

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента

Родионова Владимира Алексеевича

на диссертационную работу Попова Максима Дмитриевича

**«РАСЧЕТ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В РУДНИЧНЫХ
ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЯХ С УЧЕТОМ ТЕПЛОВОЙ ДЕПРЕССИИ В
НАКЛОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ»,**

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности: 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Рецензируемая диссертационная работа изложена на 157 страницах машинописного текста, включает 5 глав, введение, заключение, содержит 48 рисунков, 12 таблиц и список использованных литературных источников из 215 наименований, в том числе 97 зарубежных источника.

1. Актуальность диссертационного исследования

В настоящее время объекты ведения подземных горных работ имеют протяженные и разветвленные вентиляционные сети. Развитие такого рода сетей является следствием продолжающейся подземной добычи полезных ископаемых, и как следствие изменение пространственной топологии горных выработок каждая из которых должна иметь ту или иную систему проветривания рудничной атмосферы.

Совместно с протяженностью горных выработок растет как количество технологического оборудования, работающего под землей, длина транспортных конвейеров и линий инженерных, в том числе и электросетей.

Совокупность этих факторов, с дополнением человеческого фактора, значительно увеличивает возможность возникновения аварийной ситуации в подземной части предприятия, связанной с вероятностью возникновения условий, приводящих при их неблагоприятном развитии к пожару и/или даже возможно и взрыву.

Согласно статистическим данным около 66% от общего числа аварийных ситуаций, приводящих к существенным экономическим, социальным и экологическим последствиям, составили подземные пожары.

В практике ликвидации подземных пожаров вопросы управления вентиляцией имеют большое значение. Они направлены на обеспечение безопасной эвакуации людей, застигнутых в шахте аварией, и успешной ликвидации ее.

На выбор того или иного аварийного вентиляционного режима существенное влияние оказывает тепловая депрессия пожара, противодействие которой может привести не только к опрокидыванию вентиляционной струи, но

и загазированию горных выработок продуктами горения и осложнить локализацию и ликвидацию подземного пожара.

Анализ больших разветвленных вентиляционных сетей в условиях сложных, постоянно изменяющихся топологий вентиляционных сетей, а также учет всех возможных сценариев появления и развития подземного пожара является трудоемким процессом, который требует больших затрат по времени и является практически невозможным для ручного расчета без использования современных высокопроизводительных компьютеров. Это приводит к необходимости разработки автоматизированных расчетных алгоритмов, позволяющих проводить расчеты влияния тепловой депрессии на проветривание всех горных выработок для шахтных вентиляционных сетей произвольной геометрии.

На современном этапе развития горнопроходческих, добычных и др. подземных работ, требующих применения современных подходов к аэрологическому обеспечению рудничной атмосферы и обеспечивающих нормативные режимы проветривания при нормальном ведении технологического процесса и наличие возможности управлять (реверсировать) воздушными потоками при возникновении чрезвычайной ситуации, например, задымление, пожар и т.п. требуется разработка нового современного подхода к научно-обоснованному режиму проветривания в том или ином случае.

На наш взгляд предлагаемый в рамках диссертационного исследования комплексный подход к определению критериев устойчивости проветривания наклонных горных выработок, учитывающий, как параметры той или иной наклонной выработки и характеристики источника тепловыделения, так и особенности воздухораспределения в вентиляционной сети всей шахты несомненно вызывает научно-практический интерес.

На основании вышеизложенного, разработка комплексного подхода к определению критериев устойчивого проветривания при пожаре в наклонных выработках и сокращение времени, затрачиваемого на расчет воздухораспределения в случае аварийной ситуации, является актуальным вопросом в данной области.

Таким образом, тему диссертационной работы, целью которой является разработка алгоритма расчета воздухораспределения в рудничных вентиляционных сетях с учетом тепловых депрессий подземных пожаров, следует считать **весьма актуальной**.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автор выносит на защиту три научных положений (стр. 8 диссертации), раскрытых во второй–пятой главах диссертационной работы.

В первой главе, представляющей собой литературный обзор по тематике работы сформулирована цель и приведены задачи исследования.

Вторая глава диссертационной работы содержит основные экспериментальные результаты по исследованию процессов

теплопереноса в наклонной горной выработке при пожаре и результаты статистической обработки полученных экспериментальных данных.

Обоснование первого защищаемого положения представлено в третьей главе диссертации, где приведены результаты во разработке модели нестационарного теплопереноса в наклонной выработке при наличии интенсивного источника тепловыделения и результаты ее валидации для разных углов наклона аэродинамического стенда. (**первое научное положение**)

В четвертой главе посвященной исследованию закономерностей влияния различных факторов на изменения аэро-термодинамических параметров проветривания наклонной горной выработки с нисходящим проветриванием при пожаре приведены как результаты по исследования аэродинамических параметров, так и получена математическая зависимость массового расхода воздуха и критической мощности источника тепловыделения от различных начальных параметров имеющая ограничения по применению более полно раскрытые в тексте рассматриваемой диссертации. В отдельные подразделы главы вынесены результаты по подтверждению неустойчивого режима проветривания применительно к испытательному стенду и выполнена оценка принятых критериев подобия для условий перехода к реальным размерам горных выработок. (**второе научное положение**)

В пятой главе выполнено обоснование третьего научного положения, смысл которого сведен к разработке алгоритма расчета воздухораспределения в вентиляционных сетях произвольной топологии с учетом тепловой депрессии пожара в наклонной горной выработке позволяет усовершенствовать мероприятия плана ликвидации и локализации последствий аварий.

