

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Бородавкина Дмитрия Алексеевича «Расчет и управление нестационарным тепловым режимом рабочих зон длинных очистных забоев (на примере Старобинского месторождения калийных солей)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Представленная на отзыв диссертационная работа общим объемом 133 страницы машинописного текста состоит из введения, четырех глав и заключения, списка литературы из 136 наименований, содержит 47 рисунков и 23 таблицы. Автореферат диссертации изложен на 23 страницах.

Актуальность работы. Как известно, современные глубокие шахты и рудники отличаются большой протяженностью горных выработок и сложной топологией систем вентиляции, оснащенных добычным оборудованием значительной мощности, кроме того, характеризуются сложными геологическими и горнотехническими условиями работы, а также высокими температурами горных пород и воздуха в рабочих зонах. Это способствует формированию в забоях нагревающего микроклимата, препятствующего нормальной терморегуляции организма горнорабочих при выполнении ими технологических операций определенной категории тяжести, последствием чего является снижение производительности труда, рост травматизма и ухудшение их здоровья.

Наличие мощного горношахтного оборудования в очистных и подготовительных выработках, выступающего в качестве абсолютного источника тепловыделений, способствует росту температуры на рабочих местах. Однако существующие математические модели прогноза теплового режима не учитывают нестационарный характер тепловыделений от

работающих механизмов, что может повлиять на итоговое значение показателя тепловой нагрузки и, как следствие этого, на выбор корректных параметров мероприятий нормализации микроклимата на рабочих местах.

Правила безопасности в шахтах и рудниках требуют при превышении температуры воздуха нормативных значений предусматривать его охлаждение. Для выполнения этого требования могут применяться как организационные, так и технические мероприятия по регулированию теплового режима, каждое из которых обладает своими достоинствами и недостатками, имеет определенную область применения и зависит от ряда факторов, среди которых выделяются климатические и географические условия района, горногеологические условия залегания месторождения, горнотехнические решения и параметры добычи.

В связи с этим, исследования связанные с совершенствованием существующих и разработкой новых, более эффективных научно-обоснованных способов нормализации теплового режима длинных очистных забоев глубоких калийных рудников, являются актуальными и имеют важное значение для создания безопасных и комфортных условий труда горнорабочим.

Стоит отметить, что диссертационная работа выполнялась в соответствии с планами научных исследований ГИ УрО РАН, а также исследования по теме диссертации поддержаны Российским научным фондом.

Исходя из достаточно объективно проанализированного состояния вопроса связанного с регулированием теплового режима в рабочих зонах очистных выработок глубоких шахт и рудников, автором диссертационной работы корректно сформулированы цель и идея работы, а также определены основные задачи исследований.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Соискатель на достаточно высоком научном уровне, с использованием различных подходов и методов

обстоятельно обосновывает полученные результаты исследований и сделанные выводы. Научные положения, вынесенные на защиту подробно аргументированы и строго обоснованы.

При математическом моделировании теплообменных процессов, происходящих в очистных и подготовительных выработках, применялись строгие математические методы с использованием фундаментальных законов термодинамики. Достоверность результатов численных расчетов подтверждается хорошей сходимостью с данными натурных наблюдений и положительным опытом внедрения результатов исследований на горных предприятиях ОАО «Беларуськалий» и ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий».

Научная новизна и значение результатов исследований для науки и практики. Соискателем разработана оригинальная математическая модель формирования микроклиматических условий в длинных очистных забоях калийных рудников, отличительной особенностью которой является учет нестационарного характера тепловыделений горношахтного оборудования. Модель позволяет рассчитать интегральную тепловую нагрузку на организм горнорабочих с учетом их графика нахождения на различных участках рабочих зон.

В работе обоснован способ распределения воздуха между транспортными и конвейерными штреками в калийных рудниках, при котором достигается минимальная температура смешанного воздуха и исключается аварийная остановка электрооборудования в следствие перегрева.

Как отмечает автор установка максимальной температуры воздуха в качестве стандарта для регулирования микроклимата не является подходящей, поскольку эффективность терморегуляции организма горнорабочих определяется не значением температуры воздуха в конкретный момент времени, а накопленной тепловой нагрузкой. Исходя из этого разработан алгоритм комплексирования организационных и технических мероприятий, основанный на минимизации интегрального индекса тепловой

нагрузки среды. Данный подход позволяет более эффективно управлять тепловым режимом рудника при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах, а в ряде случаев обосновывать более высокие температуры в выработках без снижения уровня безопасности ведения горных работ.

