

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», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (горная промышленность)

Официальный оппонент – доктор технических наук, профессор отделения общетехнических дисциплин школы базовой инженерной подготовки ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск) **Сечин Александр Иванович**

На отзыв представлена диссертация, состоящая из введения, шести глав, заключения, списка литературы, а также автореферат диссертации. Диссертация изложена на 298 страницах машинописного текста, содержит 114 рисунков, 21 таблицу, библиография включает 347 наименований, в том числе 65 зарубежных.

Актуальность диссертационной работы

Являясь одним из самых распространенных в промышленности процессов, процесс вентиляции, занимает важное место в горной промышленности. Увеличение производительности подземных горных предприятий по добытой горной массе в сочетании с действующими принципами обеспечения промышленной безопасности и защиты жизни и здоровья горнорабочих средствами вентиляции ведет к необходимости дальнейшего повышения количества подаваемого в шахту свежего воздуха, тем самым – к росту энергопотребления.

Одним из основных направлений решения задач обеспечения эффективного и безопасного проветривания является одновременное управление процессом работы главных вентиляторных установок и другими системами регулирования воздухораспределения и воздухоподготовки.

Актуальность представленной работы обусловлена требованиями разработки энергоэффективных технических и технологических решений для обеспечения проветривания подземных горных предприятий, которые позволяют обеспечить безопасность при возникновении нештатной ситуации.

Анализ отечественной и зарубежной литературы, проведенный автором, показал, что на подземных горнодобывающих предприятиях возникают следующие проблемы при проветривании:

1. В холодное время года (при работе калориферных установок) нередко в воздухоподающих стволах возникают «воздушные пробки» из-за неравномерного прогрева подаваемого воздуха.

2. В теплое время года в воздухоподающие стволы поступает более теплый (более легкий) воздух, нежели выдаваемый из рудника. Вследствие этого между стволами рудника возникает перепад гидростатических давлений, препятствующий работе главной вентиляторной установке (ГВУ) – отрицательная естественная тяга. Уменьшение объема подаваемого воздуха приводит к тому, что режим работы ГВУ необходимо переводить в область более высоких давлений, что влечет за собой увеличение энергопотребления.

3. Принятая в настоящее время схема проветривания блоков и панелей (для калийных рудников Прикамья) предполагает размещение конвейерного штрека в подстилающей каменной соли. Температура воздуха в конвейерном штреке, вследствие работы приводных барабанов, выше температуры воздуха в выемочном и вентиляционном штреках, а, следовательно, воздух в конвейерном штреке является более легким. При отработке блоков, расположенных по падению пласта, в традиционной схеме из-за возникающей тепловой депрессии струя воздуха в конвейерном штреке реверсируется, следовательно, в данных блоках действует отрицательная естественная тяга. При возникновении пожара в конвейерном штреке добычного участка, расположенного по восстанию пласта, дымовые газы начнут поступать в рабочие зоны вышележащих горизонтов, что может привести к гибели горнорабочих.

4. На неглубоких подземных горнодобывающих предприятиях в теплое время года возникает проблема выпадения влаги в подземных горных выработках. Эта явление особенно опасно для соляных рудников, т.к. выпадающая влага взаимодействует с горными породами, в результате чего образуется электролит, разрушающий оборудование, а также ведет к размыву целиков и вызывает пробуксовку конвейерной ленты на приводных барабанах, что может вызвать ее последующее возгорание.

5. В глубоких рудниках и нефтяных шахтах существует проблема нарушения температурного режима в рабочих зонах, что требует принятия мер по нормализации микроклиматических условий, в основном за счет кондиционирования воздуха. В связи с высокими материальными затратами на этот процесс предприятия изыскивают способы улучшения микроклиматических условий в горных выработках, и они не всегда соответствуют правилам безопасности.

Работа Николаева А.В. посвящена решению приведенных задач, являющихся актуальными для горнодобывающих предприятий.

Подтверждением актуальности работы служит и тот факт, что основные научные результаты и практические рекомендации на основе предложенных способов проветривания добычных участков нашли практическое применение на калийных рудниках ПАО «Уралкалий», а также при разработке системы проветривания рудника Усольского калийного комбината (МХК «ЕвроХим») и Усть-Яйвинского калийного комбината ПАО «Уралкалий».

