

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента доктора технических наук, профессора Сердюка Виталия Степановича на диссертационную работу Ворошилова Ярослава Сергеевича на тему «Научное обоснование и разработка технических решений для контроля пылевой обстановки горных выработок угольных шахт с учетом человеческого фактора», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.01 – Охрана труда (горная промышленность)**

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения. Общий объем диссертации: 308 страниц машинописного текста и список использованной литературы из 265 наименований. В составе основной части диссертационного исследования содержится 86 рисунков и 36 таблиц.

Автореферат включает обоснование актуальности рассматриваемой научно-практической проблемы, цель, идею, научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту. В нем кратко изложено основное содержание работы, сформулированы научные результаты и обоснованы рекомендации практического использования результатов исследования.

По теме диссертации опубликовано 46 печатных научных работ, 24 из которых – в периодических изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации, 6 – в изданиях, не входящих в перечень ВАК РФ (4 – материалы конференций, 2 – монографии), 15 – патентов на изобретения и полезные модели.

### **1. Актуальность диссертационного исследования**

Диссертационное исследование Ворошилова Ярослава Сергеевича посвящено актуальной проблеме обеспечения безопасности, сохранения здоровья шахтеров при ведении горных работ по добыче угля подземным способом, за счет разработки и научного обоснования технических решений для комплексного контроля пылевой обстановки горных выработок угольных шахт с учетом человеческого фактора. Современные экономические условия требуют от угледобывающих компаний, предприятий по добыче угля подземным способом концентрации и интенсификации горного производства. С другой стороны, при ведении технологических процессов в шахтах усложняются горно-геологические условия, повышаются риски аварийности, травмирования, профессиональных заболеваний, в том числе заболевания пылевой этиологии. Одним из путей разрешения противоречий между требованиями экономической эффективности и безопасностью ведения горных работ является повышение контролируемости и управляемости горно-технологическими процессами в том числе за счет контроля пылевой обстановки в горных выработках угольных шахт.

Несмотря на наличие исследований многих отечественных и зарубежных ученых влияния пыли на здоровье шахтеров и предотвращение взрывов угольной пыли, отдельные вопросы остаются не решенными и требуют дальнейших исследований.

Изменение пылевой обстановки угольных шахт обусловлено интенсификацией горных работ, применением современных высокопроизводительных комплексов, увеличением нагрузки на очистной забой, а традиционные способы контроля пылевой обстановки не отвечают требованиям безопасности производства. Возникла проблема организации оперативного контроля пылевой обстановки в горных выработках угольных шахт, для принятия оперативных мер по снижению рисков аварийности и профессиональной заболеваемости шахтеров, в том числе заболеваний органов дыхания.

Для решения данной проблемы автор диссертационной работы предлагает комплексный подход, включающий: теоретические и экспериментальные исследования процессов пылеобразования при разрушении угля; разработку набора методик обеспечивающий всесторонний оперативный контроль пылевого фактора в угольных шахтах; систему управления человеческим фактором для снижения профессиональных заболеваний пылевой этиологии.

В связи с вышеизложенным исследование комплексного контроля пылевой обстановки горных выработок угольных шахт с учетом человеческого фактора является актуальным и своевременным.

Тема исследований Ворошилова Ярослава Сергеевича соответствует современным потребностям угольных компаний, ведущих добычу угля подземным способом, полученные результаты востребованы при разработке и проектировании систем управления охраной труда и промышленной безопасностью угольных шахт.

Научная проблема, сформулированная в диссертации, является актуальной и современной, а ее решение способствует повышению уровня охраны труда и промышленной безопасности на угольных шахтах, снижению уровня аварийности и травматизма, профессиональной заболеваемости.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

На защиту Ворошилов Ярослав Сергеевич выносит пять научных положений, достаточно полно раскрытых в разделах диссертации.