В подразделе 5.5 приведен практический аспект результатов диссертационного исследования в разрабатываемый сотрудниками Горного института УрО РАН программный модуль аналитического комплекса «АэроСеть». (**третье научное положение**)

В целом, следует отметить, что положения, которые автор выносит на защиту, а также выводы и рекомендации, сформулированные на их основе, можно считать вполне обоснованными.

3. Новизна, выполненных в диссертационной работе исследований, заключается:

1. В получении зависимостей критической тепловой мощности источника тепловыделения от аэродинамических параметров горной выработки и изменения плотности воздуха в момент опрокидывания вентиляционной струи от поражающих факторов пожара.

2. В доказательстве возможности применения рассчитанного среднего коэффициента конвективной дисперсии, как критерия условия устойчивости движения воздушного потока, а также в применимости подхода RANS (Reynolds-averaged Navier–Stokes) к описанию процессов теплопереноса при возгораниях в наклонных выработках с нисходящим проветриванием.

3. В научно-обоснованном подобии получаемых численных решений при масштабировании горной выработки в соответствии с методом Фруда в диапазоне масштабов от 1:1 до 1:10.

4. В разработке метода определения эквивалентной тепловой мощности пожара для различных типов горючей нагрузки и реализации разработанного алгоритма расчета стационарного воздухораспределения в вентиляционных сетях произвольной топологии с учетом тепловой депрессии пожара в наклонной горной выработке.

4. Достоверность результатов исследований, научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность исследований подтверждается:

- соответствием результатов исследований фундаментальным физическим законам;
- отсутствием противоречий между результатами, полученными в диссертации, и результатами, изложенными по данной тематике в научной литературе другими авторами;
- сопоставимостью результатов аналитических, численных решений и натурных измерений;
- использованием широко апробированных методов научных исследований и положительными результатами верификации и валидации разработанных моделей;
- значительным объёмом экспериментальных исследований в лабораторных условиях;
- реализации разработанного алгоритма в ПК «Аэросеть»
- апробированием результатов диссертационной работы на многочисленных научных сессиях «ГИ УрО РАН», международной школе академика К.Н. Трубецкого др. конференциях, и их публикаций в открытой печати.

5. Практическая значимость диссертационного исследования

Практическая значимость диссертационной работы **Попова М.Д.** заключается в:

- использовании разработанной трехмерной математической модели конвективного движения воздушных потоков в наклонной горной выработке, учитывающая тепловыделение от источника при различном начальном перепаде давления;
- разработке алгоритмов расчета стационарного воздухораспределения в вентиляционных сетях произвольной топологии с учетом тепловой депрессии пожара в наклонной горной выработке реализованных в ПК «Аэросеть»

6. Замечания по диссертационной работе

В рецензируемой диссертационной работе имеется и ряд недостатков. К основным из них следует отнести:

1. Свободная трактовка ГОСТ Р 7.0.11-2011 заключающаяся в наличии в тексте диссертации стилистических, орфографических и пунктуационных неточностях встречающихся например на стр.2, 3, 6, 8, 10, 15 (в т.ч. рис.1.1), 21, 35, и т.д. в т.ч. и на стр. 140-157.

2. В первой главе «Состояние изученности вопроса и задачи исследования» вызывает некоторое недоумение подробный анализ зарубежного опыта и незначительный объем источников из ведущих школ Москвы и Санкт-Петербурга прежде всего сотрудников учебных заведений МЧС и научных сотрудников ВНИИПО, в структурных подразделениях которых были написаны десятки диссертационных работ связанных с исследованием пожаров на транспорте, в том числе и пожары на метрополитене. В результате такого неоднозначного подхода сделан акцент на подземных пожарах Швеции, и при это выбран также неоднозначный период 2008-2012. Сама работа посвящена в том числе и изучению процессов тепломассопереноса в наклонных горных выработках и в то же время в тексте диссертации отсутствует упоминание о пожаре в наклонном ходе Лондонского метро станция "Кинс-Кросс Сент-Панкрас». В нашей стране (России) метрополитен есть во многих городах миллионниках и только в Москве официально регистрируется ежегодно как минимум по одному возгоранию. В связи с вышеизложенным хотелось бы при ответе на данный вопрос получить объяснение почему выбран именно такой подход к анализу подземных пожаров.

