics in H-Darrieus prototype wake, e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Volume 4, 2023, 100178, ISSN 2772-6711, 3) Huaitao Zhu, Gongnan Xie, Abdallah S. Berrouk, Muhammed Saeed, Advanced modeling and iterative approach for high-accuracy PCHE design in SCO₂ Brayton cycle, Applied Thermal Engineering, Volume 236, Part C, 2024, 121657, ISSN 1359-4311. Кроме того, на данном этапе развития CAE-отрасли существуют CFD программы (например, отечественное - CadFlo, зарубежные - Siemens FIOEFD, SolidWorks Flow Simulation), позволяющие не делать плоскую декомпозицию, а считать сразу весь объект в трехмерной постановке за счет специальных подходов к построению сетки, при достаточно небольшом количестве сеточных элементов в модели с хорошей точностью. Что нового внес автор в эти подходы?

3) В тексте автореферата отсутствует единообразие в использовании ключевых терминов исследования, например: «степень осаждения», «эффективность осаждения», «эффективность очистки». Все-таки, какой термин будет верным? Что такое степень осаждения? Как у осаждения может быть степень? Имеется ли эффективность пылеулавливания, КПД циклона? Описание задачи 3 не понятно - что означает «по эффективному размещению» и «по эффективной работе»? В исследовании к двум- и трехмерному расчетам принимаются разные критерии?

4) Во второй главе указана формула (1) относительного числа Рейнольдса, однако запись числа Рейнольдса в такой форме в главе не обоснована. По форме записи, это число ближе к числу Стокса, чем к числу Рейнольдса.

5) В третьей главе описана стендовая установка, однако не приведены ее характеристики, какой масштабный геометрический коэффициент принят, какие числа подобия соблюдены для корректного сопоставления результатов численного расчета и стендового эксперимента. Без этой информации невозможно оценить корректность сравнения результатов проведенных

опытных лабораторных исследований аэрогазодинамических процессов в принятой конструкции стенда и численных расчетов.

6) В четвертой главе указано, что расчеты батареи циклонов проведены в дву- и трехмерной постановках. Но с необходимостью учета силы тяжести (основной причины осаждения частиц), течение в циклоне должно рассматриваться в трехмерной постановке. Как в двумерной постановке (плоском обтекании), обеспечивается учет силы тяжести? Без геометрической постановки задачи, из автореферата это понять невозможно.

7) Очень большое сомнение вызывают результаты обработки лабораторного эксперимента (таблица 1, рисунок 13). Во-первых, автор не приводит зависимости или формулы, по которой из результатов замеров разницы давлений получает скорость воздуха, которую сравнивает с результатами численного расчета. Во-вторых, почему для всех экспериментов при расчете доверительного интервала для давления и для скорости совпадают величины абсолютной погрешности? Например, эксперимент 1, в точке б давление $9,12 \pm 2,05$ Па, скорость $4,03 \pm 2,05$ м/с, погрешность и в давлении и в скорости 2,05; эксперимент 2 давление $13,25 \pm 3,02$ Па, скорость $4,86 \pm 3,02$ м/с, погрешность опять одинаковая 3,02, и т.д. В итоге из таблицы 1 следует, что автор в столбце «Скорость воздуха в т.б циклона v , м/с» складывает Па с м/с, и эти же результаты графически представлены на рис.13, и на основании этого автор делает необоснованные выводы о корректности проведенного вычислительного эксперимента и удовлетворительном совпадении его результатов с лабораторными испытаниями.

8) Оформление рисунков страдает ненужным форматированием - зачем их растягивать и сжимать (рисунки 7, 8, 9 и 13)? Это затрудняет их восприятие

7. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Морозов Антон Юрьевич.

Замечания:

1) На стр.10 (первый абзац) автореферата указано о «качественном соотношении» результатов натурного эксперимента с результатами теоретических расчетов с использованием комплекса Re_г. Необходимо более развернуто пояснить: что именно имеется ввиду.

2) Каким образом обеспечивалась равномерность (по времени и по сечению воздуховода) введения пыли в воздушный поток на входе в установку «циклон-фильтр».

