

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ПФИЦ УрО РАН,
д-р физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН



О.А. Плехов

«01» июля 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук

Диссертация «Обоснование способа управления тепловым режимом рабочего места машиниста проходческо-очистного комбайна в условиях калийных рудников» выполнена в лаборатории цифровизации горнотехнических процессов Горного института Уральского отделения Российской академии наук – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр («ГИ УрО РАН»).

Соискатель Суханов Андрей Евгеньевич с 2021 года по настоящее время работает в «ГИ УрО РАН». В настоящий момент он является младшим научным сотрудником лаборатории цифровизации горнотехнических процессов. В 2021–2025 соискатель обучался в очной аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения «Пермский национальный исследовательский политехнический университет по направлению подготовки 21.06.01 «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых».

Научный руководитель — директор, заведующий отделом Аэрологии и теплофизики «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» — филиала Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук Левин Лев Юрьевич.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

I. Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа соискателя посвящена проблеме нормализации микроклиматических параметров на рабочих местах машинистов проходческо-очистных комбайнов при ведении горных работ на калийных рудниках. С увеличением глубины разработки происходит закономерный рост температуры вмещающего массива, что в совокупности с интенсивными тепловыделениями от высокопроизводительного горно-

шахтного оборудования приводит к существенному превышению допустимых температурных норм (фактические температуры достигают 39 °С при нормативных 26 °С). Выполненные ранее исследования по данной теме базируются на упрощенных и приближенных одномерных моделях, которые не способны детально учесть сложную аэродинамическую обстановку в призабойном пространстве тупиковых выработок. Кроме того, традиционные нагнетательные схемы проветривания вносят дополнительный вклад в общее количество тепловыделений, формирующих зону высоких температур в призабойном пространстве.

В своей диссертационной работе соискатель представил синтезированную математическую модель тепломассопереноса, основанную на сопряжении одномерного описания термодинамических процессов в выработке и трехмерного численного моделирования в призабойном пространстве. Ранее процессы теплообмена в забое рассчитывались без учета пространственной детализации работы конкретной техники, что приводило к погрешностям в оценке параметров микроклимата локально на рабочем месте машиниста. Результаты натурных исследований в совокупности с разработанной моделью позволили:

- установить закономерности формирования температурных полей,
- доказать эффективность перехода на всасывающий способ проветривания,
- с высокой точностью обосновать аэродинамические и тепловые параметры системы локального охлаждения воздуха.

Полученные результаты позволили автору разработать новую комплексную методику обоснования параметров систем местного кондиционирования для рабочих зон проходческо-очистных комбайнов.

Основной идеей диссертационной работы является управление тепловым режимом в ограниченном пространстве тупиковой горной выработки, основанное на перераспределении воздушных потоков и изменении их термодинамических параметров за счёт применения системы локального охлаждения и всасывающего способа проветривания

II. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Личный вклад автора состоял в постановке цели исследовательской работы и ее задач, выполнении натурных исследований, представленных в данной работе, выборе методики исследования, обработке и анализе полученных результатов, участии в

разработке математических моделей и их верификации, проведении заводских испытаний опытного оборудования.

В диссертационной работе отсутствуют заимствованные материалы без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результаты научных работ, выполненных Сухановым А.Е. в соавторстве, без ссылок на соавторов.

III. Степень достоверности полученных результатов

Достоверность подтверждается соответствием законам рудничной аэрогазодинамики и законам теплообмена, сопоставимостью результатов численного моделирования с большим объемом данных, полученных в ходе натурных замеров на подземном руднике Гремячинского ГОК, а также согласованностью полученных зависимостей с результатами, представленными в научной литературе.

IV. Новизна и практическая значимость исследования

Полученные закономерности формирования температурных полей в призабойном пространстве и установленные количественные оценки влияния горнотехнических факторов могут быть применены для комплексного анализа тепловой обстановки на глубоких горизонтах и использованы для параметризации сопряженных теплофизических моделей калийных рудников.