3. По тексту диссертационной работы встречается вольная трактовка профессиональных терминов, из области пожарной безопасности, в частности гетерогенное горение, гомогенное горение, эндогенный и экзогенный пожар, показатель пожароопасности ГОСТ Р 57717, ГОСТ 12.1.044, ФЗ № 123 ТРoТПБ и т.д. Скорее всего это объясняется тем, что автор рассматривает данные термины в качестве прикладных и не относящихся к основной теме его исследования. Однако необходимо понимать, что например искрение внутри электрических кабелей не возможно либо в таком случае оно называется «пробоем» и др. шероховатости. Также в разделе 1.1.1, в котором приводится ссылка на ГОСТ 12.1.044, автор диссертации утверждает, что к газам относятся см.стр16 «...вещества, абсолютное давление паров которых при температуре 50 °С равно или более 300 кПа....», что не точно цитирует текст государственного стандарта, подобного рода неточности лишь подтверждают выдвинутое выше предположение о недостаточном погружении автора в вопросы пожарной безопасности.

4. На странице 32 приведен рисунок 1.5 тепловыделение при горении буровой установки, однако в тексте диссертации речь идет о погрузочно-доставочной машине, кроме того непонятно кем получены экспериментальная и рассчитанная кривая. Что имеет место быть в данном случае несоответствие источника или приведенного содержания?

5. В подразделе 1.5 Анализ опыта экспериментальных исследований возгораний в лабораторных условиях приводится анализ зарубежных исследователей, но нет ни одной ссылки на прикладные программные комплексы позволяющие осуществлять моделирование процессов тепломассопереноса протекающих на пожаре применяемых российскими специалистами (Кошмаров Ю.А., Моторыгин Ю.Д. и др.) в рассматриваемой области применительно к процессам тепломассопереноса. Речь идет прежде всего о ПК Fenix+3 Фогард Пиротек, СИТИС FireCat PyroSim и др. Также не совсем понятно какую модель распространения опасных факторов пожара автор возьмет за прототип для своих исследований: интегральную, зональную или полевою модель?

6. На стр.40 приведен рисунок 2.1 состоящий из 5 пронумерованных и неописанных частей. Причем показанные крупные части стенда отличаются друг от друга и не совсем понятно какой из трех из 5 наиболее крупных фрагментов и является общим видом аэродинамического стенда, особенно если на представленном фотоматериале присутствуют посторонние объекты и детали. Считаю целесообразным для столь главного элемента работы было бы приведение какого-нибудь одного наиболее «полнообранного» элемента установки с ее чертежом. В чем был смысл вставки в таком виде данного рисунка?

7. На странице 41 приведен рисунок 2.2 подпись рисунка не соответствует его содержанию раз и два в тексте работы он назван стендом. Если здесь нет ошибки, то что тогда изображено в левой части рисунка?

8. В связи с тем, что условия создания теплового потока и его скорость в тексте написаны обтекаемо, то хотелось бы уточнить почему выбрано включение только 6 ТЭНов из 9, мощность не более 14 кВт а не 22,5 и как при этом влияла скорость воздушного потока на достижение требуемого температурного режима, а также непонятно чем обоснован выбор 6 режимов приведенных в таблице 2.1 (особенно 2 режим) и что означает постоянная производительность вентилятора в м/с.

Указанные недостатки, в основном, имеют рекомендательный и дискуссионный характер, не снижают научно-практической ценности диссертационного исследования М.Д. Попова и не влияют на общую положительную оценку работы.

7. Соответствие диссертационной работы критериям, установленным ВАК РФ

Диссертационная работа Попова Максима Дмитриевича является законченной научно-квалификационной работой.

Установленные в диссертации закономерности конвективного движения воздушных потоков в наклонной горной выработке, учитывающие тепловыделение от того или иного источника тепловыделения при различном начальном перепаде давления, позволяют исследовать закономерности тепломассопереноса в рудничной атмосфере наклонных горных выработках в аварийных режимах проветривания при возникновении пожаров, а также усовершенствовать мероприятия плана ликвидации и локализации последствий аварий.

Представленные в диссертационном исследовании научные положения соответствуют паспорту научной специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Диссертация и автореферат изложены чётким языком с использованием современной научно-технической терминологии. Стиль диссертации и автореферата соответствуют уровню научного изложения работ по горной тематике. Текст диссертации проиллюстрирован достаточным количеством схем и графиков.

Результаты проведённых исследований достаточно полно представлены в 16 научных работах соискателя, в том числе 8 научных работ в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых ВАК, 8 в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

8. Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Попова Максима Дмитриевича имеет научную новизну и практическое значение. По совокупности полученных в диссертации научных результатов она соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (последняя редакция).

В диссертации решена задача, имеющая важное значение для обеспечения аэрологической безопасности на объектах ведения подземных горных работ содержащая расчет воздухораспределения в рудничных вентиляционных сетях и учитывающая тепловую депрессию в наклонных выработках.

