

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.201.02**  
**СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО**  
**УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР**  
**УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**  
**ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**  
**КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 06.02.2025, протокол № 34

О присуждении Попову Максиму Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Расчет воздухораспределения в рудничных вентиляционных сетях с учетом тепловой депрессии в наклонных горных выработках» по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» принята к защите 07.10.2025, протокол № 30, диссертационным советом 24.1.201.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН), 614013, г. Пермь, ул. Ленина, д. 13а, утвержденным приказом Минобрнауки России № 144/нк от 15 февраля 2022 г.

**Соискатель** Попов Максим Дмитриевич «09» апреля 1994 года рождения, в 2018 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», строительный факультет с присвоением квалификации (степени) – магистр по направлению подготовки 08.04.01 Строительство. В период с 2018 по 2023 год обучался в очной аспирантуре ПФИЦ УрО РАН, по направлению подготовки 21.06.01 «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых», окончив ее с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». В настоящее время работает в отделе аэрологии и теплофизики Горного института Уральского отделения Российской академии наук – филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра («ГИ УрО РАН») на должности инженера.

Диссертация выполнена в отделе аэрологии и теплофизики «ГИ УрО РАН».

**Научный руководитель** – Левин Лев Юрьевич, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, заведующий отделом аэрологии и теплофизики «ГИ УрО РАН» – филиала Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН (г. Пермь).

**Официальные оппоненты:**

1. **Каледина Нина Олеговна** доктор технических наук, профессор кафедры Безопасности и экологии горного производства Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (г. Москва);
2. **Родионов Владимир Алексеевич** кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасности производств, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» (г. Санкт-Петербург)

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное казенное учреждение дополнительного профессионального образования «Национальный аэромобильный спасательный учебно-тренировочный центр подготовки горноспасателей и шахтеров» (г. Новокузнецк). Ведущая организация дала положительный отзыв, подписанный начальником научно-исследовательского отдела ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», канд.



техн. наук Говорухиным Юрием Михайловичем, и утверждённый начальником ФГКУ «Национальный горноспасательный центр» Петровым Сергеем Анатольевичем.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, широкой известностью публикаций и достижений в области рудничной аэрогазодинамики.

**Соискатель имеет** 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ.

Основные публикации:

1. Попов М. Д., Гришин Е. Л., Жихарев С. Я., Шалимов А. В. Оценка рисков последовательного проветривания при вскрытии месторождения наклонными съездами // Горный журнал. – 2023. – №11. – С.49–56. DOI: 10.17580/gzh.2023.11.08.
2. Пересторонин М. О., Паршаков О. С., Попов М. Д. Параметризация модели вентиляционной сети при анализе аварийных режимов проветривания систем горных выработок // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8. – №2. – С. 150–161. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-10-13.
3. Левин Л. Ю., Попов М. Д., Кормщиков Д. С., Зайцев А. В. Моделирование систем пожаро-оросительных трубопроводов горнодобывающих предприятий в аналитическом комплексе «АэроСеть» // Горный журнал. – 2021. – №7. – С. 85–90. DOI: 10.17580/gzh.2021.07.15.
4. Попов М. Д., Кормщиков Д. С., Семин М. А., Левин Л. Ю. Расчёт устойчивости воздушных потоков в горных выработках по фактору тепловой депрессии в аналитическом комплексе «АэроСеть» // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – №10. – С. 24–32. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-10-24-32.
5. Попов М. Д., Семин М. А., Левин Л. Ю. Анализ воздухораспределения в наклонной горной выработке при наличии интенсивного источника тепловыделения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых – 2024. – №4. DOI: 10.15372/FTPRPI20240412
6. Левин Л.Ю., Семин М.А., Попов М.Д., Жихарев С.Я. Валидация модели тепломассопереноса в атмосфере горизонтальной горной выработки при наличии интенсивного источника нагрева // Недропользование – 2024. – Т. 24. – № 3. – С. 169-176. DOI: 10.15593/2712-8008/2024.3.8
7. Levin L., Popov M., Semin M., Zhikharev S. Experimental and Numerical Study of Air Flow Reversal Induced by Fire in an Inclined Mine Working // Applied Sciences. – 2024 – Т. 14. – №. 15 P.6840. DOI: 10.3390/app14156840

