

«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор ФГБОУ ВО "Тулльский  
государственный университет" по научной  
работе Кухарь Владимир Денисович

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.



## О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию Кобылкина Сергея Сергеевича на тему «Методологические основы системного проектирования вентиляции шахт», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальностям 05.26.03. – «Пожарная и промышленная безопасность» (в горной промышленности), 25.00.21 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»

Согласно Положению о порядке присуждения ученых степеней (п.25) в отзыве ведущей организации отражены следующие аспекты.

**Актуальность темы выполненной работы и её связь с соответствующими отраслями науки и практической деятельности.** Безопасность и эффективность горных работ в значительной степени зависят от качества принимаемых проектных решений по системе проветривания. Актуальность работы обусловлена тяжелыми последствиями аварий, связанных с взрывами на угольных шахтах, с одной стороны, и устареванием нормативно-методической базы проектирования и контроля состояния проветривания с другой стороны, так как за последние 30 лет существенно изменились условия ведения горных работ и произошел резкий скачок в развитии техники и технологии. Ситуация с каждым годом усугубляется из-за сокращения числа отраслевых научно-исследовательских институтов и кадров высшей квалификации.

Автором представленной работы предлагается принципиально новый подход к проведению расчётов по вентиляции, как для проектирования, так и для решения научно-прикладных и экспертных задач. Объект исследования охватывает все типы горных предприятий по добыче полезных ископаемых и строительству подземных сооружений. Предлагаемая методология может использоваться для проектирования и управления системами проветривания шахт, рудников, карьеров, а также их локальных систем.

Новый подход заключается в прямом объемном моделировании аэродинамических процессов протекающих в вентиляционных сетях или на их отдельных участках, что позволяет с достаточно высокой точностью определять потенциально опасные зоны и подбирать рациональные режимы проветривания. Это позволяет избежать ошибок при принятии основных технических решений и существенно повысить качество проектов вентиляции. Тему работы следует признать актуальной.

**Научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Научная новизна работы заключается в разработке методологии системного проектирования, обеспечивающей задач рудничной аэрологии, применительно к системе вентиляции горного предприятия на основе единой математической модели с общими принципами расчёта параметров проветривания горных выработок, выбора вентиляционных устройств, разработки тактики ведения горноспасательных работ, экспертной оценки проектов, причин аварий и др. Реализация полученных моделей на практике позволяет учесть такие явления как естественная тяга, внутреннее трение в воздушных потоках, все виды аэродинамического сопротивления, в том числе параметры выработанных пространств. В рамках единой модели возможно проводить совместные расчёты систем вентиляции, дегазации и газоотсоса, что позволяет рассматривать практически любые схемы управления газовыделением.

**Значимость для науки и практической деятельности полученных соискателем результатов.** Научная значимость полученных результатов исследования заключается в разработке основ методологии системного проектирования вентиляции горных предприятий, включающие принципы системного проектирования, учитывающие целостность, иерархичность строения, структуризацию, множественность элементов системы, её практическую полезность и единство составных частей, а также алгоритм расчёта и модели. Сущность данного подхода реализуется путём создания виртуальных аналогов горнотехнических систем, в основе которых лежат трехмерные математические модели, позволяющие учесть разнородные факторы, влияющие на процессы тепломассопереноса в вентиляционных системах шахт (рудников).

Практическая значимость заключается в повышении качества проектных решений за счёт расширения диапазона оцениваемых вариантов, высокой детализацией расчётов, принятия решений на основе визуализации аэрогазотермодинамических процессов.

Полученные научно-технические результаты имеют важное значение для обеспечения аэрологической безопасности шахт и теории проектирования горнотехнических систем.

**Структура и содержание работы.** Первая глава диссертационной работы посвящена оценке текущего состояния проветривания горных предприятий в РФ. Анализ состояния произведён за период с 2000 годов по 2017 год. В главе отдельно рассмотрены угольные шахты и рудники. Показаны отдельные тенденции, наблюдаемые в проектировании вентиляции горных объектов. Показана системность возникающих ошибок при проектировании, влияющих на безопасность ведения горных работ. Также кратко описаны основные направления, в которых идёт активное развитие рудничной аэрологии. В первую очередь это программы для расчёта воздухораспределения, получившие в России широкое распространение. Во вторых, применение автоматизированных систем управления проветриванием, начатое в 70-х годах прошлого века, и вновь внедряемое в настоящее время. И, в третьих, описаны тенденции создания новых вентиляционных устройств, параметры которых



не учтены современными справочно-методическими пособиями, инструкциями и правилами. В работе отмечается существующая проблема разработки новых, отвечающих всем современным условиям нормативных документов. Ликвидация почти всех отраслевых институтов, сокращение числа кадров высшей горной школы, — всё это не способствует созданию качественной нормативной базы в области проектирования вентиляции и обеспечения аэрологической безопасности. В конечном счёте, это может привести к полной зависимости от иностранных специалистов, что угрожает суверенитету страны. Сделанные выводы по данной главе позволили поставить четкие задачи в решении научной проблемы в создании новой методологии проектирования вентиляции горных предприятий, базирующейся на передовых информационных технологиях.

