


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Уральский государственный  
горный университет»  
профессор, д-р. хим. наук



  
\_\_\_\_\_ Р.А. Апакашев  
«20» ноября 2019 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уральский государственный горный университет»

на диссертационную работу

**Мальцева Станислава Владимировича**

на тему «**Исследование и разработка способов определения**

**аэродинамических параметров сложных вентиляционных систем  
подземных рудников**», представленную к защите на соискание ученой

степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 —

Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и  
горная теплофизика

### **Актуальность темы выполненной работы**

Регулирование воздухораспределения является основной задачей рудничной вентиляции. В основу построения вентиляционной модели входит определение аэродинамических параметров горных выработок.

От точности построения вентиляционной модели зависит правильность выбора вентилятора главного проветривания, определение максимально-эффективных режимов его работы, разработка технических решений по

снижению затрат на вентиляцию, а также корректность расчетов по аварийным режимам проветривания.

В последние годы активное развитие получила горнодобывающая промышленность: происходит объединение независимых сетей горных выработок рудников, увеличивается глубина ведения горных работ, увеличивается протяженность сетей горных выработок, проектируются и вводятся в работу новые главные вентиляторные установки.

При проектировании вентиляции рудников, проветриваемых двумя и более главными вентиляторными установками, возникает проблема их взаимного влияния друг на друга.

Поэтому разработка способов, повышающих точность определения аэродинамических характеристик горных выработок на основе методов численного моделирования и решения задач регулирования воздухораспределения по критерию минимизации энергозатрат, является актуальным и важным исследованием.

### **Научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке автоматизированного способа определения достоверных аэродинамических параметров вентиляционных систем независимо от сложности топологии. В работе предложен экспериментально-аналитический метод определения линейных аэродинамических сопротивлений шахтных стволов произвольного типа, позволяющий находить участок ствола для проведения замеров и учитывать влияние физических процессов. Автором разработаны критерии определения зон влияния главных вентиляторных установок и вентиляционных сооружений и повышения энергоэффективности проветривания.

### **Значимость для науки и горного производства полученных автором диссертации результатов**

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке способов определения аэродинамических параметров сложных вентиляционных систем подземных рудников.

Реализованные алгоритмы позволяют повысить точность математических моделей вентиляционных сетей, для решения задач рудничной вентиляции и горной теплофизики.

Практическая значимость заключается в повышении качества проектных решений за счет своевременного расчета параметров систем вентиляции с учетом определения максимально-эффективных режимов работы вентиляторов при их совместной работе.

Разработанные автором алгоритмы использованы при создании моделей и дальнейшей разработке технических решений по повышению эффективности проветривания рудников ПАО «Уралкалий», ЗФ ПАО «ГМК «Норильский Никель», ОАО «Беларуськалий», АО «Апатит», ООО «ЕвроХим—Усольский калийный комбинат».

### **Структура и содержание работы**

Диссертационная работа изложена на 148 страницах, содержит 37 рисунков и 18 таблиц. Список использованных источников состоит из 110 наименований, включая 17 зарубежных. Работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

**Во введении** диссертантом обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулирована цель и идея, показана научная новизна и практическая значимость исследования. Автором грамотно изложены научные положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** работы характеризует изученность вопросов определения аэродинамических параметров вентиляционных систем и регулирования воздухораспределения. В работе проведен анализ отечественной и зарубежной справочной литературы. В завершении первой главы диссертант формулирует цель исследований и ставит перед собой 5 основных задач.

**Вторая глава** посвящена совершенствованию способа создания расчетных моделей вентиляционных сетей на основе корректировки замеренных значений расходов воздуха и давлений по 1-ому и 2-ому законам Кирхгофа. Автором разработан и реализован автоматизированный алгоритм обработки данных воздушно-депрессионных съемок для построения достоверных математических моделей вентиляционных сетей. Алгоритм позволяет установить достоверные аэродинамические характеристики вентиляционных систем независимо от сложности топологии. Отличие от существующих способов создания моделей заключается в возможности разрабатывать детализированные модели для повышения точности моделирования воздухораспределения. На основании представленных в работе результатов натурных исследований, проведенных на руднике «Октябрьский» ПАО ЗФ «ГМК «Норильский Никель», с элементами сложной топологии разработанные алгоритмы верифицированы.