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Основные научные положения, выводы и рекомендации, представленные в работе, являются достаточно обоснованными и доказанными. Обоснованность основных научных результатов определяется тем, что они опираются на математические модели и экспериментальные исследования, а также нашли отражение в технологических регламентах действующих производств.

Новизна и достоверность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

На основании проведенных научных исследований автором установлены закономерности, позволившие сформулировать следующие пункты научной новизны:

1. Разработана и обоснована методика расчета величины и направления общерудничной естественной тяги, позволяющая обеспечивать подачу воздуха в требуемом объеме за счет управления режимами работы ГВУ при минимизации затрат энергоресурсов на проветривание.

2. Установлены причины температурной изменчивости воздуха по сечению и глубине воздухоподающих стволов, обуславливающая возникновение в них «воздушных пробок», вызывающих опасность изменения температурного режима в смежных воздухоподающих стволах.

3. Разработаны и обоснованы технические и технологические решения, позволяющие обеспечить равномерное распределение тепловых потоков по глубине и сечению воздухоподающих стволов, устранив проблему возникновения «воздушных пробок» и нерационального использования энергетических ресурсов.

4. Разработана и обоснована система проветривания рудника, работающая в автоматизированном режиме, позволяющая обеспечить промышленную безопасность в штатном и аварийном режимах проветривания.

5. Установлены зависимости возникновения между горными выработками естественных тяг, способствующих движению воздуха в требуемом направлении без использования дополнительных источников, на основании которых разработаны способы проветривания добычных участков подземных предприятий, позволяющие нормализовать условия труда и безопасность горнорабочих с учетом их действия и применения быстровозводимых перемычек.

Достоверность и обоснованность научных результатов подтверждаются:

– 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 разработанной шахтной вентиляционной переемычки и соответствием ее характеристик, установленных в ходе компьютерного и математического моделирования, высоким изоляционным свойствам.

Также достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных методов исследований, значительного количества экспериментальных данных для разработки моделей, а также публикациями результатов исследований в рецензируемых российских журналах из списка ВАК, международных рецензируемых изданиях, представлением и обсуждением результатов на международных и всероссийских конференциях.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы 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, подкрепленные результатами натурных экспериментов: - на основании корреляционно-регрессионного анализа получены уравнения регрессии, позволяющие определить величину и направление общерудничной естественной тяги с заданной доверительной вероятностью; - при помощи методов вычислительной математики решить прикладные задачи по распределению тепловых потоков в калориферном канале, в воздухоподающих стволах при работе системы воздухоподготовки и при совместном регулировании режимов работы ГВУ и шахтных калориферных установок (ШКУ).

Практическая значимость проведенных исследований заключается в следующем:

1. Разработанная методика позволяет осуществлять расчет общерудничной естественной тяги на основании данных измерений параметров воздуха только на ГВУ, что исключает необходимость учета временного запаздывания его поступления в воздухоподающие стволы, при изменении режима проветривания, а также позволяет осуществить прогнозирование воздухораспределения между шахтными стволами с учетом инерционности системы проветривания и других случайных факторов и выбрать требуемый режим работы ГВУ для поступления воздуха в необходимом объеме.

2. Установлены 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.

3. Установлено, 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.

4. Показано, что при размещении автоматических вентиляционных дверей для регулирования воздухораспределения в выработках главных направлений и включение нагнетательных вентиляторов ШКУ в реверсивный режим позволяют 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.

5. 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 возникающих естественных тяг, и разработанная подземно-поверхностная система кондиционирования воздуха.

Общая характеристика диссертационной работы

Во введении убедительно обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи работы, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, степень достоверности результатов, личный вклад, апробация работы, перечислены публикации, в которых отражены результаты исследований.