3) В натурном эксперименте отсутствуют измерения концентрации пыли, сравнение расчетной и фактической эффективности очистки («коэффициент осаждения взвешенных частиц»)? Как автор оценивает целесообразность проведения данных мероприятий в рамках исследования характеристик разработанного комплексного воздухоочистительного устройства.

4) Автором найдено оптимальное расстояние от центра лабораторного циклона для размещения фильтра -0,041 м. Возможно ли этот результат экстраполировать на большие типоразмеры циклонов?

5) На стр.17 автореферата (третий абзац сверху) повтор.. «важный элемент в системе».

8. Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Никулин Николай Юрьевич.

Замечания:

1) Из автореферата не ясно, к чему относится параметр V_0 (входная скорость) – к вращающемуся потоку или частице во вращающемся потоке.

2) На стр.16 абзац 1 допущена ошибка или опечатка: «при номинальном расходе, равном 28,6 м/с». Расход не измеряется в единицах [м/с].

9. Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции учреждения образования «Брестский

государственный технический университет» Новосельцев Владимир Геннадьевич.

Замечание:

1) По автореферату имеются незначительные замечания редакционного характера.

10. Кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных систем и экологии государственного бюджетного образовательного учреждения Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет» Просвирина Ирина Сергеевна.

Замечания:

1) В тексте (стр.4) говорится о степени очистки по классу F7. Однако в выводах и расчетах фигурирует эффективность осаждения до 99,29% для инерционной части и 99% для класса PM10. Было полезно пояснить, как именно достигнутый уровень очистки соотносится с требованиями класса F7 (в частности, по фракции 0,4 мкм) и какую роль в этом играет фильтрующая ткань, установленная в элементе.

2) В шестой главе представлена экономическая оценка (993 тыс. руб. экономии газа и 42,6 тыс. руб. снижения затрат на ТО). При этом не совсем ясно, входит ли в расчетный срок окупаемости (3-4 года) стоимость изготовления или модернизации самих ВОУ, или же оценка производилась по эксплуатационным затратам?

11. Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», директор научно-образовательного центра «Теплогазоснабжение и вентиляция» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» Саргсян Самвел Володяевич.

Замечания:

1) Из 34 публикаций, в которых отражены результаты диссертационного исследования, только три из них размещены в журналах из списка ВАК РФ по специальности 2.1.3. Отметим, что это не противоречит требованиям ВАК.

2) В расшифровке параметра η для формулы (1) было бы корректнее указать, вязкость чего именно имеется в виду.

3) Пункты заключения лучше формулировать, начиная с конкретных результатов, вводимых ключевыми словами «доказано, что...», «подтверждено, что...», «обнаружено, что...» и т.д., потому что в противном случае может возникнуть впечатление, что в основном получается простое перечисление того, что сделано в работе.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и их квалификацией определять научную и практическую ценность диссертации.

Официальный оппонент Литвинова Наталья Анатольевна – доктор технических наук по специальности 2.1.3 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение», 2.1.10 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства», является специалистом в области экспериментальных и численных исследований приточных вентиляционных устройств с очисткой воздуха от газообразных и взвешенных частиц, автор 158 научных работ.

Официальный оппонент Мостовенко Любовь Владимировна – кандидат технических наук по специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика», является специалистом по численному моделированию динамики дисперсных потоков в золоочистных аппаратах со сложной проточной частью, автор 63 научных работ.

Выбор ведущей организации – ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» г. Волгоград обусловлен тем, что организация широко известна своими достижениями в области исследований характеристик пыли, компонентного состава, в выбросах атмосферу

промышленных предприятий в воздушной среде урбанизированных территорий населенных пунктов, разработке аппаратов и средств защиты окружающей среды, в том числе методами численного моделирования. Обладая мощным научным потенциалом и существенным опытом практической деятельности, сотрудники организации способны оценить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны рациональный способ и алгоритм комбинированного (2d- и 3d-) численного моделирования работы воздухоочистительных устройств (ВОУ) с обеспечением очистки воздуха по классу F7 в газотранспортных, энергетических и промышленных компрессорных станциях систем вентиляции, газоснабжения, позволяющие понизить требуемую вычислительную мощность и до 7 раз уменьшить затраты машинного времени на выполнение исследования в целом;