Сформулированные и защищаемые положения являются результатом следующих исследований и инженерных разработок, над которыми автор работал в течение многих лет:

1. Теоретические и экспериментальные исследования разрушения угля на мезоскопическом масштабном уровне с учетом фрактальных особенностей его структуры позволяют производить изучение процессов

пылеобразования, которые невозможно реализовать на современном лабораторном и испытательном оборудовании.

Создана математическая модель упруго-вязкопластической деформации и разрушения угля на мезоскопическом масштабном уровне.

Выявлена фрактальная структура минеральных включений и систем пор на различных масштабных уровнях. Установлена корреляционная связь между фрактальной размерностью внутренних структур угля и фрактальной размерностью поверхности частиц разрушенного угля. Установлено, что фрактальная размерность внутренних структур угля находится в пределах  $D = 2,35-2,45$ .

2. Методика, основанная на прямом определении объема выделившегося газа при воздействии раствора лимонной кислоты на смесь сланцевой и угольной пыли для измерения количества сланцевой пыли в пробе, позволяет обеспечить контроль пылевзрывозащиты за счет оперативной оценки качества осланцевания горных выработок при помощи соответствующих технических устройств.

Разработана оригинальная методика контроля пылевзрывобезопасности горных выработок угольных шахт, основанная на прямом измерении объема выделившегося диоксида углерода из отобранной пробы.

3. Разработанная методика контроля угольной пыли в воздухе рабочей зоны, основанная на депреометрическом методе измерения, позволяет создавать переносные экспресс-анализаторы оперативного контроля массовой концентрации витающей угольной пыли в любой точке горных выработок для принятия оперативных и эффективных мер по снижению аварийности и профессиональных заболеваний пылевой этиологии.

Для обеспечения контроля содержания витающей угольной пыли в воздухе предприятий впервые создана методика, основанная на автоматическом определении аэродинамического сопротивления фильтрующего элемента с последующим расчетом массовой концентрации угольной пыли.

4. Создание методики измерения витающей угольной пыли, основанной на рассеянии инфракрасного излучения в пылевом облаке с новым принципом защиты оптических элементов, позволяет разрабатывать технические устройства, обеспечивающие необходимой информацией систему управления охраной труда, для принятия оперативных и эффективных мер по снижению аварийности и профессиональных заболеваний пылевой этиологии.

Для непрерывного автоматического контроля витающей угольной пыли в воздухе шахт впервые разработана новая методика измерения, основанная на рассеянии инфракрасного излучения.

5. Концептуальная модель, основанная на новом определении человеческого фактора как изменяющейся во времени и пространстве разности между фактическим уровнем способностей и требуемым уровнем способностей человека, позволяет снизить уровень травматизма и профессиональной заболеваемости на предприятиях горной

промышленности за счет массового внедрения систем управления человеческим фактором, обеспечивающих целенаправленное развитие и поддержание требуемых способностей работника.

Впервые разработана концептуальная модель, основанная на новом определении человеческого фактора как изменяющейся во времени и пространстве разности между фактическим уровнем способностей и требуемым уровнем способностей человека, позволяющей снизить уровень травматизма и профессиональной заболеваемости на предприятиях угольной промышленности за счет массового внедрения систем управления человеческим фактором.

Все выносимые на защиту положения являются достоверными и научно обоснованными.

### **3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций**

В представленной работе теоретическая база выстроена на материалах и научных результатах исследований, которые согласуются с ранее опубликованными работами по теме диссертации. Основная идея работы заключается в повышении уровня охраны труда и безопасности производственных процессов, минимизации рисков профессиональных заболеваний, вызванных запыленностью воздуха горных выработок и взрывов угольной пыли, за счет изучения процессов пылеобразования, разработки и внедрения комплекса методик и соответствующих технических устройств для оперативного мониторинга состояния пылевой обстановки в угольных шахтах и своевременного принятия эффективных управленческих решений с учетом человеческого фактора.

Достоверность и обоснованность научных результатов исследований подтверждается большим объемом статистических данных, собранных на предприятиях угольной промышленности, использованием проверенных методик обработки экспериментальных данных. Проведено более 100 численных моделирований разрушений угля под различными видами нагружения. Исследовано более 15 образцов угля с использованием томографических методов.

