

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Николаева Александра Викторовича «Научное обоснование и разработка технических и технологических решений по обеспечению безопасности труда на подземных горнодобывающих предприятиях средствами энергоэффективной вентиляции», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность»

Оценка актуальности темы диссертации

Проблемы развития добычи угля в Кузбассе подземным способом связаны, прежде всего, с высокой метаносностью угольных месторождений. Так, из 60 эксплуатируемых в Кузбассе шахт 22 шахты относятся к сверхкатегорным с метаносностью свыше $15 \text{ м}^3/\text{т}$, в том числе 15 шахт относятся к опасным по внезапным выбросам угля и газа.

При подземной добыче угля в Кузбассе, несмотря на принятые меры по обеспечению безопасности шахтеров, периодически происходят крупные аварии, вызванные взрывами метановоздушной смеси, приводящие к многочисленным жертвам. Одной из причин происхождения на шахтах взрывов метановоздушной смеси является недостаточно эффективная работа главных вентиляторных установок.

В настоящее время на проветривание шахт в Кузбассе расходуется от 30 до 50 % всей потребляемой электроэнергии и многие главные вентиляторные установки (ГВУ) работают на пределе своей мощности и производительности. Разработанные способы и средства проветривания не позволяют эффективно осуществлять управление процессом регулирования воздухораспределения по горным выработкам.

В этих условиях разработка энерго- и ресурсосберегающих технических и технологических решений для обеспечения эффективного проветривания шахт становится особенно актуальной.

Таким образом, докторская диссертация Николаева А.В., посвященная исследованию и разработке рациональных технических и технологических решений по повышению эффективности и безопасности проветриванию шахт является весьма актуальной.

Оценка обоснованности, достоверности и новизны научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертации автором сформулированы пять научных положений.

В первом научном положении установлено, что снабжение воздухом шахты в требуемом для обеспечения безопасности ведения горных работ объеме при оптимальных затратах энергоресурсов обеспечивается путем регулирования режимов ра-

боты ГВУ, определяемых заранее при помощи регрессионного анализа, позволяющих спрогнозировать изменение воздухораспределения между шахтными стволами в заданном доверительном интервале с учетом инерционности системы проветривания и воздействия на нее случайных факторов, определяемых параметрами наружного воздуха в краткосрочном периоде с точностью 85-90%.

Во втором научном положении установлено, что температурная изменчивость воздуха по сечению и глубине воздухоподающих стволов, вызванная инфильтрацией наружного воздуха через надшахтное здание и армированием воздухопадающих стволов, обуславливает возникновение в них «воздушных пробок», вызывающих опасность изменения температурного режима в смежных воздухоподающих стволах и обледенения крепи в них.

В третьем научном положении утверждается, что разработанные технические и технологические решения нивелируют негативное влияние, вызванное инфильтрацией наружного воздуха за счет увеличения поверхности теплообмена нагреваемых элементов, расположения теплообменников по периметру надшахтного здания и применения воздушной завесы, а также использование низкопотенциального тепла дымовых газов с котельной установки для нагрева теплоносителя воздухонагревательных установок позволяют обеспечить равномерный прогрев воздуха в воздухоподающих стволах, устранив угрозу нарушения в них теплового режима и снизить затраты энергетических ресурсов в пределах 11-18%.

В четвертом научном положении утверждается, что использование системы рециркуляции воздуха и устройств, преграждающих его поступление в выработанное пространство, играющих роль источника тяги при реверсе ГВУ, работающих в автоматизированном режиме, а также применение мобильных быстровозводимых шахтных вентиляционных перемычек, позволяющих изолировать горные участки от прохождения через них воздушных потоков и дымовых газов, обеспечивают промышленную безопасность в штатном и аварийном режимах.