Публикации в журналах ВАК в полной мере отражают основные научные результаты работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:** от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента **Калединой Н.О.** В отзыве отмечается актуальность темы диссертации, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, новизна выполненных исследований и полученных результатов, достоверность результатов исследований, научных положений выводов и рекомендаций, практическая значимость диссертационного исследования. Оппонент приводит в своем отзыве следующие замечания по диссертации и автореферату:

- В работе автора все рассуждения приведены для случая постоянного газового состава рассматриваемой смеси, однако в зависимости от объекта возгорания газовый состав может значительно изменяться, - желательно указать рекомендации относительно этого обстоятельства.
- При оценке сходимости принятой сетки в работе нет обоснования принятого размера ячейки на поверхности источника нагрева.
- Физическая модель позволяет исследовать влияние на формирование тепловой депрессии такого значимого фактора как угол наклона выработки, и в работе есть раздел, посвященный измерениям параметров воздушного потока «...для различных углов наклона испытательного стенда», но в тексте приведены результаты только для двух положений: горизонтального для угла наклона  $-13^\circ$ , и вывод о влиянии угла наклона выработки на опрокидывание струи



воздуха под действием тепловой депрессии не сформулирован. С чем это связано: влияние данного фактора оказалось несущественным, или оно учитывается другими параметрами?

- При оценке возможности масштабирования полученных регрессионных зависимостей для случая реальных горных выработок нет четкого определения границ их применимости. Неясно, какова степень универсальности этих регрессионных зависимостей, каково их предназначение в дальнейшем - можно ли использовать их для разных рудников или шахт, или необходимо определять заново для каждого нового объекта.
- В предложенном алгоритме расчета воздухораспределения рассмотрено размещение источника возгорания в середине наклонной выработки, а каким образом учитывается влияние произвольного местоположения источника (очага пожара) в реальных сетях на величину тепловой депрессии (это может иметь важное значение при определении безопасных зон ведения аварийно-спасательных работ)?
- Следует отметить также замечания к технической стороне оформления работы: одни и те же величины в разных разделах могут обозначаться разными символами; в ряде приведенных формул не ко всем параметрам есть расшифровка; в подписи к рис.5.8 неправильно указано название рудника; в подрисуночных подписях не всегда указаны все условные обозначения, - что затрудняет восприятие работы при чтении. Кроме того, в соответствии с принятым стандартом выводы по главам не нумеруются.

2. Положительный отзыв официального оппонента **Родионова В.А.** В отзыве отмечается актуальность, научная новизна диссертации, оценены степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, достоверность научных положений и выводов, указана значимость работы для науки и практики, соответствие содержания автореферата основным научным положениям.

Оппонент отмечает следующие замечания:

- Свободная трактовка ГОСТ Р 7.0.11-2011 заключающаяся в наличии в тексте диссертации стилистических, орфографических и пунктуационных неточностях встречающихся например на стр.2, 3, 6, 8, 10, 15 (в т.ч. рис. 1.1), 21, 35, и т.д. в т.ч. и на стр. 140-157.
- В первой главе «Состояние изученности вопроса и задачи исследования» вызывает некоторое недоумение подробный анализ зарубежного опыта и незначительный объем источников из ведущих школ Москвы и Санкт-Петербурга прежде всего сотрудников учебных заведений МЧС и научных сотрудников ВНИИПО, в структурных подразделениях которых были написаны десятки диссертационных работ связанных с исследованием пожаров на транспорте, в том числе и пожары на метрополитене. В результате такого неоднозначного подхода сделан акцент на подземных пожарах Швеции, и при это выбран также неоднозначный период 2008-2012. Сама работа посвящена в том числе и изучению процессов тепломассопереноса в наклонных горных выработках и в то же время в тексте диссертации отсутствует упоминание о пожаре в наклонном ходе Лондонского метро станция "Кинс-Кросс Сент- Панкрас». В нашей стране (России) метрополитен есть во многих городах миллионниках и только в Москве официально регистрируется ежегодно как минимум по одному возгоранию. В связи с вышеизложенным хотелось бы при ответе на данный вопрос получить объяснение почему выбран именно такой подход к анализу подземных пожаров.
- По тексту диссертационной работы встречается вольная трактовка профессиональных терминов, из области пожарной безопасности, в частности гетерогенное горение, гомогенное горение, эндогенный и экзогенный пожар, показатель пожароопасности ГОСТ Р 57717, ГОСТ 12.1.044, ФЗ № 123 ТРОТПБ и т.д. Скорее всего это объясняется тем, что автор рассматривает данные термины в качестве прикладных и не относящихся к основной теме его исследования. Однако необходимо понимать, что например искрение внутри электрических кабелей не возможно либо в таком случае оно называется «пробоем» и др. шероховатости. Также в разделе 1.1.1, в котором приводится ссылка на ГОСТ 12.1.044, автор диссертации утверждает, что к газам относятся см.стр16 «...вещества, абсолютное давление паров которых при температуре 50 °С равно или более 300 кПа....», что не точно цитирует текст государственного