предложены научно-обоснованные подходы к расчетному определению степени осаждения частиц пыли классов $PM_{2,5}$ и PM_{10} в циклонно-фильтрующем аппарате на основе значений критериального числа Re_r , позволяющего выполнять уточненный учет энергии частиц разных фракций, движущихся в потоках с малым радиусом кривизны, что обеспечивает рациональное конструирование воздухоочистных аппаратов;

доказана корректность применения разработанных алгоритма и рационального способа выполнения комбинированных 2d- и 3d- исследований для модернизации и конструирования новых типов ВОУ с большим числом циклонных и фильтрующих очистных элементов, путем валидации результатов численных исследований по данным, полученным экспериментально.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность рационального размещения циклонно-фильтрующих элементов в блоке ВОУ с достижением эффективности очистки дисперсных выбросов порядка 99%, на основе выполнения комбинированных

(2d-, 3d-) численных исследований по разработанной методике, которая может использоваться для других типов очистных аппаратов, содержащих большое число рабочих элементов, например, для мультициклонов;

применительно к проблематике диссертации результативно, с получением обладающих новизной результатов, использованы теоретические расчеты на основе относительного числа Рейнольдса Re_r по оценке эффективности очистки воздуха в циклонно-фильтрующем элементе модуля ВОУ, а также методы вычислительной гидродинамики (на основе ANSYS Fluent) для эффективного размещения элементов в модуле и детального расчета аэродинамических характеристик дисперсного потока в элементе «циклон-фильтр»;

изложена последовательность постадийного выполнения комбинированных 2d-, 3d- численных исследований по рационализации расположения рабочих элементов при модернизации и конструировании новых типов ВОУ с большим числом циклонных и фильтрующих очистных элементов с обеспечением очистки воздуха по классу F7 для газотранспортных, энергетических и промышленных компрессорных станций систем вентиляции, теплоснабжения, газоснабжения;

раскрыты причины недостаточного развития научно-исследовательских работ в направлении решения проблемы рационализации численных исследований объектов с большим количеством рабочих элементов;

изучены аэродинамические параметры дисперсных потоков в очистных элементах и модулях воздухоочистных устройств методом вычислительной гидродинамики (CFD) с опытной валидацией полученных данных, позволившие создать корректную двумерную модель трехмерного потока в возвратно-поточном циклонном элементе, и на ее основе – метод комбинированного 2d-, 3d- численного исследования;

проведена модернизация существующих методов расчета конструкций модулей ВОУ посредством рационализации подходов к расстановке рабочих

элементов и ориентированию их входов, позволяющая обеспечивать высокую степень захвата (оценочно порядка 99%) взвешенных частиц.

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

разработаны и внедрены предложения по повышению эффективности осаждения мелкодисперсных частиц в КБОУ КС ООО «Газпром трансгаз Казань» и АО «Эссен Продакшн АГ»; результаты исследования используются в учебном процессе студентов ФГБОУ ВО «КГЭУ» (имеются акты внедрения);

определены перспективы применения разработанных в диссертации конструктивных усовершенствований при ремонтных работах и модернизации КБОУ ООО «Газпром трансгаз Казань» на КС Арская;

создан алгоритм по выполнению комбинированных 2d-, 3d- исследований для совершенствования существующих и конструирования новых аппаратов типа БОУ с большим числом очистных элементов, что позволит существенно понизить требуемую вычислительную мощность вследствие существенного (оценочно в 7 раз) уменьшения объемов вычислений;

представлены рекомендации по продолжению комбинированных 2d-, 3d- исследований с целью оптимизации компоновки модулей циклонно-фильтрующих элементов по месту их расположения в корпусе БОУ, а именно – с выделением модулей в пристенной области, в переднем и последнем рядах, с созданием для них унифицированных блоков циклонно-фильтрующих элементов.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с помощью поверенных микроанометров ММН-2400(5)-1.0, сертифицированного термоанометра Testo 425 и оттарированной с его помощью трубки Пито (результаты тарировки приведены в приложении Г диссертации);