В пятом научном положении утверждается, что возникновение между горными выработками естественных тяг, способствующих движению воздуха в требуемом направлении, а также ограждение горных участков, не предназначенных для проветривания, мобильными быстровозводимыми перемычками позволяет практически полностью исключить выпадение конденсата в горных выработках неглубоких рудников при снижении затрат электроэнергии на работу системы кондиционирования воздуха до 12%, обеспечить подачу свежего воздуха в требуемом объеме без применения дополнительных источников тяги и снизить температуру воздуха в буровой галерее шахт до требуемой при снижении затрат на проветривание в пределах 17-23%.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными и достоверными. Достоверность и обоснованность научных результатов подтверждается сходимостью данных, полученных теоретическим путем согласно разработанной методике определения требуемого режима работы ГВУ, с результатами, полученными в ходе экспериментов (максимальное отклонение расчетных от опытных значений составляет 7 %); корректным проведением компьютерного моделирования распределения воздушных и тепловых потоков по шахтным стволам и горным выработкам; положительными результатами испытаний шахтной вентиляционной перемычки и соответствием ее характеристик, установленных в ходе компьютерного и математического моделирования, высоким изоляционным свойствам.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, заключается в разработке методики расчета величины и направления общерудничной естественной тяги, позволяющей обеспечивать подачу воздуха в требуемом объеме за счет управления режимами работы ГВУ при минимизации затрат энергоресурсов на проветривание; в обнаружении закономерности температурной изменчивости воздуха по сечению и глубине воздухоподающих стволов, обуславливающей возникновение в них «воздушных пробок» и вызывающих опасность изменения температурного режима в смежных воздухоподающих стволах; в разработке и обосновании технических и технологических решений, позволяющих обеспечить равномерное распределение тепловых потоков по глубине и сечению воздухоподающих стволов, устранив проблему возникновения «воздушных пробок» и нерационального использования энергетических ресурсов; в разработке системы проветривания рудника, работающей в автоматизированном режиме и позволяющей обеспечить промышленную безопасность в штатном и аварийном режимах проветривания; установлении закономерности возникновения между горными выработками естественных тяг, способствующих движению воздуха в требуемом направлении без использования дополнительных источников, на основании которых разра-

ботаны способы проветривания добычных участков шахт, позволяющих нормализовать условия труда и безопасность горнорабочих с учетом их действия и применением быстровозводимых перемычек.

Научная значимость полученных автором результатов заключается в системном подходе к управлению технологическими процессами проветривания на уровнях отдельной горной выработки, их совокупности в пределах рабочей зоны горного участка, вентиляционной сети в целом, включая шахтные стволы и поверхностные комплексы ГВУ, созданные на основе компьютерного моделирования, подкрепленных результатами натурных экспериментов: в получении уравнений регрессии, позволяющих определить величину и направление общерудничной естественной тяги с заданной доверительной вероятностью; в решении прикладных задач по распределению тепловых потоков в калориферном канале, в воздухоподающих стволах при работе системы воздухоподготовки и при регулировании режимов работы ГВУ.

Практическая значимость проведенных исследований заключается в разработке методики расчета общерудничной естественной тяги основанной на прямом измерении параметров воздуха на ГВУ, исключающей необходимость учета временного запаздывания его поступления в воздухоподающие стволы при изменении режима проветривания, а также позволяющей осуществить прогнозирование воздухо-распределение между шахтными стволами с учетом инерционности системы проветривания и других случайных факторов и выбрать требуемый режим работы ГВУ для поступления воздуха в необходимом объеме; в установлении причины возникновения в воздухоподающих стволах «внутристволовой» естественной тяги, часто достигающей величины, при которой воздух в ствол перестает поступать (возникает «воздушная пробка»), и появляется опасность нарушения температурного режима при воздухоподготовке в смежных воздухоподающих стволах; в установлении, что при осуществлении воздухоподготовки в холодное время года следует располагать ШКУ в стенах надшахтного здания, либо использовать пластинчатые нагревательные элементы в калориферном канале, либо применять воздушную завесу в воздухоподающем стволе, а также использовать систему для нагрева воды, подаваемой в

ШКУ, за счет тепла дымовых газов, для обеспечения равномерности прогрева воздуха по сечению и глубине ствола, что исключает возможность возникновения «воздушных пробок» и способствует снижению энергетических ресурсов, затрачиваемых на процесс нагрева воздуха; показано, что при размещении автоматических вентиляционных дверей для регулирования воздухораспределения в выработках главных направлений и включение нагнетательных вентиляторов ШКУ в реверсивный режим, позволяет снизить влияние выработанного пространства на процесс проветривания, уменьшив тем самым время на реверсирование струи воздуха в случае возникновения нештатной ситуации, а изолирование горного участка от попадания в него воздуха и/или дымовых газов (при возникновении пожара), позволяет обеспечить безопасность в аварийном режиме проветривания. для обеспечения эффективности вентиляции и нормализации условий труда горнорабочих предложены новые способы проветривания добычных участков на примере калийных рудников и нефтяных шахт, в которых используются устройства для регулирования воздухораспределения, учитывающие положительное действие проветриванию возникающих естественных тяг и разработанная подземно-поверхностная система кондиционирования воздуха.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Основные научные результаты и практические рекомендации на основе предложенных способов проветривания добычных участков применены на калийных рудниках ПАО «Уралкалий», а также при разработке системы проветривания рудника Усольского калийного комбината (МХК «ЕвроХим») и Усть-Яйвинского калийного комбината ПАО «Уралкалий».