Первая глава диссертации представляет собой анализ современного состояния вопроса. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность работы ГВУ, влияние общерудничной (общешахтной) естественной тяги на процесс проветривания подземного горнодобывающего предприятия, а также зависимость режимов управления процессом проветривания. Дана оценка эффективности и безопасности технологий воздухоподготовки, рассмотрены способы управления воздухораспределением между горными выработками подземных горнодобывающих предприятий, приводится анализ аварийных режимов проветривания при возникновении нештатных ситуаций. Предоставлены способы нормализации микроклиматических условий и осушения воздуха на подземных горнодобывающих предприятиях и анализ проблем обеспечения требуемых санитарно-

гигиенических условий труда в рабочей зоне нефтяных шахт.

На основе проведенного исследования сформулирована цель и задачи работы.

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.

В *третьей главе* проведена 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.

В *четвертой главе* рассмотрены существующие системы управления проветриванием в нештатных ситуациях, в том числе с использованием частичного повторного использования (рециркуляции) воздуха.

В *пятой главе* произведено математическое моделирование свойств предлагаемой шахтной вентиляционной перемычки (ШВП), на основании которых разработана ее конструкция для условий калийных рудников (на примере выработок, пройденных комбайном «Урал-20Р»).

В *шестой главе* рассмотрены методологические основы обеспечения требуемых условий труда горнорабочих в добычных участках при повышенных значениях температуры воздуха в них.

В *заключении* представлены итоги выполненного исследования и научно-обоснованные выводы по диссертации.

Анализ показывает, что научные положения, выводы и рекомендации, приведенные в диссертации, хорошо обоснованы и подкреплены обширным экспериментальным материалом и достоверными результатами математического моделирования.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

По теме диссертационной работы опубликовано более 150 научных работ (39 в изданиях ВАК, 9 в изданиях Scopus и Web of Science), а также получено 20 патентов на полезную модель и изобретение. Считаю, что результаты работы достаточно полно представлены в центральной печати и апробированы на Международных, Всероссийских и других научных и научно-технических конференциях.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

При написании автореферата использована традиционная лексика, характерная для исследований шахтных технологических процессов. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и включает основные ее положения, результаты исследований, научную новизну, практическую значимость и выводы по работе.

Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертационной работе имеется ряд замечаний и вопросов:

1. На рис. 4.7 и 4.8 (стр. 143 диссертации) представлена схема проветривания добычных участков калийных рудников, в которой на начальном и конечном этапах отработки предлагается устанавливать шахтную перемышку. А по мере изменения естественных тяг между вентиляционным и выемочным штреками, перемышку убирать. В связи с этим не понятно, кто и когда будет производить расчеты величины естественных тяги и принимать решение по установке/демонтажу перемышки.

2. В разделе 6.1.1. (стр. 224 диссертации) описана система кондиционирования воздуха (СКВ) на неглубоких рудниках и шахтах подземно-поверхностного типа. В описании говорится о высоких энергозатратах на работу СКВ, а далее об энергоэффективности применяемой системы. В связи с этим не понятно, каким образом при предлагаемом способе будет экономиться электроэнергия на охлаждение и осушение воздуха.

3. В работе предлагается несколько способов проветривания уклонного блока нефтешахты. Несмотря на очевидное их преимущество по сравнению с существующими способами из текста диссертации непонятно, проводились ли численные расчеты и моделирование процессов в уклонных блоках для доказательства эффективности предлагаемых способов, а также какой из предложенных способов наиболее эффективен.

4. В название главы 2 «Разработка основ управления процессом проветривания при воздействии случайных факторов» следовало бы добавить слово «научных» - «Разработка научных основ ...».

Указанные замечания не ставят под сомнение основные научные и практические результаты диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация Николаева А.В. является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, имеет новизну и характеризуется теоретической и практической значимостью, соответствует паспорту специальности, в работе, 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 имеющие важное хозяйственное значение для экономики страны.

Диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявленным к работам, представленным на соискание ученой степени доктора технических наук, а

автор диссертации Николаев Александр Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность» (горная промышленность).

Официальный оппонент:

доктор технических наук (специальность
05.26.03 – Пожарная и промышленная
безопасность, доцент

Профессор

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Национальный
исследовательский Томский
политехнический университет»

Телефон: (+7 3822) 70-17-77 доп. 1917

E-mail: sechin@tpu.ru

 **Сечин А.И.**
10.12.2020

Подпись А.И. Сечина удостоверяю:
Ученый секретарь ФГАОУВО
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»




Ананьева О.А.