

## ОТЗЫВ

научного консультанта доктора технических наук, профессора Кубрина Сергея Сергеевича о соискателе **Говорухине Юрии Михайловиче** и его диссертации **«Методология управления газовыделением при высокоинтенсивной отработке угольных пластов»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки)»

В диссертации Говорухина Ю.М. на основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработана методология управления газовыделением на выемочных участках при высокоинтенсивной отработке пологих пластов очистными забоями, оборудованными механизированными комплексами, обеспечивающая нормативный уровень безопасности и ритмичность добычи угля. Для этой цели использованы выявленные соискателем закономерности взаимовлияния геомеханических и аэрогазодинамических процессов в системе «горные выработки – зона обрушения – дезинтегрированные породы – источники метановыделения».

Основные тенденции в развитии угледобывающей отрасли связаны с интенсификацией и концентрацией горных работ. Для подземных условий в течение последних 20 лет суммарная годовая производственная мощность шахт России сохраняется в пределах 100-110 млн т при общем тренде сокращения количества подземных угледобывающих предприятий. Это обусловлено внедрением высокопроизводительного оборудования, обеспечивающего значительные темпы проведения выработок – 250-300 м/мес (на передовых шахтах доходящих до 600-1000 м/мес) и суточную нагрузку на очистные забои – 20-30 тыс. т (в перспективе до 40 тыс. т). Вследствие роста интенсивности горных работ появляются ограничения на ритмичную и эффективную выемку угля механизированными комплексами на пологих пластах высокой газоносности, связанные с повышенным дебитом метана. Основным способом, предотвращающим загазованность горных выработок, было и остается проветривание. Однако существенное влияние на эффективность проветривания выемочных участков оказывают зоны обрушения, формируемые по мере отработки выемочных столбов. При формировании выработанного пространства в зоне обрушения пород непосредственной кровли за секциями механизированной крепи по мере развития геомеханических процессов, вызванных извлечением угля, образуются и трансформируются пространства частично свободные, частично заполненные породами кровли, представляющие собой техногенный коллектор, в котором накапливается метан. Вследствие обрушения горных пород основной кровли (посадки) метан из этих техногенных коллекторов вытесняется в очистной забой и действующие горные выработки. Указанный процесс оказывает существенное влияние на уровень промышленной безопасности. Следует отметить, что описанный процесс, кажущийся простым с первого взгляда, требует детального исследования. Очевидно, что процесс формирования выработанного пространства зависит от многих факторов: вида, прочностных свойств, мощности пород, слагающих кровлю, мощности угольного пласта, глубины разработки, параметров выемочного блока, темпов ведения горных работ и т. д. Необходимость решения указанной проблемы совместно с корректным определением аэродинамического сопротивления боков выработок, параметров проветривания тупиков, образованных при изоляции отработанных блоков, обуславливает актуальность диссертационного исследования, направленного на разработку методологии **управления**

**газовыделением при высокоинтенсивной отработке угольных пластов**, способной к адаптации систем управления газовыделением угольных шахт к конкретным горно-геологическим и горнотехническим условиям.

Диссертация Говорухина Ю.М. является завершенным обширным научным исследованием, выполненным на высоком научном, техническом и методическом уровне, позволившем обосновать значения аэродинамических сопротивлений трения подземных горных выработок с повышенной площадью поперечного сечения (свыше  $16 \text{ м}^2$ ), закрепленных современными видами крепей, востребованных при возросших темпах выемки угля. Выявить и определить аэродинамические параметры проветривания за счет турбулентной диффузии, как самих тупиков, появляющихся вследствие возведения перемычек для изоляции ранее отработанных выемочных блоков с целью предотвращения их влияния на аэрогазодинамику угольной шахты, так и действующего выемочного участка. Определить закономерности геомеханических процессов, протекающих в зоне обрушения, а также вскрыть особенности формирования выработанного пространства и его составляющих: газового коллектора в куполах зоны обрушения, на участках, примыкающих к очистному забою выше плоскости вынимаемого пласта, и пространства, непосредственно находящегося за секциями механизированной крепи. Следует отметить, что соискатель впервые предложил зонировать выработанное пространство в зависимости от процессов, определяющих его формирование, на закрепное пространство (пространство, непосредственно находящееся за секциями механизированной крепи), купол обрушения, обрушенные и дезинтегрированные породы.

Автором разработан метод моделирования единого газодинамического комплекса выемочного участка, основанный на интегрировании модели зоны обрушения в модель шахтной вентиляционной сети, использующий разработанные соискателем физическую постановку и математическую модель процессов обрушения пород кровли в выработанное пространство, их дезинтегрирования и уплотнения в ходе дальнейшего сдвижения геомассива, динамики проницаемости пакетов блоков пород и формирования пустот в зоне обрушения.

