



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе,  
докт. техн. наук, профессор

Михаил Сергеевич Воротилин

«25» 05 2026 г.

## **О Т З Ы В**

**ведущей организации на диссертацию Белехова Павла Александровича: «Разработка метода прогноза концентраций загрязняющих веществ в воздухе тупиковых горных выработок при работе машин с ДВС», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.**

Диссертация Белехова П.А. изложена на 122 страницах машинописного текста, содержит 33 рисунка и 15 таблиц, состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 128 наименований, и 2 приложений. Диссертация Белехова П.А. написана грамотным техническим языком, использующим общепринятую терминологию, стиль изложения четкий, ясный и логичный, диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Работа обладает внутренней целостностью, выраженной в последовательном изложении защищаемых научных положений.

### **1. Актуальность темы диссертации**

В нашей стране значительная часть полезных ископаемых добывается подземным способом с использованием горного оборудования с двигателями внутреннего сгорания, в т.ч. работающего на дизельном топливе. Эксплуатация такого оборудования приводит к выделению в рудничную

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-190 от 17.06.26  
АУ УС

атмосферу выхлопных газов, содержащих вредные компоненты, которые ухудшают условия труда в горных выработках. Наиболее эффективное средство нормализации рудничной атмосферы — проветривание горных выработок, обеспечивающее разбавление загрязняющих веществ до предельно допустимых концентраций.

Необходимое количество воздуха для горных выработок определяют согласно «Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности» (ФНИП 505). В документе закреплены «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твёрдых полезных ископаемых», в частности, они предусматривают снижение концентраций окиси углерода и окислов азота у кабины машиниста ниже предельно допустимых значений и исключают попадание в кабину выбросов выхлопных газов. Кроме того, ФНИП расширяют и уточняют прежние критерии расчёта расхода воздуха, устанавливающие удельный расход воздуха на лошадиную силу, равный 5 м<sup>3</sup>/мин.

Выполнение требований ФНИП ПБ требует проведения специальных исследований, включая натурные наблюдения, для определения параметров выбросов загрязняющих веществ и их влияния на распределение концентраций СО и NO<sub>x</sub> в объёме выработки (в т.ч. у кабины водителя). Результаты таких исследований позволяют обоснованно рассчитать объём воздуха, обеспечивающий нормативные концентрации загрязняющих веществ в рабочих зонах.

Для горного оборудования с аналогичными техническими характеристиками (мощность двигателя, экологический стандарт топлива, расход при разных режимах работы и т.д.) допустимо использовать удельный расход воздуха на единицу мощности. Однако существующие методические подходы не дают научно обоснованного определения этого параметра. Причина в том, что они основываются либо на ограниченных инструментальных замерах выбросов, либо на математическом моделировании без учёта их натуральных замеров.

Решению всех вышеперечисленных проблем посвящена диссертационная работа Белехова П.А., что и определяет её **несомненную** актуальность.

## **2. Научная новизна диссертации**

Автор выносит на защиту три научных положения, раскрытых во второй - четвертой главах диссертационной работы.

В ходе научного исследования автором:

– предложена методика определения количества воздуха для достижения нормативной концентрации вредных компонентов выбросов выхлопных газов при нахождении горнотранспортной машины в проходческом забое;

– обоснованы аэрогазодинамические модели и осуществлен численный эксперимент;

– обоснована применимость математической и компьютерной моделей;

– получены на основании теории размерностей безразмерные комплексы и симплексы для описания относительной концентрации загрязняющих компонентов как при стационарном расположении расположения машины с ДВС в забое и при её движении;

– разработан алгоритм расчёта требуемого расхода воздуха, обеспечивающего нормативные концентрации загрязняющих компонентов в зоне кабины водителя при движении горной машины с в направлении к устью выработки;

– проведены натурные исследования по распределению вредных компонентов выхлопных газов по объёму подземной горной выработки при различном режиме работы двигателя горной машины.

## **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность и обоснованность результатов исследования Белехова П.А. подтверждается комплексным методом и анализом данных по вопросам проветривания подземных горных выработок, выявленным закономерностям

распределения газовых скоплений в объёме горной выработке, которые логично обоснованы разработанными зависимостями для обеспечения безопасных условий эксплуатации.

В исследовании автором использованы современные методы:

- комплексный метод;
- компьютерное моделирование;
- метод анализа размерностей для обоснования безразмерных комплексов;
- математическое моделирование стационарных аэрогазодинамических процессов.

Достоверность исследований подтверждается:

- отсутствием противоречий между результатами, полученными в диссертации, и результатами, изложенными по данной тематике в научной литературе другими авторами;
- использованием широко апробированных методов научных исследований, включающих измерения в натуральных условиях, математическое моделирование на основе современного программного обеспечения;
- апробированием результатов диссертационной работы на многочисленных научных конференциях, симпозиумах, совещаниях угледобывающих предприятий, учёных советах профильных ВУЗов, их публикаций в открытой печати.