стандарта, подобного рода неточности лишь подтверждают выдвинутое выше предположение о недостаточном погружении автора в вопросы пожарной безопасности.

- На странице 32 приведен рисунок 1.5 тепловыделение при горении буровой установки, однако в тексте диссертации речь идет о погрузочно- доставочной машине, кроме того непонятно кем получены экспериментальная и рассчитанная кривая. Что имеет место быть в данном случае несоответствие источника или приведенного содержания?
- В подразделе 1.5 Анализ опыта экспериментальных исследований возгораний в лабораторных условиях приводится анализ зарубежных исследователей, но нет ни одной ссылки на прикладные программные комплексы позволяющие осуществлять моделирование процессов тепломассопереноса протекающих на пожаре применяемых российскими специалистами (Кошмаров Ю.А., Моторыгин Ю.Д. и др.) в рассматриваемой области применительно к процессам тепломассопереноса. Речь идет прежде всего о ПК Fenix+3 Фогард Пиротек, FireCat PyroSim и др. Также не совсем понятно какую модель распространения опасных факторов пожара автор возьмет за прототип для своих исследований: интегральную, зональную или полевую модель?
- На стр.40 приведен рисунок 2.1 состоящий из 5 пронумерованных и неописанных частей. Причем показанные крупные части стенда отличаются друг от друга и не совсем понятно какой из трех из 5 наиболее крупных фрагментов и является общим видом аэродинамического стенда, особенно если на представленном фотоматериале присутствуют посторонние объекты и детали. Считаю целесообразным для столь главного элемента работы было бы приведение какого-нибудь одного наиболее «полнообранного» элемента установки с ее чертежом. В чем был смысл вставки в таком виде данного рисунка?
- На странице 41 приведен рисунок 2.2 подпись рисунка не соответствует его содержанию раз и два в тексте работы он назван стендом. Если здесь нет ошибки, то что тогда изображено в левой части рисунка?
- В связи с тем, что условия создания теплового потока и его скорость в тексте написаны обтекаемо, то хотелось бы уточнить почему выбрано включение только 6 ТЭНов из 9, мощность не более 14 кВт а не 22,5 и как при этом влияла скорость воздушного потока на достижение требуемого температурного режима, а также непонятно чем обоснован выбор 6 режимов приведенных в таблице 2.1 (особенно 2 режим) и что означает постоянная производительность вентилятора в м/с.

3. Положительный **отзыв ведущей организации**. В отзыве отмечается актуальность темы выполненной работы и ее связь с соответствующими отраслями науки и практической деятельности, научная новизна диссертации, степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, научные результаты и их ценность, теоретическая и практическая значимость результатов. В отзыве перечислены рекомендации по использованию результатов работы.

Ведущая организация отмечает следующие замечания и вопросы:

- В формуле (7) и на рисунке 1.2 используется обозначение  $\Delta h_k$ , «как разность высот места пожара от ближайшего узла вентиляционной сети или от места, где происходит охлаждение струи до почти первоначальной температуры». Однако, в пояснениях к формуле применяется обозначение  $\Delta H$ .
- На рисунке 1.2 «Схема теплового действия шахтного пожара» не обозначен очаг пожара (как поясняющей выноски).
- На странице 54 (последний абзац) приводится обозначение  $X(X)X$ , где «первое и последнее числа соответствуют минимальному и максимальному замеренному значению за выбранный период времени соответственно, второе значение соответствует осредненному по времени замеренному значению». В данном случае корректнее использовать разные буквенные обозначения для разных параметров, даже при равных числовых значениях.