Достоверность результатов контроля пылевой обстановки, полученных с использованием предложенных методик, подтверждается внесением в государственный реестр средств измерений соответствующих технических устройств.

### **4. Значимость результатов, полученных соискателем, и степень их научной новизны**

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований решена научная задача, заключающаяся в обеспечении безопасности работников угольных

предприятий с помощью разработанного автором технических решений комплексного контроля пылевой обстановки горных выработок угольных шахт с учетом человеческого фактора, внедрение которой вносит значительный вклад в развитие угольной промышленности страны.

## **5. Значимость для науки и практики полученных автором результатов**

Работа имеет высокое научное и практическое значение для повышения безопасности угольных шахт, охраны жизни и здоровья работников. Так, автором представлены следующие **научные результаты**:

1. Посредством математического моделирования на основе модели упруго-вязкопластической деформации и разрушения угля на мезоскопическом масштабном уровне установлено, что при любых типах нагружения разрушение угля происходит с преобладанием выхода фракций 0–10 мкм. Результаты математического моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными, что подтверждает широкие возможности математической модели упруго-вязкопластической деформации и разрушения угля на мезоскопическом масштабном уровне производить исследования процессов пылеобразования, которые трудно реализовать на современных экспериментальных установках.

2. Экспериментальные исследования различных марок углей с использованием компьютерной томографии позволили установить, что на интервале от 100 мкм до 50 мм пространственная пористая структура каменных углей носит ярко выраженный фрактальный характер с размерностью  $D = 2,35 - 2,58$ , что предъявляет дополнительные требования к математическим моделям пылеобразования при разрушении углей и моделям, описывающим движение метана в угольных пластах и выбросы угля и газа. Фрактальный характер внутренней структуры углей объясняет фрактальную размерность ( $D_R \sim 2,5$ ) константы скорости низкотемпературного окисления угля, которая является важной характеристикой эндогенной пожароопасности.

3. Разработана методика оперативного контроля пылевзрывобезопасности горных выработок угольных шахт на основе прямого измерения выхода диоксида углерода из отобранной пробы смеси инертной и угольной пыли, которая реализована в виде технического устройства со временем измерения 10 минут.

4. Создан государственный стандартный образец, обеспечивающий единство измерений содержания доли инертной пыли в смеси инертной и угольной пыли для проведения действий по поверке и настройки оборудования, обеспечивающего контроль пылевзрывобезопасности.

5. Разработана методика, основанная на контроле изменения аэродинамического сопротивления фильтрующего элемента при прохождении через него пылевоздушной смеси в течение заданного времени (депремометрический метод), при этом время прокачивания пылевоздушной

смеси меняется в зависимости от массовой концентрации угольной пыли в воздухе горных выработок.

6. Установлено, что разработанная депреометрическая методика для контроля массовой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны позволяет создавать технические устройства оперативного измерения (время измерения до 3-х мин.) и индикации параметров пылевого аэрозоля непосредственно в месте контроля.

7. Разработана методика измерения массовой концентрации витающей угольной пыли в воздухе рабочей зоны, основанная на рассеянии оптического излучения со специальным методом защиты оптических элементов от пыли.

8. Разработанная оптическая методика позволяет создавать новые технические устройства в составе систем АГК для непрерывного автоматического контроля и измерения витающей угольной пыли с возможностью передачи данных на диспетчерский пульт шахты с целью принятия оперативных решений по управлению охраной труда.

9. С опорой на многоуровневую модель компетентности (комплекса способностей) работников в сфере охраны труда построена концептуальная модель человеческого фактора, в которой он определен как изменяющаяся во времени и пространстве разность между фактическим уровнем способностей человека и требуемым уровнем способностей. Показано, что в рамках данной модели человеческий фактор может быть, как отрицательной величиной, характеризуя свое негативное влияние на безопасность, так и положительной величиной, что позволяет ожидать качественное и безопасное выполнение работы.