**Третья глава** диссертационной работы посвящена экспериментальным исследованиям линейных аэродинамических сопротивлений в шахтных стволах. В главе рассматривается решение следующих задач: выбор границ участков проведения измерений, влияние физических процессов в стволах на величину сопротивлений и факторы, влияющие на точность измерений. Для точного определения границ участка шахтного ствола, на котором следует проводить измерения, автором предложено использовать методы численного моделирования смешивания и разделения воздушных потоков. В работе представлена зависимость для вычисления длины начального участка, на котором нецелесообразно проводить измерения параметров воздуха. Кроме того, в главе рассматриваются влияние таких физических процессов, как гравитационное сжатие, депрессионное разрежение, гидростатический разогрев и теплообмен воздуха с крепью. Результатом проведенного исследования автора является разработанный экспериментально-аналитический метод определения линейных аэродинамических сопротивлений шахтных стволов. Данный метод верифицирован на стволах

рудников «Октябрьский» и «Таймырский» ПАО ЗФ «ГМК «Норильский Никель». По результатам проведенных измерений определены аэродинамические сопротивления шахтных стволов.

**В четвертой главе** представлены результаты исследований по разработке способов оптимизации энергопотребления при проветривании рудников со сложными вентиляционными системами. В работе рассматривается класс рудников, проветриваемых двумя и более главными вентиляторными установками. Для определения зон влияния каждой вентиляторной установки главного проветривания и вентиляционного сооружения используется матрица влияния, а для эффективного регулирования обоснован коэффициент эффективности. Автором предложен и реализован алгоритм регулирования совместной работы нескольких источников тяги и вентиляционных сооружений для автоматизированного проектирования энергоэффективных систем проветривания рудников.

**Пятая глава** посвящена методическим основам автоматизированного проектирования энергоэффективных систем проветривания рудников со сложными вентиляционными системами. Автором приведена методика построения математических моделей вентиляционных сетей рудников. На примере рудников «Октябрьский» ПАО ЗФ «ГМК «Норильский Никель» и 4 РУ ОАО «Беларуськалий» продемонстрирована работоспособность разработанных способов определения аэродинамических параметров сложных вентиляционных систем подземных рудников, показаны возможности повышения эффективности проветривания рудников.

**В Заключении** диссертационной работы достаточно подробно отображены основные результаты, установленные Мальцевым С.В. в процессе выполнения работы.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений**

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается значительным объемом экспериментальных исследований,

проведенных в шахтных условиях, и положительными результатами верификации данных, полученных на основании численного моделирования. Научные положения и результаты проведенных исследований докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научно-практических конференциях. Результаты моделирования воздухораспределения проверялись в рамках проводимых натурных исследований на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский Никель».

### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению**

Изложенный материал соответствует задачам диссертационного исследования. Выводы, сделанные по работе, соответствуют поставленным целям и задачам. Защищаемые научные положения сформулированы четко и однозначно, а весь материал исследований их подтверждает.

Диссертационная работа и автореферат хорошо оформлены, написаны технически грамотным научным языком. Содержат качественные иллюстрации и литературные ссылки. Диссертация оставляет впечатление серьезно проделанной работы.

### **Замечания к работе**

1. Из работы неясно, как алгоритм автоматизированной обработки данных воздушно-депресссионной съемки учитывает сопротивление выработок, в которых установлены средства отрицательного регулирования.
2. В работе представлен алгоритм автоматизированной обработки данных воздушно-депресссионной съемки, но не указано для каких типов рудников он может быть использован?
3. В таблице 2.1 и 2.2 относительная погрешность имеет отрицательное значение, это противоречит определению термина относительной погрешности.
4. На рисунке 3.2 страницы 62 представлен график изменения температуры воздуха по глубине ствола. Неясно почему изменение

температуры воздуха на участке ствола 650 — 1000 метров становится нелинейным?

5. В диссертационной работе следовало более подробно описать процесс построения трехмерных моделей шахтных стволов, выбор граничных условий и т.п. в программном комплексе Ansys.
6. В работе не сказано может ли использоваться матрица влияния для вспомогательных вентиляторных установок?

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки результатов диссертационной работы, а носят уточняющий характер.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной и в достаточной мере передает ее суть и обоснованность выводов и рекомендаций.

Автором опубликовано 15 работ (из них 6 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации), которые соответствуют теме диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертация **Мальцева Станислава Владимировича**, на тему **«Исследование и разработка способов определения аэродинамических параметров сложных вентиляционных систем подземных рудников»**, представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 — «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», является законченной научно-квалифицированной работой, в которой содержится решение научно-практической задачи по разработке способов, повышающих точность определения аэродинамических параметров сложных вентиляционных систем подземных рудников на основе методов математического моделирования.