На основании полученного патента изготовлен опытный образец шахтной вентиляционной перемычки и произведены ее испытания на калийных рудниках Пермского края. Основные научные результаты также используются при выполнении выпускных квалификационных работ на кафедре «Горная электромеханика» ПНИПУ.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано более 150 научных работ (36 в изданиях ВАК, 9 в изданиях Scopus и Web of Science), а также получено 20 патентов на полезную модель и изобретение.

Оценка содержания диссертации и ее завершенности

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и заключения. Работа изложена на 299 страницах машинописного текста, содержит 114 рисунков и 21 таблицу. Список использованных источников состоит из 347 наименований, в том числе 62 зарубежных.

В первой главе проведен анализ эффективности и энергозатратности действующей организации проветривания на шахтах в нормальных и аварийных условиях, поставлена цель и определены задачи исследования.

Вторая глава посвящена разработке основ управления процессом проветривания при воздействии случайных факторов, прогнозирования требуемых режимов работы ГВУ в зависимости от изменяющихся внешних условий и с учетом инерционности процесса воздухораспределения между подземными горными выработками. Установлено, что величина и направление общерудничной естественной тяги зависят только от параметров наружного воздуха. Определить ее значение можно при остановке работы ГВУ. При работе системы воздухоподготовки и ГВУ, помимо общерудничной естественной тяги, на процесс проветривания оказывают влияние другие факторы, не зависящие от параметров подаваемого в воздухоподающие стволы воздуха. Определить величину общерудничной естественной тяги в период работы ГВУ можно по приведенной методике с заданной доверительной вероятностью. При этом регулировать возможный диапазон управления работой ГВУ можно путем изменения уровня значимости, выбирая оптимальное его значение. Величину общерудничной естественной тяги при отключенной системе воздухоподготовки можно определить теоретическим путем при известных параметрах шахты и наружного воздуха. Следовательно, в отсутствии воздухоподготовки по значениям метеорологического прогноза можно заранее определить величину общерудничной естественной тяги и спрогнозировать режим работы ГВУ.

В третьей главе произведена оценка эффективности существующих систем воздухоподготовки в холодное время года и причин возникновения в воздухоподающих стволах «воздушных пробок», препятствующих проветриванию, при изменении режимов работы ШКУ, а также разработаны решения по повышению эффективности их работы. Посредством математического моделирования установлены причины низкой эффективности существующих способов воздухоподготовки. Установлена причина возникновения «воздушных пробок» в шахтных стволах при осуществлении воздухоподготовки в холодное время года и даны рекомендации по локализации этого негативного и опасного явления. Описан способ управления проветривания, учитывающий действие общерудничной естественной тяги, величиной которой можно управлять за счет регулирования режима работы ШКУ и прогнозируемых параметров наружного воздуха. Разработаны способы воздухоподготовки и новые конструкции ШКУ, позволяющие существенно повысить эффективность настоящего процесса на 11-18% и обеспечить при этом равномерный прогрев поступающего в шахту воздуха, что позволит исключить опасные ситуации, связанные с обледенением крепи в воздухоподающих стволах. Разработана система автоматической подачи в ШКУ воды, нагретой за счет дымовых газов котельной установки, обязательно присутствующей на любой шахте

В четвертой главе рассмотрены существующие системы управления проветриванием в нештатных ситуациях, в том числе с использованием частичного повторного использования (рециркуляции) воздуха. Разработаны способы проветривания добычных участков калийных рудников при прямом и обратном способах отработки полезного ископаемого, позволяющие снабжать рабочую зону свежим воздухом в энергосберегающем режиме и обеспечивающих при возникновении пожара удаление дымовых газов из области ведения горных работ. Предложена конструкция шахтной вентиляционной перемычки, предназначенной для регулирования эффективного воздухораспределения в добычном участке и для ограждения рабочей зоны от проникновения в нее дымовых газов в случае возникновения пожара. 3. По результатам оценки степени безопасности существующих способов проветривания калийных рудников при возникновении нештатных ситуаций, разработана система

проветривания, исключая выявленные недостатки. Предложено использовать ШКУ на вентиляционном стволе для обеспечения безопасности проветривания в случае необходимости осуществления реверса ГВУ в холодное время года.

В пятой главе произведено математическое моделирование свойств предлагаемой шахтной вентиляционной перемишки, на основании которых разработана ее конструкция для условий калийных рудников (на примере выработок, пройденных комбайном «Урал-20Р»). Использован метод конечных элементов для постановки и расчета прочностных свойств конструкций шахтных перемишек и пневмоукавов в 3-хмерной постановке.