Разработанные автором математические модели и алгоритмы легли в основу программного обеспечения «ТНС», на которое получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023687145 от 12 декабря 2023 года. Программа позволяет рассчитывать распределение микроклиматических параметров воздуха в пространстве и времени в привязке ко времени нахождения рабочих, динамике расходов воздуха и тепловыделений от оборудования в горных выработках. Разработанный программный продукт, позволяет оценивать эффективность различных способов регулирования теплового режима и защиты горнорабочих от воздействия неблагоприятного микроклимата в зависимости от теплового режима участка рудника и горнотехнических условий.

Необходимо отметить, что результаты, полученные автором, легли в основу алгоритма комплексирования организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасных условий труда по тепловому фактору на горных предприятиях России и Республики Беларусь.

Таким образом, разработанные соискателем математические модели, алгоритмы и программное обеспечение, представляют научную и практическую значимость и при внедрении будут способствовать обеспечению безопасных условий ведения подземных горных работ, а также повышению эффективности управления тепловым режимом в подготовительных и очистных забоях калийных рудников в условиях нагревающего микроклимата при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

Замечания по диссертации.

- 1) В первой главе, к сожалению, довольно сжато приведены сведения о состоянии изученности вопроса по регулированию теплового режима в очистных забоях глубоких шахт за рубежом.
- 2) В разделе 1.2 (стр. 18) диссертации отмечается, что одним из факторов влияющих на формирование высоких температур в рабочих зонах калийного рудника являются тепловыделения от отбитой горной массы. Из диссертации не ясно, учитывался ли данный фактор при математическом моделировании нестационарных процессов теплообмена в подготовительных и очистных горных выработках, а также при проведении натурных исследований?
- 3) Из экспериментальных исследований величины нагрева рудничного воздуха при работающем конвейере (раздел 2.2 диссертации) не ясно, учитывалось ли влияние воздушной струи, поступающей с транспортного штрека.
- 4) В таблице 2.2 (стр. 51) не совсем корректно приведены результаты расчетов для случая, когда доля воздуха, поступающего по конвейерному штреку составляет 100%, поскольку это нарушает требования правил безопасности, т.к. в этом случае транспортный штрек не вентилируется.
- 5) Также необходимо отметить, что в работе не указано распределение относительной влажности воздуха в пространстве длинного очистного забоя ни по результатам проведения натурных исследований, ни по результатам математического моделирования, хотя данный параметр является одним из основных влияющих на терморегуляцию организма горнорабочих и используется при расчете индекса тепловой нагрузки.
- 6) В таблицах 3.3 (стр. 77) и 3.4 (стр. 81) приведены исходные параметры для прогнозных расчетов, где указана плотность воздуха $1,31 \text{ кг/м}^3$, что соответствует отрицательным значениям температуры воздуха в выработках.

7) В разделе 4.3 диссертации (стр. 102) указано, что перемещения работников в течение смены оказывают влияние на изменение параметров микроклимата в рабочей зоне. Из текста диссертации не ясно каким образом это происходит?

Сделанные замечания не снижают общего положительного восприятия диссертационной работы.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям. Диссертационная работа Бородавкина Дмитрия Алексеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические и методические основы управления тепловым режимом рабочих зон длинных очистных забоев калийных рудников для обеспечения безопасного ведения горных работ в условиях нагревающего микроклимата.

Материалы исследований изложены в логической последовательности, полученные результаты подробно иллюстрированы. Выводы по главам в целом составлены корректно и обоснованы результатами исследований, приведенными в соответствующих разделах, заключение отражает основное содержание диссертации. Диссертация написана ясным, технически грамотным языком.

Автореферат и публикации объективно и с достаточной полнотой отражают основные научные положения и содержание диссертации.

Заключение. Диссертационная работа Д.А. Бородавкина выполнена на актуальную тему, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеет научную и практическую значимость и отвечает требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ согласно п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Бородавкин Дмитрий Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 - «Геомеханика,

разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент Соловьев Дмитрий Егорович, кандидат технических наук (шифр и наименование научной специальности – 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»), заведующий лабораторией горной теплофизики Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН) – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ЯНЦ СО РАН).

Адрес: 677980, Россия, г. Якутск, пр. Ленина, 43.


Тел: 8-924-360-83-70; факс: (4112)335930;

E-mail: solovjevde@igds.ysn.ru.

Я, Соловьев Д.Е., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Кандидат технических наук

Д.Е. Соловьев

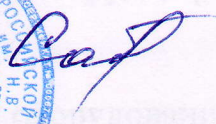
 "17" июня 2024 г.

Подпись официального оппонента заверяю:

Ученый секретарь ИГДС СО РАН,

кандидат технических наук



 С.И. Саломатова