На автореферат поступило 9 отзывов:

1. Положительный отзыв от Майорова А.Е., д-ра техн. наук, заведующего лабораторией геомеханики и геометризации угольных месторождений Федерального



**государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук», г. Кемерово.**

В отзыве имеются следующие замечания:

- Из текста автореферата не ясно, по какой причине был выбран критерий Фруда, достаточно простой в математическом выражении, но не учитывающий шероховатость стенок выработки, явно отличающуюся от таковой для внутренней поверхности стенда?
- Исследовалось ли влияние шероховатости стенок, как компонент линейного сопротивления, в комплексе с тепловой депрессией на движение воздушного потока в наклонной выработке?
- В трехмерной численной модели (стр. 8) не описаны начальные и граничные условия (вход, выход, теплообмен и трение потока со стенками) – их стоило указать.

**2. Положительный отзыв от Минина В.В., канд. техн. наук, советника при ректорате Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург.** В отзыве имеются следующие замечания:

- Из текста автореферата не понятно, учитывался ли при моделировании теплообмен нагретого воздуха со стенками выработки и какое влияние он оказывает на результаты?
- Отличается ли интенсивность теплообмена нагретого воздуха со стенками выработки от теплообмена со стальными стенками экспериментальной установки? Как это учитывалось при валидации модели?
- Состав дымовых газов при пожарах обычно сильно отличается от состава воздуха, что приводит к изменению их плотности, а следовательно изменению параметров тепловой депрессии. Учитывается ли состав дымовых газов при параметризации конвективной модели?

**3. Положительный отзыв от Николаева А.В., д-ра техн. наук, профессора, кафедры горной электромеханики Федерального государственного автономного бюджетного учреждения высшего образования «Пермский национальный политехнический университет», г. Пермь.** В отзыве имеются следующие замечания:

- На рис. 8 представлены графики зависимости критического перепада давления от мощности источника тепловыделения для испытательного стенда и горной выработки. Неясно, как получены точки для графика, соответствующего реальной горной выработке? По формулам (9)-(10) или в результате трехмерного численного моделирования?
- На с. 12 автореферата представлено описание валидации расчетной модели путем сравнения с данными лабораторных экспериментов на стенде. При этом в тексте результаты сравнительных экспериментов абстрактные.
- Из автореферата не ясно, возможно ли определение воздухораспределения и направления движения газов в режиме реального времени для оперативного принятия решений по организации спасательных мероприятий.
- Название диссертации не совсем корректно. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой приводятся результаты исследований, а не только расчет физических параметров.

**4. Положительный отзыв от Лугина И.В., д-ра техн. наук, Ведущего научного сотрудника лаборатории рудничной аэродинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук.** В отзыве имеются следующие замечания:

- В цели работы, в третьем научном положении и в одном из пунктов научной новизны указан алгоритм расчета воздухораспределения в выработках шахтной сети с учетом тепловых депрессий пожара, однако в автореферате не приведена формальная запись или блок-схема этого алгоритма.
- В одном из пунктов научной новизны указано, что «разработан метод определения эквивалентной мощности пожара...». Разработка метода является весьма существенным



научным результатом, почему этот метод не вынесен в защищаемые научные положения и почему он не приведен в автореферате?

- В задаче №2 автор смешивает натурные измерения и физический эксперимент на масштабной модели на испытательном стенде. Натурные измерения - это так называемый полномасштабный эксперимент "Full scale" в международной терминологии), т.е. измерения, проводимые непосредственно на исследуемом объекте, а именно, в наклонной выработке реальной шахты.
- Во втором положении утверждается, что «Определены зависимости плотности и расхода воздуха... от характеристики вентиляционной сети...». Что это за зависимости и какая характеристика вентиляционной сети имеется в виду?
- В третьем научном положении утверждается, что «Доказана возможность применения рассчитанного среднего коэффициента конвективной дисперсии...», однако в тексте автореферата это доказательство не приведено, и сам термин «средний коэффициент конвективной дисперсии» нигде не встречается. Кроме того, конвективная дисперсия подразумевает совместное действие конвективной и диффузионной составляющих, однако в последнем абзаце на стр. 20 утверждается, что «диффузионная составляющая не учитывается ввиду ее малой величины».
- В автореферате присутствует небрежность в оформлении представления научных результатов, затрудняющая их понимание. Например, на стр. 13 упоминаются некое то вентиляционное окно 3, то вентиляционное отверстие 3, а на стр. 14 еще и клапан 3, причем без никакой ссылки на рисунок или описание. На рис. 6 на схеме вентиляционной сети для одномерного моделирования присутствует два разных узла с одинаковым обозначением №2, причем в описании системы уравнений 14, 15, 16, ссылающейся на этот рисунок, узла обозначены римскими цифрами I, II, III.