10. Установлено, что управление человеческим фактором можно осуществлять при помощи действующей в России системы управления охраной труда. Предложена концептуальная модель персональной системы управления человеческим фактором на уровне работника, создано электронное взрывобезопасное устройство (планшет «Умный напарник»), являющееся носителем дополнительных интеллектуальных и сенсорных способностей работника.

**Практическая значимость заключается** в решении проблемы комплексного контроля пылевой обстановки.

Результаты исследований позволили:

- разработать методику и техническое устройство для измерения качества осланцевания горных выработок и оснастить этими устройствами угольные шахты России (свыше 2 000);

- разработать методику и техническое устройство для измерения витающей угольной пыли в воздухе горных выработок и оснастить данными устройствами угольные предприятия России (свыше 1 000);

- разработать методику и техническое устройство для автоматического мониторинга пылевой обстановки в угольных шахтах, позволившие расширить возможности системы аэрогазового контроля на угольных

шахтах, и оснастить устройствами предприятия топливно-энергетического комплекса России (свыше 3 000);

- разработать методики контроля, позволившие усовершенствовать систему аэрогазового контроля на угольных шахтах;

- разработать электронный взрывозащищенный носитель персональной системы управления человеческим фактором.

Результаты исследований позволят снизить уровень травматизма и профессиональных заболеваний, повысить эффективность производства и получить заметный экономический эффект.

#### **Реализация результатов работы.**

Результаты научных исследований реализованы в виде технических средств измерений в ООО «Горный-ЦОТ». Данное оборудование поставляется на все угольные шахты России.

Результаты исследований могут использоваться в учебном процессе по направлению подготовки, переподготовки и повышению квалификации работников угольных предприятий по охране труда и промышленной безопасности.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В определении второго добавленного уровня способностей пропущено слово «защитные».

2. Использовались ли приборы, разработанные на данных методиках в других научных исследованиях?

3. Повтор рисунков 4.1 и 5.3 в диссертационной работе.

### **Соответствие диссертационной работы критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Отмеченные в отзыве недостатки не являются принципиальными и не снижают в целом научного значения выполненного диссертационного исследования и не влияют на положительную оценку диссертационной работы, а носят рекомендательный характер для дальнейших исследований автором по данной теме исследования.

Представленные в диссертационном исследовании научные положения соответствуют паспорту научной специальности 05.26.01 – Охрана труда (в горной промышленности).

Диссертационное исследование Ворошилова Ярослава Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне.

Автореферат и публикации автора в полной мере отражают ее наиболее существенные положения, выводы и рекомендации. Стил ь изложения четкий, ясный и логичный, диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Работа обладает внутренней

целостностью, выраженной в последовательном изложении защищаемых научных положений.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертационное исследование Ворошилова Ярослава Сергеевича на соискание ученой степени доктора технических наук выполнено на актуальную тему, по своему теоретическому уровню, научной новизне и практическому значению, сложности решаемых задач, и совокупности полученных научных результатов свидетельствующих о личном вкладе автора, соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 – решена крупная научная проблема повышения уровня безопасности, охраны труда в угольных шахтах на основе комплексного контроля пылевой обстановки горных выработок угольных шахт с учетом человеческого фактора.

Автор диссертационной работы Ворошилов Ярослав Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.01 – Охрана труда (в горной промышленности).

Официальный оппонент,  
доктор технических  
наук, профессор,  
директор Института  
безопасности  
жизнедеятельности  
ФГБОУ ВО «Омский  
государственный  
технический  
университет» (ОмГТУ)



Сердюк Виталий Степанович

Юридический адрес: 644050, Российская Федерация, г. Омск,  
пр-т Мира, д. 11 тел.: (3812) 65-34-07 факс.: (3812) 65-26-98

Email: [vitalyserdyuk@yandex.ru](mailto:vitalyserdyuk@yandex.ru)

Подпись Сердюка Виталия Степановича удостоверяю

Начальник Управления  
кадров ОмГТУ  
Должность

(подпись)