Юрием Михайловичем Говорухиным на основе разработанной модели обоснована проницаемость  $k_{пр.д}$  техногенно сформированного участка дезинтегрированного геомассива при исходной пористости пород от 1,0 до 10,0 % в зоне обрушения, которая составляет: при максимальном коэффициенте разрыхления  $k_{р.мах} = 1,8 - k_{пр.д}$  от 8,8-22,2 Д до 1020-1140 Д; при  $k_{р.мах} = 2,0 - k_{пр.д}$  от 15,6-33,5 Д до 1310-1430 Д; при  $k_{р.мах} = 2,1 - k_{пр.д}$  от 19,9-40,2 Д до 1430-1550 Д. Значения проницаемости  $k_{пр.д}$  в куполах зоны обрушения составляют от 0,05-1,62 Д до 2,15-8,19 Д, а на участке зоны трещин и разломов, примыкающем к зоне обрушения, от 0,01-1,14 Д до 0,39-3,38 Д. При этом указано, что участок зоны обрушения, примыкающий к очистному забою, следует делить на три области: закрепное пространство, купол обрушения, обрушенные и дезинтегрированные породы, на форму и размеры которых оказывают влияние: вынимаемая мощность пласта  $m_v$ , длина очистного забоя  $l_{оз}$ , структура, мощность  $m_{сл}$ , крепость  $f_{сл}$  и трещиноватость  $l_{тр}$  пород кровли. В зависимости от указанных параметров объем купола обрушения может составлять от 3 до 48 % объема очистного забоя. В установившемся режиме посадки основной кровли соотношение объемов закрепного пространства и газового коллектора характеризуется разнонаправленным ступенеобразным изменением: максимальному объему газового коллектора соответствует минимальный объем закрепного пространства и наоборот.

Автором научного исследования впервые получены коэффициенты  $\alpha$  горных выработок, закрепленных рамной металлической (арочной) и анкерной крепями, для площадей поперечных сечений свыше  $16,0 \text{ м}^2$ , отличающиеся их ранжированием для рамной металлической (арочной) крепи по номеру спецпрофиля (от СВП-17 до СВП-33), шагу установки элементов крепления (от 0,3 до 1,2 м) и площади поперечного сечения (от  $8,2$  до  $37,7 \text{ м}^2$ ), а для анкерной крепи – по площади поперечного сечения (от  $10,0$  до  $36,0 \text{ м}^2$ ) горной выработки. Увеличение сечений горных выработок крайне необходимо для повышения объема подаваемого для проветривания воздуха при возросших темпах выемки угля.

Необходимо также отметить, что результаты исследований Говорухина Ю.М. могут быть использованы в качестве предложений для внесения изменений в федеральные нормы и правила и разработке «Рекомендаций по проектированию вентиляции и дегазации выемочных участков».

Научные исследования Говорухина Ю.М. в том числе проводились в рамках научно-исследовательских работ, выполненных ИПКОН РАН, таких как:

- Разработка научно обоснованных предложений по прогнозу, оценке источников, мощности и поражающих факторов взрывов метанопылевоздушных смесей в горных выработках угольных шахт, выполненной ИПКОН РАН по заказу Министерства энергетики Российской Федерации в 2022-2023 годах согласно государственному контракту № 0173100008322000063/К/12 от 31.10.2022 (Пер. № НИОКТР 122120100056-0);

- FMMS-2024-0008 Разработка фундаментальных основ возникновения, развития и прогнозирования катастрофических многофазных процессов в техногенно изменяемом массиве горных пород, выполняемой ИПКОН РАН в 2024-2025 гг.

Результаты научных исследований Говорухина Ю.М. реализованы в том числе в:

- приказе Ростехнадзора от 08.11.2024 № 343 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по определению зон загазирования, параметров взрывоустойчивых перемычек и оценке полноты и достоверности компьютерных моделей вентиляционной сети шахты»;

- сборнике нормативных правовых актов военизированных горноспасательных частей / Коллектив авторов. – М.: МЧС России, 2014. – 284 с. (Руководство по проведению воздушно-депресссионных съемок объектов ведения горных работ, Руководство по проведению газовых съемок угольных шахт).

Выполненные научные исследования характеризуют Говорухина Юрия Михайловича как состоявшегося ученого, способного самостоятельно формулировать цели, задачи исследований, организовывать и проводить лабораторные, стендовые, опытно-промышленные и промышленные экспериментальные исследования, создавать и реализовывать новые технические и технологические решения, формировать направления, планировать цели и задачи научных исследований и руководить ими.

Результаты работы многократно обсуждались с положительной оценкой на научных конференциях и симпозиумах, включая международные. Они опубликованы и представлены в 47 научных работах, 20 из которых опубликованы в журналах из перечня ВАК Минобрнауки России. Получено 1 свидетельство Российской Федерации о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 свидетельство – базы данных. Подана заявка на 1 патент. Издано 2 учебных пособия, одно из которых допущено МЧС России в качестве учебного пособия для слушателей, обучающихся по программам дополнительного профессионального образования в образовательных организациях МЧС России. Разработан и используется нормативный документ – Руководство

по безопасности: «Методические рекомендации по определению зон загазирования, параметров взрывоустойчивых перемычек и оценке полноты и достоверности компьютерных моделей вентиляционной сети шахты».

Представленная к защите диссертация «Методология управления газовыделением при высокоинтенсивной отработке угольных пластов» по уровню научных достижений, практической и научной значимости, а также полноте изложения представленных материалов соответствует требованиям ВАК и является законченной научной работой, а Говорухин Ю.М. является сложившимся ученым и заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки)» за решение научной проблемы, заключающейся в разработке методологии управления газовыделением на выемочных участках при высокоинтенсивной отработке пологих угольных пластов очистными забоями, оборудованных механизированными комплексами, обеспечивающей нормативный уровень безопасности и ритмичность добычи угля.

Дата:

30.04.2025

Научный консультант,  
доктор технических наук, профессор

Подпись Кубрина С.С. заверяю  
Заместитель директора ИПКОН РАН  
по научной работе,  
кандидат технических наук



С.С. Кубрин

Е.В. Федоров