**5. Положительный отзыв от Бруева А.Н. канд. техн. наук, руководителя по развитию рудника - заместителя главного инженера ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат».** В отзыве имеются следующие замечания:

- В тексте автореферата присутствуют грамматические и пунктуационные ошибки;
- На странице 8-9 приведено описание не всех переменных, входящих в уравнения 6, 7, 8;
- Из текста автореферата не ясно, проводилось ли сопоставление других моделей турбулентности для численной трехмерной модели и границы применимости данной модели.

**6. Положительный отзыв от Стась Г.В., д-ра техн. наук, доцента кафедры Механики материалов и геотехнологий Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет».** В отзыве имеются следующие замечания:

- Раскрывая актуальность диссертационной работы, автор пишет: «совместно с протяженностью горных выработок растет и длина транспортных конвейеров». Что подразумевается под транспортным конвейером?
- В выражении (6) отсутствует пояснение к слагаемому  $G_k$ .
- Из текста автореферата неясно какие источники тепловыделений относятся к интенсивным, следовало бы уточнить критерии.
- Тест автореферата содержит стилистические ошибки. Например: «вытекает непосредственно из условия сохранения», «выбрано шесть точек по скоростям», «воздушная струя глобально не изменила направления», «примерное совпадение точек пересечения кривых», «регрессионная зависимость, предсказывающая величину массового расхода воздуха»

**7. Положительный отзыв от Хохлова Ю.А., д-ра техн. наук, ведущего научного сотрудника лаборатории горной теплофизики и Кисилева В.В., канд. техн. наук, старшего научного сотрудника лаборатории горной теплофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук"**



**Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук.** В отзыве имеются следующие замечания:

- Не понятно, какой методикой руководствовались при проведении лабораторных исследований и какие использовались измерительные приборы?
- Не ясно, что означает термин "характерный размер выработки L" (стр. 10, формулы 9 и 10);
- Так же непонятны термины "шаг нагружения прибора" (стр. 11) и "расчётная геометрия" (стр. 18)
- В тексте автореферата отсутствует ссылка на табл. 1 и анализ приведённых в ней данных
- Так же отсутствует анализ данных приведённых на рисунках 7, 8, 9
- Не совсем понятно, что означает выражение "поверхность входа вентилятора" (стр. 13)
- На рис. 6 представлены два узла под номером 2, хотя нижний узел скорее всего должен иметь номер 3
- Не совсем понятно, где на стенде располагается клапан №3 (стр. 14), как впрочем и все остальные клапаны?
- Так же неясно, как возможно изменить режим проветривания "части вентиляционной сети" (стр. 19)

**8. Положительный отзыв от Кобылкина А.С, канд. техн. наук, старшего научного сотрудника, лаборатории № 2.2 Геотехнологических рисков при освоении газоносных угольных и рудных месторождений, Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова» Российской академии наук «ИПКОН РАН».** В отзыве имеются следующие замечания:

- Название работы «Расчет воздухораспределения ...» неудачное. Исходя из названия, можно сделать вывод что соискатель защищает расчёт. Следовало бы в названии использовать словосочетание «алгоритм расчёта ...»
- В работе не хватает сравнения расчёта воздухораспределения при пожаре реализованного автором и расчёта, выполненного в других программах. Такое сравнение позволило бы более четко выявить практическую и научную новизну работы.

**9. Положительный отзыв от Прушака В.Я., д-ра техн. наук, профессора, академика НАН Беларуси, технического директора ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск (без замечаний).**

Все отзывы положительные в них отмечена актуальность работы, ее научная значимость и практическая важность. Отмечается высокий теоретический уровень работы, привлечение современных методических подходов и обширного объема лабораторных исследований. Имеющиеся в отзывах замечания связаны с оформлением автореферата работы, недостаточной подробностью описания некоторых деталей проведенных исследований в автореферате, а имеющиеся вопросы носят уточняющий характер.