Разработанная синтезированная математическая модель тепломассопереноса, основанная на сопряжении одномерного и трехмерного численного моделирования, может быть применена для оперативного прогнозирования распределения температур воздуха как по всей длине тупиковой выработки, так и локально на рабочем месте машиниста комбайна. Полученная модель используется в Горном институте Уральского отделения Российской академии наук для решения практических задач.

Предложенный подход к обоснованию параметров систем локального кондиционирования воздуха может быть применен для нормализации микроклимата в проходческих и добычных рабочих зонах глубоких калийных рудников (в частности, для условий объектов АО «МХК «ЕвроХим», ОАО «Беларуськалий»). Применение данной методики позволяет повысить точность и надежность принимаемых проектных решений при выборе параметров климатического оборудования и способа проветривания тупиковой выработки при минимизации потребной холодопроизводительности систем.

V. Ценность научных работ соискателя

В диссертационной работе представлены количественные оценки и закономерности изменения параметров микроклимата в призабойном пространстве тупиковых выработок калийных рудников, установленные по результатам натурных исследований и численного моделирования тепловых процессов, позволяющие повысить точность оценки тепловой нагрузки на рабочее место машиниста комбайна.

На основе комплексного анализа влияния тепловых факторов и полученных закономерностей разработана синтезированная математическая модель тепломассопереноса в тупиковой комбайновой выработке глубокого калийного рудника, основанная на сопряжении одномерного описания параметров воздуха по длине выработки и трехмерного численного моделирования в призабойном пространстве. Модель, учитывающая влияние изменения способа проветривания выработки на всасывающую схему и особенности локализации тепловых потоков от породного массива и технологического оборудования, позволяет описывать пространственно-временное распределение температуры воздуха, а также осуществлять прогноз параметров микроклимата на рабочем месте машиниста комбайна.

Полученные зависимости параметров воздушной среды стали основой для разработки комплексной методики обоснования параметров систем местного кондиционирования воздуха, позволяющей нормализовать микроклиматические параметры в рабочих зонах машинистов проходческо-очистных комбайнов на глубоких калийных рудниках при минимизации потребной холодопроизводительности климатического оборудования. Результаты исследований использованы в практике проектирования систем местного кондиционирования, разрабатываемых научно-производственным объединением «Аэросфера». Предложенные в исследовании научно-технические решения перспективны для применения на подземных рудниках АО «МХК «ЕвроХим» и ОАО «Беларуськалий».

VI. Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа соответствует пункту паспорта специальности паспорта специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»:

- п. 11 «Гидро-, аэро-, газо- и термодинамические процессы, методы и средства управления ими в массивах горных пород и грунтов, горных выработках и выработанном пространстве».

VII. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертационной работы подготовлено и опубликовано 13 печатных работ, в том числе 7 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых ВАК, 8 в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

Наиболее значимые из работ, опубликованных по представленной теме:

1. Исаевич А.Г., Суханов А.Е., Желнин М.С., Поляков И.В. Оценка эффективности различных вариантов проветривания тупикового комбайнового забоя по пылевому фактору в условиях глубокого калийного рудника // Горный журнал. - 2023. - по. 11. DOI: 10.17580/gzh.2023.11.07.
2. Левин Л. Ю., Суханов А. Е., Исаевич А. Г., Козунин И. И. Экспериментальные исследования зависимости пылевой обстановки в тупиковой выработке от применяемого способа проветривания при механизированной добыче калийных руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 10. – С. 35–50. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_10_0_35.
3. Левин Л. Ю., Суханов А. Е., Мальцев С. В. Определение безопасных параметров системы вентиляции тупиковых калийных выработок при всасывающем способе проветривания по фактору взрывоопасных газов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025. – № 9. – С. 117–134. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_9_0_117.
4. Левин Л.Ю., Суханов А.Е., Мальцев С.В., Бартоломей М.Л., Пантелеев И.А. Исследование тепловых процессов в атмосфере рабочего пространства машиниста комбайна на глубоком калийном руднике при местном кондиционировании воздуха // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2026. – Т. 337. – № 2. – С. 38–49. DOI 10.18799/24131830/2026/2/4881
5. Смирнов А. Э., Суханов А. Е., Мальцев С. В. Исследование аэродинамического сопротивления вентиляционных трубопроводов при их эксплуатации в условиях калийных рудников // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 4. – С. 622-632. – EDN HBCWZN.
6. Суханов А.Е., Шишлянников Д.И., Исаевич А.Г. Использование перекрестной схемы резания для снижения пылевидных и небогатимых фракции при механизированной добыче калийной руды // Известия Томского политехнического

- университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 2. – С. 60-69. DOI 10.18799/24131830/2023/2/3767.
7. Шишляников Д. И., Трифанов М. Г., Муравский А. К., Микрюков А. Ю., **Суханов А. Е.** Повышение эффективности работы проходческо-очистных комбайнов для добычи калийных руд на основе информации о нагруженности их приводов // Известия вузов. Горный журнал" - 2021. - № 3. - С. 97-105. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-3-97-105.
 8. Levin, L.; Semin, M.; Maltsev, S.; Luzin, R.; **Sukhanov, A.** Numerical Analysis of the Impact of Variable Borer Miner Operating Modes on the Microclimate in Potash Mine Working Areas. *Computation* 2025, 13, 85. <https://doi.org/10.3390/computation13040085>.
 9. Semin M., Ivantsov A., Lyubimova T., Isaevich A., **Sukhanov A.**, Analyzing the impact of heat emissions from the borer miner on the efficiency of the exhaust ventilation system in a blind heading // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2024. – Т. 235. – С. 126183.
 10. **Sukhanov A.**, Maltsev S., Semin M., Isaevich A., Starikov A., Optimization of the Combined Ventilation System for Dust Reduction in Blind Headings of Potash Mines // *Mathematical Modelling of Engineering Problems*. – 2024. – Vol. 11, No. 5. – P. 1236-1244. – DOI 10.18280/mmep.110512. – EDN JBPWEV.

VII. Аprobация диссертационной работы

Результаты исследований и разработанные научные положения докладывались и подвергались обсуждению на ежегодных научных сессиях Горного института Уральского отделения Российской академии наук (г. Пермь, ГИ УрО РАН, 2024, 2025 гг.), на международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (г. Москва, НИТУ МИСИС, 2022, 2024 гг.), на XIX международном форуме-конкурсе студентов и молодых ученых "Актуальные проблемы недропользования (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 2023 г.), на отчетных конференциях по итогам 1 и 2 этапов выполнения крупного научного проекта по Соглашению с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2024-535 от 23 апреля 2024 г (г. Пермь, ИМСС УрО РАН, 2024, 2025 гг.), на XXIV Зимней школе по механике сплошных сред (г. Пермь, ИМСС УрО РАН, 2025 г.), на всероссийской молодежной научно-практической конференции «Проблемы недропользования» (г. Екатеринбург, ИГД УрО РАН, 2026 г.), на научно-технических советах рудника Гремячинского ГОК (г. Котельниково, ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий,

2022 - 2025 гг.), на научно-технических советах «НПО «Аэросфера» (г. Пермь, «НПО «Аэросфера», 2024, 2025 гг.).

VIII. Заключение

Диссертация Суханова Андрея Евгеньевича «Обоснование способа управления тепловым режимом рабочего места машиниста проходческо-очистного комбайна в условиях калийных рудников» обсуждена и одобрена на заседании Научного семинара «ГИ УрО РАН» 18 июня 2026 года, протокол 3/26.

Присутствовало на заседании 23 человека, из них 8 докторов и 12 кандидатов наук. Результаты открытого голосования научных работников «ГИ УрО РАН»: «за» - 23 чел.; «против» – нет, «воздержались» – нет.

Директор «ГИ УрО РАН»

Д.т.н., чл.-корр. РАН

Председатель заседания Научного семинара,

Уч. секретарь «ГИ УрО РАН», д.т.н.



Л.Ю. Левин

М.А. Семин