теория построена на применении в теоретических расчетах исследуемых очистных устройств известного безразмерного комплекса (относительного числа Рейнольдса) Re_r , характеризующего возможность инерционного

осаждения частиц при малой кривизне траектории дисперсного потока, и не противоречит общепринятым научным положениям, а также согласуется с опубликованными экспериментальными работами других авторов;

идея базируется на анализе практики исследований аэродисперсных потоков в КВОУ с большим числом элементов и на обобщении передового опыта их эксплуатации (а именно – высокой степени очистки воздуха на ТЭС с ГТУ и на компрессорных станциях магистральных газопроводов) с целью создания метода моделирования ВОУ с существенным снижением объемов вычислений для обеспечения их доступности для систем вентиляции, теплоснабжения, газоснабжения газотранспортных, энергетических и промышленных организациях с не крупными вычислительными центрами;

использованы данные, полученные другими авторами по тематике работы, и проведено их сравнение с авторскими данными по выполнению комбинированных 2d-, 3d- численных исследований;

установлено качественное и количественное соответствие полученных результатов при численном моделировании с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике; результаты лабораторных замеров показали хорошее соответствие с данными, полученными в численном исследовании;

использованы современные методики экспериментальных исследований, сбора, обработки.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в разработке конструкции и численной модели модулей с циклонными элементами «циклон-фильтр» для однофазных и многофазных потоков; в осуществлении опытных и численных исследований; проведении обработки полученных результатов и их валидации, подготовке докладов, выступлении на конференциях и написании научных статей.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования. Разработанные в диссертации алгоритм и методика комбинированных 2d- и 3d- исследований необходимо использовать для

создания типоразмерного ряда усовершенствованных конструкций аппаратов типа ВОУ небольшой производительности для газоочистки на компрессорных станциях промышленных предприятий и в системах энергогенерации, газотранспорта, вентиляции и кондиционирования воздуха. Материалы диссертационного исследования целесообразно использовать в учебном процессе для студентов по дисциплинам, связанным с технологической, санитарно-гигиенической и экологической очисткой воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, газотранспорта, энергогенерации, с целью обретения навыков конструирования и расчетов новых типов газоочистных устройств.

В ходе защиты диссертации существенных критических замечаний по научной новизне и значимости работы для науки и практики высказано не было. Соискатель Беляева Гульназ Ильхамовна аргументированно ответила на замечания и задаваемые ей в ходе заседания вопросы. С рядом высказанных замечаний соискатель согласился.

Заключение. Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Беляевой Гульназ Ильхамовны «Комбинированное численное исследование усовершенствования воздухоочистительных устройств газотранспортных, энергетических, промышленных компрессорных станций» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, в которой на основе методов вычислительной гидродинамики (ПК ANSYS Design Modeler, Space Claim Direct Modeler, Fluent), созданы геометрические и численные 2d- и 3d- модели блочной (модульной) компоновки ВОУ, составлены алгоритм и рекомендации по выполнению комбинированного 2d-, 3d- исследования модулей и проведено их исследование с валидацией полученных результатов на основе натурных замеров на лабораторной модели. Работа соответствует критериям, установленным п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в актуальной редакции 16.10.2024 г.

На заседании 01 июля 2026 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные результаты по комбинированным численным исследованиям усовершенствования воздухоочистительных устройств, направленные на рационализацию способов численного исследования, имеющие существенное значение для развития систем вентиляции, газоснабжения в производственной и энергетической сфере РФ, присудить Беляевой Гульназ Ильхамовне ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.1.3. «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту «0» человек, проголосовали: за «11», против «0», недействительных бюллетеней «0».

Председатель

диссертационного совета



Ильин Владимир Кузьмич

Ученый секретарь

диссертационного совета



Хайбуллина Айгуль Ильгизаровна

«01» июля 2026 г.