В отзывах на автореферат отмечено, что диссертация является завершенным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют высокую научную ценность и большое прикладное значение. Многие замечания выражены в форме пожеланий и рекомендаций.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**введены** критерии устойчивости движения воздушного потока в наклонной горной выработке на основании начальных условий проветривания, различных источников тепловыделения и аэродинамических параметров наклонной выработки;

**предложены** методы определения эквивалентной тепловой мощности для точечного и распределенного шахтного пожара;



**разработан** алгоритм расчета стационарного воздухораспределения в вентиляционных сетях произвольной топологии с учетом тепловой депрессии пожара в наклонной горной выработке; **доказана** применимость метода Фруда для масштабирования получаемых численных решений в диапазоне масштабов от 1:1 до 1:10.

**Теоретическая значимость исследования** обусловлена тем, что:  
**использован** RANS-подход (уравнения движения вязкой жидкости, осреднённые по Рейнольдсу) к теоретическому описанию процессов тепломассопереноса в наклонной горной выработке с источником нагрева воздуха, правомерность которого для рассматриваемого класса задач подтверждена соответствием данным лабораторных экспериментов;  
**изучены** закономерности нестационарного расслоения воздушных потоков и конвективные режимы течения в наклонной горной выработке в условиях присутствия интенсивного источника тепловыделения;  
**установлена** взаимосвязь критической тепловой мощностью источника тепловыделения с геометрическими и аэродинамическими параметрами наклонной горной выработки;  
**проведена модернизация** сетевой модели распределения расходов воздуха и концентраций вредных примесей на предмет более корректного учета вариации плотности воздуха в окрестности источника возгорания, расположенного в наклонной или горизонтальной горной выработке.

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

**определены** условия, при которых тепловая депрессия может приводить к изменению расхода воздуха в условиях наличия интенсивного тепловыделения в наклонной горной выработке в аварийной ситуации, связанной с возгоранием;  
**разработан и реализован** испытательный аэродинамический стенд, имитирующий наклонную горную выработку с пожаром  
**представлен и реализован** алгоритм расчета воздухораспределения в вентиляционных сетях произвольной топологии с учетом тепловой депрессии пожара в наклонной горной выработке, позволяющий увеличить эффективность оперативных мероприятий ликвидации и локализации последствий аварий .

**Достоверность результатов подтверждается тем, что:**  
**для экспериментальных работ** результаты получены на основе анализа большого объема эмпирических данных, собранных с использованием поверенных средств измерений в лабораторных условиях;  
**теория построена** на основе модели, учитывающей трехмерную структуру воздушных потоков и включающей в себя осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса и уравнения переноса модели турбулентности Realizable k-epsilon лабораторных исследований;  
**идея базируется** на использовании аппроксимирующих выражений, полученных из экспериментальных исследований и многопараметрического численного трехмерного моделирования наклонной горной выработки с нисходящим проветриванием с учетом тепловыделения от источника нагрева при различных начальных перепадах давления;  
**использованы** полученные представительные выборочные совокупности полей скоростей и температур в различных сечениях лабораторного стенда, а также результатов математического моделирования тепломассообменных процессов;  
**установлено** качественное и количественное соответствие результатов математического моделирования с результатами выполненных лабораторных исследований и результатами представленными в независимых источниках по тематике рудничной аэрогазодинамики.

**Личный вклад соискателя состоит в** постановке задач, разработке математических моделей, лабораторных исследованиях, анализе и обработке полученных данных, выполнении расчетов и проведении численных экспериментов, разработке научных решений и их практической реализации.



**Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.**


На заседании 06 февраля 2025 г. диссертационный совет принял решение:  
*за решение научной задачи, направленной на определение критериев устойчивости проветривания наклонных горных выработок с нисходящим движением воздушного потока при пожаре, имеющей важное значение для развития рудничной аэрогазодинамики и горной теплофизики, присудить Попову М.Д. ученую степень кандидата технических наук.*

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.8.6, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 0, не проголосовало – 0.

Председатель  
диссертационного совета 24.1.201.02  
д-р техн. наук, профессор, академик РАН  
Барях Александр Абрамович

 / Барях А.А.

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.1.201.02  
канд. техн. наук  
Лобанов Сергей Юрьевич

 Лобанов С.Ю.

« 07 » февраля 2025 г.