В соответствии с поставленными задачами во второй главе диссертации производится подробная оценка применяемых в настоящее время методик проектирования вентиляции. По всем этапам проведения расчётов автор даёт подробную оценку полученных зависимостей влияния разнородных параметров на обеспечение аэрологической безопасности. Приведён сравнительный анализ по разным методикам. Представлен большой статистический материал, полученный путём проведения натурных экспериментов, что представляет собой большую ценность. Показаны существенные отличия разных методик, по получаемым величинам расхода воздуха и давления. Представлен анализ зарубежной литературы, приведены схемы и основные подходы, применяемые в других горнодобывающих странах. Данная глава представляет широкий интерес для большой аудитории: специалистов-проектировщиков, занимающихся вопросами вентиляции; научных сотрудников, преподавателей и обучающихся по направлению «Горное дело». Выводы по главе сделаны обоснованно и позволяют перейти к следующей главе диссертации по созданию математической модели, позволяющей избежать имеющихся недостатков в существующих методиках.

Третья глава посвящена разработке новой математической модели — основе проектирования вентиляции шахт. Автор предлагает перейти от заложенной в существующих методиках «полуэмпирической-полуматематической» к физико-математической модели. При этом он предлагает использовать кинетическую теорию газов Д.К. Максвелла. Данная теория базируется на описании термоаэрогазодинамических процессов взаимодействия молекул газов, составляющих рудничную атмосферу. Безусловно, применение данной теории в основе проектирования вентиляции, может существенно повысить точность расчётов за счёт ухода от эмпирических формул и трудно определяемых констант. Также это позволит сделать методику универсальной для всех горных предприятий. Однако, поскольку данная методика не может быть использована в существующих программных комплексах (так как их интеграция ещё не осуществлена) автор реализовал предложенный подход на базе программного комплекса Ansys.

Четвертая глава диссертации является основополагающей в разрабатываемой методологии системного проектирования вентиляции горных пред-

приятий. В данной главе автором даются основные определения терминов по системному проектированию вентиляции горных предприятий и мультисплит-систем, впервые вводимых в этой отрасли науки. Чётко описываются перспективы и отличия предлагаемого системного проектирования от существующей методологии. Приведены основные принципы системного проектирования. Показана связь горно-технических процессов с процессами проветривания. Предложенный порядок системного проектирования учитывает различные стадии проектирования и, что является новым и необходимым, распространяется не только на период разработки проекта будущего предприятия, но и на весь период эксплуатации шахты, рудника или объекта подземного строительства. С учётом отечественной специфики горно-геологических, технологических, социальных, административных и экономических факторов разработан алгоритм системного проектирования. Особое место занимает раздел по созданию информационной базы исходных данных, что является важной частью методологии системного проектирования. Выводы по главе обоснованы и непротиворечивы.

В пятой главе дано описание разработанной методологии. Она включает в себя порядок сбора данных, алгоритм системного проектирования вентиляции, модели и способ их реализации с получением конкретных проектных решений. Порядок, алгоритм и методика создания моделей являются общими для всех видов горных предприятий, что делает методологию универсальной. Алгоритм учитывает сложную структуру разнородных факторов, влияющих на выработку проектных решений. В основе проекта лежит аэрологическая безопасность, улучшение санитарно-гигиенических условий труда, повышение производительности труда, сокращение эксплуатационных затрат (высвобождение финансовых ресурсов на решение экологических, социальных и др. программ). Алгоритм учитывает также и нештатные (аварийные) ситуации.

Шестая глава посвящена экспериментальным исследованиям по верификации моделей и разработанной методологии. Здесь следует отметить широкий спектр использования системного проектирования для проведения научных работ (выполнение НИР по Государственному заданию, Федеральной целевой программе и т.д.), проведение исследований по разработке внутренних документов предприятий (ГУП «Москоллектор»), по проектированию систем вентиляции рудников и шахт (ОАО «СУЭК-Кузбасс», Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель», и в том числе зарубежных компаний «Тиссен Шахтбау ГмбХ» (Германия), АО «Ээсти Энергия Казвандусед» (Эстония). Важно отметить тот факт, что все работы проводились на протяжении нескольких лет, что подтверждает востребованность и эффективность предлагаемых решений.