Разработаны конечно-элементные модели основных элементов быстровозводимой шахтной вентиляционной перемишки для любых типов сечений горных выработок. Произведено математическое моделирование свойств быстровозводимой шахтной вентиляционной перемишки по надежному изолированию участка горной выработки. На основании произведенного математического моделирования разработана конструкция шахтной вентиляционной перемишки для калийных рудников, обладающих большим сечением и сложной конфигурацией. Разработана методика и произведены испытания опытного образца шахтной вентиляционной перемишки нового типа, изготовленной на основании результатов математического моделирования.

В шестой главе рассмотрены методологические основы и разработаны способы обеспечения требуемых условий труда горнорабочих в добычных участках при повышенных значениях температуры воздуха в них. В частности, разработана система кондиционирования воздуха (СКВ) для неглубоких шахт, при работе которой образующийся в результате функционирования конденсатора подземной холодильной машины нагретый воздух «сбрасывается» на исходящую из шахты струю воздуха. В этом случае между шахтными стволами будет возникать положительная общерудничная естественная тяга. Это позволит снизить затраты электроэнергии на работу ГВУ до 12%, а, следовательно, повысить эффективность воздухоподготовки.

Для глубоких шахт, в которых из-за высокой температуры горных выработок нарушаются условия труда, предложено вместо дорогостоящей процедуры кондиционирования воздуха применять помещения с кондиционерами для тепловой разгрузки, что позволяет значительно снизить затраты на кондиционирование воздуха.

На основании объема опубликованных работ и апробации диссертации следует сделать вывод о достаточной степени ее завершенности.

Таким образом, диссертация Николаева А.В. является завершенной научной работой, посвященной решению актуальной задачи разработки технических и технологических решений по повышению энергоэффективности вентиляторных установок шахты и рациональных параметров проветривания сети подземных выработок шахт.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации и автореферата

Достоинствами диссертации является достаточно подробный анализ существующих публикаций по поставленным задачам, использование системного подхода к управлению технологическими процессами проветривания на уровнях отдельной горной выработки и сети шахтных выработок в целом, включая шахтные стволы и поверхностные комплексы ГВУ, решение прикладных задач по распределению тепловых потоков в калориферном канале.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

По диссертации имеются следующие замечания:

- в тексте часто встречаются аббревиатуры, а научные положения излишне многословны, что затрудняет чтение диссертации;
- во второй главе диссертации в формуле (2.8) на с. 79 перед депрессией естественной тяги нужно ставить знак « $\pm$ » в зависимости от того, совпадает направление движения воздуха от естественной тяги с направле-

нием движения воздуха от вентилятора или нет. Кроме того, в этой формуле более корректно было бы написать не двучленный, а трехчленный закон аэродинамического сопротивления выработок шахты, учитывающий ламинарный и турбулентный режимы фильтрации и проветривания в стволах и включающий в себя не только квадратичную, но и линейную составляющие от объема расхода воздуха;

- система уравнений (2.11) во второй главе получена с использованием известного метода наименьших квадратов для аппроксимации точечных данных параболической зависимостью, но об этом в диссертации и автореферате ничего не сказано и поэтому возникает вопрос, почему во втором уравнении объем расхода воздуха возводится в четвертую степень, а депрессия умножается на объем расхода воздуха?

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки диссертации.

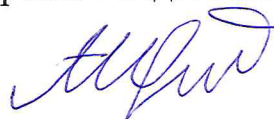
Заключение по диссертации

Диссертация Николаева А.В. является научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором исследований разработаны и научно обоснованы технические и технологические решения, обеспечивающие промышленную и пожарную безопасность в нормальном и аварийном режимах проветривания подземных предприятий горнорудной отрасли путем энергоэффективного проветривания и имеющая важное хозяйственное значение для экономики страны.

Диссертация и автореферат соответствуют 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, а ее автор, Николаев Александр Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность».

Официальный оппонент,

главный научный сотрудник лаборатории подземной разработки угольных месторождений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, доктор технических наук



Ордин А.А.

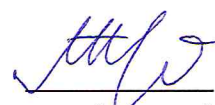
Персональные данные Ордина А.А.:

630091, Новосибирск, Красный пр., 54, сот. тел. 8-913-910-5717, e-mail:

ordin@misd.ru

Я, Ордин Александр Александрович, автор отзыва, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

« 10 » декабря 2020 г.


(подпись)

Подпись официального оппонента, доктора технических наук удостоверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, к.т.н.



Хмелинин А.П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, 630091, Новосибирск, Красный пр., 54, e-mail: gora@misd.ru, www.misd.ru