В ходе исследования разработана комплексная методика прогноза концентраций загрязняющих веществ в зоне работы технических устройств с двигателями внутреннего сгорания.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

К числу существенных результатов, полученных автором, обладающих научной ценностью и достоверность которых не вызывает сомнений, можно отнести возможность применения результатов диссертационной работы в

практической деятельности горнодобывающих предприятий для повышения безопасности ведения горных работ.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на российских и международных научно-практических конференциях.

Тематика и содержание публикаций Белехова П.А. в полной мере отражают научные результаты работы и содержание диссертационной работы.

Результаты диссертационного исследования в достаточной мере освещены в 5 печатных работах, в том числе в 2 статьях - изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее -Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и систему цитирования Scopus. Автором получен 1 патент.

## **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации Белехова П.А. заключается в том, что:

- разработана методика расчёта необходимого расхода воздуха для обеспечения нормативных концентраций оксида углерода и окислов азота у кабины машиниста горнотранспортной техники;
- обоснованы аэрогазодинамические модели формирования полей концентраций оксида углерода и окислов азота, содержащихся в выбросах горнотранспортных машин с ДВС;
- результаты диссертационного исследования приняты к внедрению в Сибирской Каменноугольной Компании (акт № 04.03-К от 04.03.2026) в ходе работ по Обоснованию безопасности опасного производственного объекта Рудник с подземным способом разработки, II класса опасности;
- результаты диссертационной работы подтверждены патентом на изобретение № 2851560 Российская Федерация, МПК E21F 1/08(2006.01),

F24F 7/04 (2006.01). «Система проветривания протяженных тупиковых выработок».

## **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Полученные автором результаты диссертационной работы могут быть использованы в производственной деятельности горнодобывающих предприятий для повышения безопасности ведения горных работ при использовании транспортных средств с дизельными двигателями внутреннего сгорания.

## **7. Замечания и вопросы по работе**

1. В диссертационной работе приводится обширный анализ нормативных значений величин выбросов загрязняющих веществ от машин в различных странах и сравнение их значений с аналогичными данными в Российской Федерации. Однако нигде не дается прогноз возможного снижения нормативной величины выбросов в ближне- и среднесрочной перспективах. Это, на наш взгляд, является достаточно важным для выполнения прогнозных расчетов количества воздуха по фактуру разбавления выхлопных газов при работе горнотранспортного оборудования с ДВС при проектировании горнодобывающих предприятий;

2. Соискателем изучены закономерности работы погрузчика с дизельным двигателем в тупиковой выработке и влияние выбросов загрязняющих веществ на поля концентраций монооксида углерода и окислов азота при выполнении им технологических операции по погрузке разрыхленной рудной массы в забое и ее транспортировании к устью выработки. При этом выхлопная труба располагалась в задней части погрузчика. При нагнетательной схеме проветривания в период погрузки выхлопные газы не оказывали влияние на концентрации загрязняющих веществ на рабочем месте водителя. Негативное воздействие выхлопных газов на рабочем месте проявлялось только при движении погрузчика со скоростью, превышающей скорость воздуха в выработке, когда кабина машины оказывалась в области выбросов. Автор, к сожалению, не приводит данных о

формировании полей концентраций загрязняющих веществ, когда направления движения машины с ДВС и воздуха противоположны;

3. Результаты диссертационной работы свидетельствуют о том, что предлагаемая автором методика определения количества воздуха по фактору разбавления выхлопных газов машин с ДВС дает возможность уменьшить расчетный расход воздуха. При достаточно большом числе тупиковых выработок, в которых работают машины с ДВС, это может привести к сокращению количества воздуха для горнодобывающего предприятия, имеющего большой парк машин этого типа, что позволит получить определенный экономический эффект. Однако, в диссертационной работе о этом нигде не упоминается;

4. Правомерность использования разработанной автором методики определения количества воздуха было бы полезно проверить в других горнотехнических условиях.

Указанные недостатки, в основном, имеют рекомендательный и дискуссионный характер, не снижают научно-практической ценности диссертационного исследования П.А. Белехова и не влияют на общую положительную оценку работы

## **8. Заключение по диссертации**

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную совершенствованию метода прогноза концентраций загрязняющих веществ в воздухе тупиковых горных выработок при работе машин с ДВС.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертация Белехова Павла Александровича на тему: «Разработка метода прогноза концентраций загрязняющих веществ в воздухе тупиковых горных выработок при работе машин с ДВС», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения

о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Белехов Павел Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Отзыв на диссертацию Белехова Павла Александровича обсужден и утвержден на заседании кафедры механики материалов и геотехнологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» (протокол №10 от «25» мая 2026 г.). На заседании присутствовало 19 чел. Результаты голосования: за – 19, против – нет, воздержались – нет.

Председатель заседания

Зав. кафедрой механики материалов и геотехнологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет»

Докт. техн. наук, профессор



**Анциферов Сергей Владимирович**

Секретарь заседания

Доцент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет»

Канд. техн. наук



**Дворянкин Владимир Геннадьевич**

**Сведения о ведущей организации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ТулГУ»).

300012, г.Тула, пр.Ленина, д.92;

+7 (4872) 35-81-81;

[info@tsu.tula.ru](mailto:info@tsu.tula.ru)