

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Зайцева Артёма Вячеславовича

«Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэродинамика и горная теплофизика».

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, семи глав и заключения. Работа изложена на 247 страницах машинописного текста, содержит 72 рисунка и 51 таблицу. Список использованных источников состоит из 231 наименования, в том числе 43 зарубежных.

Актуальность темы диссертации.

В настоящее время при подземной разработке месторождений особо ценных полезных ископаемых возникает необходимость вовлечения в отработку новых, глубокозалегающих и труднодоступных залежей. Крупнейшие горнодобывающие предприятия: ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», ОАО «Беларуськалий», АК «МХК «ЕвроХим», ООО «УГМК-Холдинг», АО «СУБР», ведут работы на глубине до 2 километров, где температура окружающего массива горных пород достигает до +50 °С. Интенсивно применяются технологии с высоким выделением тепла (твердеющая закладка, горные машины с ДВС, и др). В результате этого суммарные тепловыделения приводят к тому, что температура воздуха в горных выработках начинает превышать +26 °С, допустимые «Правилами безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых».

На формирование теплового режима шахт и рудников оказывают влияние множество факторов: скорость, температура и влажность подаваемого в выработки воздуха; температура и теплоёмкость вмещающего массива горных пород; процессы влагообмена и сопровождающие их фазовые переходы; окислительные процессы горных пород; местные источники тепловыделений. Вклад тех или

инных факторов различен, зависит от климатических, геологических, горнотехнических условий и требует учета при прогнозе микроклиматических условий в подземных выработках.

Применяемые мероприятия по обеспечению нормативных температур в горных выработках приводят к значительным капитальным и эксплуатационным затратами и зачастую делают нецелесообразной отработку глубокозалегающих запасов полезных ископаемых. К тому же современные рыночные отношения накладывают жесткие условия к технико-экономическому обоснованию технических решений кондиционирования шахтного воздуха.

Таким образом, разработка методов управления тепловым режимом и средств создания безопасных и комфортных условий труда на глубоких рудниках, является актуальной проблемой.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, вынесенные на защиту, выводы и рекомендации в диссертационной работе подробно аргументированы и строго обоснованы.

Соискатель Зайцев А.В. изучил и критически проанализировал известные достижения и теоретические положения других авторов. Список использованной литературы содержит 231 наименование.

Им проведены обширные экспериментальные исследования, которые позволили установить общие закономерности формирования теплового режима глубоких рудников. Определены количественные и качественные параметры тепловыделений от техногенных источников.

При построении математических моделей за основу взяты фундаментальные законы гидродинамики и теплофизики, применяются строгие математические методы. Для верификации моделей проведено сопоставление расчетов и натурных измерений в воздухоподающих стволах рудников «Скалистый» и «Октябрьский» ЗФ ПАО ГМК «Норильский никель», которые показали хорошее совпадение.

Теоретические результаты подтверждаются большим объемом экспериментальных исследований на экспериментальных стендах и в рудничных условиях.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации подтверждается:

применением строгих математических методов и использованием фундаментальных законов гидродинамики и теплофизики при математическом моделировании вентиляционного и теплового режимов в шахтных сетях;

сопоставимостью результатов аналитических, численных решений и натуральных экспериментов;

значительным объемом экспериментов и наблюдений, выполненных при проведении промышленных испытаний;

положительными результатами реализации предложенных технических решений на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» и ОАО «Беларуськалий».

Научная новизна.

Диссертационная работа выполнена в соответствие с государственными планами научных исследований ГИ УрО РАН, проводившимися в период с 2008-2019гг.

Соискателем разработаны научные основы расчета и управления тепловым режимом глубоких подземных рудников. Основным наиболее значимым элементом является разработанная комплексная математическая модель тепло- и воздухораспределения в сети горных выработок, включающая модели тепловыделений от техногенных источников и модель конвективного теплопереноса в сети горных выработок с учетом нестационарного сопряженного теплообмена воздуха с породным массивом и процессов влагообмена в рудничной атмосфере, позволяющая рассчитывать микроклиматические параметры воздушной среды глубоких рудников, исследовать и разрабатывать способы регулирования теплового режима.

Разработаны феноменологические модели техногенных источников тепловыделения для современных горных машин, применяемых в глубоких рудниках. Определены оптимальные аэродинамические параметры главных воздухоподающих выработок глубоких рудников. Выполнено обоснование рационального и

эффективного применения рециркуляционного проветривания для регулирования теплового режима. Доказано, что применение систем вентиляции с использованием частичного повторного использования воздуха позволяет улучшить микроклиматические условия на рабочих местах горнорабочих.

Разработана математическая модель расчета рекуперативных теплообменных аппаратов, учитывающая пространственное распределение термодинамических параметров сред, участвующих в теплообмене, компоновочную схему аппарата и фазовые переходы тепло- или хладоносителя. Основываясь на результатах проведенных исследований разработан новый мобильный, передвижной теплообменный аппарат предназначенный для размещения в горных выработках – воздухоохладитель КШР-350Н.