Заключение достаточно полно отображает полученные научные результаты работы и содержит перечень перспективных научных направлений, развитие которых возможно с использованием разработанной автором методологии системного проектирования вентиляции.



**Реализация работы.** Разработанная методология широко была применена при проектировании вентиляции таких горных предприятий как строящиеся стволы ВС-10 и СКС-1 шахты «Скалистая» рудника «Комсомольский» Заполярного филиала ОАО «ГМК «Норильский Никель», горных выработок рудника «Таймырский» Заполярного филиала ОАО «ГМК «Норильский Никель» при их проходке. В рамках работ, проводимых в течение 4 лет, были созданы виртуальные аналоги, как системы проветривания вентиляционной сети с учётом аэрогазотермодинамики, так и для отдельных элементов шахтной. Проведённые расчёты по разработанному алгоритму позволили выбрать оптимальные решения, обеспечивающие безопасность ведения горных работ с минимизацией затрат. Системный подход при выработке решений по вентиляции был апробирован на сланцевой шахте «Эстония» и угольной шахте «им. С.М. Кирова».

Результаты исследований, выполненные на объектах ГУП «Москоллектор» с созданием виртуальных аналогов подземных аэрогазодинамических систем коммуникационных коллекторов, были использованы при создании внутреннего стандарта предприятия по проектированию вентиляции и контролю газовоздушной среды.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.** Результаты проведённых исследований рекомендуется использовать как основу нового нормативно-методического обеспечения проектирования вентиляции при строительстве и эксплуатации подземных сооружений, добыче полезных ископаемых подземным и открытым способом.

Предложенная математическая модель, основанная на уравнения кинетической теории газов, должна получить развитие в рамках рудничной аэрологии. Её необходимо использовать для углубленного изучения физико-химических (аэрогазотермодинамических) процессов и последующего ухода от эмпирических констант.

Важным направлением применения разработанной методологии является использование её в тактических расчётах горноспасательных работ, поскольку развитие аварий, связанных с взрывами газа, происходят по сложным сценариям с одновременной реализацией различных опасных факторов. Отсутствие надежных методов прогноза развития опасных ситуаций часто приводит к гибели горноспасателей.

Также рекомендуется применение разработанной методологии для создания новых вентиляционных средств и устройств.

Дополнительным направлением в развитии основ методологии системного проектирования должны стать новые информационные технологии, используемые при подготовке высококвалифицированных кадров для горной промышленности.

#### **Замечания к работе.**

1. В теоретической главе, где предложено использовать уравнения молекулярно-кинетической теории для математического описания процессов рудничной аэрогазодинамики, не даны решения этой системы уравнений (хо-

тя бы в общем виде), а также нет указаний, как от них перейти к макропоказателям, с которыми приходится иметь дело на практике (объемные концентрации, расходы, депрессии).

2. В работе вводятся новые понятия без четкого определения, например, «виртуальный аналог». Что такое «виртуальный аналог», какова его структура и каким образом этот аналог может выглядеть?

3. В системе уравнений (1) на стр. автореферата и в той же системе уравнений (3.80) на стр.151 диссертации нарушены размерности:  $[pda/dt] = \text{кг}/(\text{м}^2 \text{с}^2)$  складываются с  $[\partial p/\partial x] = \text{Па}/\text{м}$ . В работе не приводятся никаких решений системы этих уравнений.

4. В работе встречаются декларации общеизвестных положений молекулярной физики, например, (стр. 14 автореферата) «... Температура может влиять на длину пути свободного пробега молекул в рассматриваемом газе и молекулярную скорость». Но ведь и так известно, что температура – это мера кинетической энергии молекул рассматриваемого газа.

5. Не понятно молекулярно-кинетическую теорию какого газа использует автор диссертации.

**Заключение.** Диссертация Кобылкина Сергея Сергеевича на тему «Методологические основы системного проектирования вентиляции шахт» представленная к защите на соискание учёной степени доктора технических наук по специальностям 05.26.03. – «Пожарная и промышленная безопасность» (в горной промышленности) и 25.00.21 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем», – является законченной квалификационной работой.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям п.9 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор достоин присуждения степени доктора технических наук по специальностям 05.26.03. – «Пожарная и промышленная безопасность» (в горной промышленности) и 25.00.21 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем».

Отзыв заслушан на заседании кафедры геотехнологии и строительства подземных сооружений, на котором присутствовали 15 человек, в том числе 6 докторов технических наук и 3 кандидата технических наук «27» марта 2018 г.

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой геотехнологий  
и строительства подземных сооружений

Качурин Николай Михайлович  
300012, г. Тула, пр. Ленина, 90  
ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет"  
Тел.: 8(4872)25-71-06; e-mail: ecology\_tsu\_tula@mail.ru