Разработаны технологические и алгоритмические основы, критерии и программные средства для разработки ресурсосберегающих систем нормализации микроклиматических условий в горных выработках рудников с учетом их индивидуальных особенностей и комплексного критерия нормирования микроклиматических условий, учитывающего совместное влияние температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Новизна работы подтверждена 3 патентами РФ и свидетельством об официальной регистрации программы для ЭВМ «Аналитический комплекс «АэроСеть». Результаты исследований опубликованы в 22 статьях, в журналах рекомендованных ВАК РФ. Они неоднократно докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Практическая ценность работы:

В диссертации Зайцева А.В. предложены новые методические подходы для управления микроклиматом в подземных выработках глубоких рудников.

Полученные автором результаты позволяют использовать новую методологию при разработке и проектировании систем управления тепловым режимом, применение которой приводит к обеспечению безопасных условий труда по тепловому фактору в горных выработках глубоких рудников при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

Результаты работы внедрены в промышленную эксплуатацию на горнодобывающих предприятиях, часть находится в процессе внедрения. Разработанная подземная система кондиционирования воздуха КШР-350Н, предназначенная для местного кондиционирования воздуха, в настоящее время находится в промышленной эксплуатации в руднике «Таймырский» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» при отработке запасов на глубине свыше 1300 метров.

Разработанный горнотехнический способ нормализации микроклиматических условий в горных выработках на основе рециркуляционного проветривания применяется на рудниках ОАО «Беларуськалий». В промышленной эксплуатации находится система кондиционирования воздуха СКВ-250 с отведением избыточных тепловыделений в исходящую вентиляционную струю.

Переданы в проект на отработку глубоких залежей месторождения сульфидных медно-никелевых руд комплексные системы управления тепловым режимом шахт «Глубокая» и рудника «Таймырский» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

Система нормирования микроклиматических условий в горных выработках, вошла в состав действующих методик по расчету количества воздуха и организации проветривания горнодобывающих предприятий ОАО «Беларуськалий», ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий».

Разработанные в диссертации методики могут быть рекомендованы для передачи во все проектные институты и горные компании РФ и стран СНГ занимающиеся подземной разработкой глубокозалегающих месторождений, а также проектированием глубоких рудников.

Результаты работы могут быть рекомендованы для дополнения существующих программ учебных дисциплин по вентиляции и теплофизики шахт и рудников.

Замечания по работе:

1. Интенсивность выделения тепла при твердении связующего зависит от количества связующего, времени и температуры, при которой идёт процесс гидратации. Процесс нормального твердения цемента длится 28 суток. В разделе

2.2.3. «Твердеющий закладочный массив» эти моменты не рассматриваются. Формула 2.13 отражает только в первом приближении величину нагрева массива, как максимально возможную. Необходимо учитывать тепловыделения в динамике и с учетом оттока тепла в окружающий горный массив.

2. Конденсация паров воды из воздуха происходит преимущественно на поверхности выработок. Поэтому часть тепла фазового перехода будет отводиться в вмещающий горный массив. В связи с этим формулу 2.53 надо скорректировать введением в неё поправочного коэффициента во второй член правой части уравнения.

3. К сожалению в диссертации не приведены данные натуральных наблюдений изменения влажности воздуха в выработках рудников и оценки влияния процессов испарения и конденсации паров воды на температуру воздушной среды.

4. Нет оценки экономической целесообразности применения теплоизоляции для решения задач управления тепловым режимом рудников, обозначена только возможность использования и тепловая эффективность этого метода.

5. Имеются замечания по оформлению диссертационной работы, например, список литературы составлен в алфавитном порядке, а не по мере появления ссылки в тексте. На стр. 26 в тексте есть ссылка на рисунок, который не приведен. Встречаются ошибки в написании формул (например 2.51 на стр. 90). Не полностью описана схема на стр. 173, и др.

Заключение.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа в целом производит положительное впечатление.

Диссертация и автореферат написаны хорошим, технически грамотным языком. Результаты исследований проиллюстрированы таблицами, графиками, формулами. Автореферат диссертации полностью соответствует материалу, изложенному в диссертационной работе. Основные результаты диссертации опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертационная работа Зайцева Артёма Вячеславовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические и технологические основы построения ресурсосберегающих систем управления тепловым режимом подземных рудников. В работе представлено решение крупной научной проблемы, по обеспечению безопасных и комфортных условий труда подземных горнорабочих при разработке глубокозалегающих месторождений твердых полезных ископаемых, имеющей важное хозяйственное значение, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Автор диссертационной работы, Зайцев Артём Вячеславович заслуживает присвоения ему ученой степени доктора технических наук по специальности: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэродинамика и горная теплофизика».

Курилко А. С.

Подпись доктора технических наук Курилко А.С. заверяю.

И.о. зам. директора ИГДС СО РАН
по научной работе, к.т.н.



В.П. Зубков

Официальный оппонент Курилко Александр Сардокович,
доктор технических наук, заведующий лабораторией горной теплофизики.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН).

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

Тел: 8-914-233-57-42; факс: (4112)335930;

E-mail: a.s.kurilko@igds.ysn.ru.