

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

КУЛАКОВА СВЕТЛАНА ИВАНОВНА

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УГЛЕДОБЫЧИ
МЕХАНИЗИРОВАННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ
В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ**

Специальность
25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая, строительная)»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степе-
ни кандидата технических наук

Алчевск — 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Донбасский государственный технический университет».

Научный руководитель: **Смекалин Евгений Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасский государственный технический университет», проректор по научной работе

Официальные оппоненты: **Белодедов Андрей Алексеевич**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова», заведующий кафедрой «Горное дело» (г. Новочеркасск, Российская Федерация)

Балов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, государственное бюджетное учреждение «Донецкий научно-исследовательский угольный институт», и. о. директора (г. Донецк, Донецкая Народная Республика)

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк, Донецкая Народная Республика)

Защита состоится «10» ноября 2023 года в 11⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 001.007.01 на базе ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет» по адресу: г. Алчевск, пр. Ленина, 16 (главный корпус), конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «ДонГТУ» в читальном зале по адресу: г. Алчевск, ул. Ленинградская 45-а, библиотека.

Автореферат разослан «__» _____ 20__ года

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 001.007.01



канд. техн. наук, доц.
Евгений Сергеевич Смекалин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Производительность современных механизированных комплексов на высокогазоносных пластах ограничивается газовым фактором. Средний коэффициент их машинного времени по Донбассу составляет 0,25–0,37, поэтому средняя нагрузка в 2–3 раза ниже технической возможной производительности с коэффициентом машинного времени 0,7–0,8. Одной из основных причин снижения машинного времени на газоносных пластах являются простои, вызванные срабатыванием аппаратуры газового контроля (АГК). Реализация технических возможностей очистного оборудования осложняется недостаточной изученностью влияния угледобычи на процесс метановыделения. Установление закономерностей этого влияния для текущего прогнозирования максимально допустимой нагрузки по газовому фактору является актуальной задачей. Результаты прогноза позволят избежать ошибок на стадии проектирования и текущего планирования угледобычи, что повысит производительность механизированных комплексов и снизит себестоимость добываемого угля.

Степень разработанности проблемы исследования. Значимый вклад в разработку вопросов по обоснованию параметров добычи угля высокопроизводительными механизированными комплексами внесли: А. А. Белодедов, Б. В. Бокий, В. С. Забурдяев, М. П. Зборщик, М. А. Ильяшов, Б. Н. Иогенко, О. И. Касимов, В. К. Костенко, Ю. В. Кудинов, А. А. Ордин, Г. Я. Полевщиков, Л. А. Пучков, Г. П. Стариков, Г. П. Стукало и другие. За прошедший период горной наукой создана теоретическая основа принятия проектных решений по отработке высокогазоносных угольных пластов. Разработаны базовые нормативные документы по расчету нагрузки на механизированные комплексы и обоснованию параметров технологических схем очистных работ на высокогазоносных пластах. Со времени разработки действующих нормативных документов существенно изменились условия отработки выемочных участков. Многократно возросла техническая производительность механизированных комплексов и, соответственно, усилилось ограничивающее влияние газового фактора. Возникшая экстремально высокая неравномерность метановыделения в процессе угледобычи не учитывается действующими нормативными документами. Параметры угледобычи принимаются на основе прогноза средней предельно допустимой нагрузки по газовому фактору на весь проектируемый период. Возможность её прогноза в процессе отработки выемочного участка остается малоизученной. Для наиболее полного использования технических возможностей очистного оборудования необходимо установить более детальную взаимосвязь между процессами выемки

угля и метановыделения.

Объект исследования — параметры угледобычи механизированными комплексами в условиях высокой метанообильности.

Предмет исследования — закономерности влияния процесса угледобычи на метановыделение в очистном забое.

Цель работы — обоснование параметров технологии отработки высокогазоносных угольных пластов, обеспечивающих повышение производительности механизированных комплексов.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены следующие основные **задачи исследования**:

- разработать методику проведения шахтных инструментальных наблюдений и исследований влияния параметров угледобычи на геомеханические и газодинамические процессы при отработке высокогазоносных угольных пластов;

- обосновать математическую модель влияния угледобычи на процессы метановыделения и геомеханики выработанного пространства;

- разработать методику планирования суточной угледобычи на основе текущего прогноза максимально допустимой нагрузки по газовому фактору;

- разработать и обосновать параметры конструктивных и технологических решений, повышающих производительность механизированных комплексов в условиях высокой метанообильности;

- выполнить опытную проверку в шахтных условиях разработанных конструктивных и технологических решений и оценить их технико-экономическую эффективность.

Научная новизна исследований:

1. Впервые установлено, что каждое суточное значение угледобычи оказывает значимое влияние на метановыделение в течение 2-3 последующих суток и эта закономерность описывается статистической моделью с распределенным лагом.

2. Впервые установлено, что при увеличении нагрузки на очистной забой в спектрах угледобычи и метановыделения возникает значимая когерентность частот с периодом 24, 12 и 6 часов, свидетельствующая об определяющем вкладе технологических и организационных циклов угледобычи в детерминированность процесса метановыделения.

3. Впервые доказана возможность снижения аэродинамического сопротивления механизированной крепи на 60 % за счет изолирования зоны повышенного аэродинамического сопротивления (элементов конструкции ограждения, задней гидростойки и сети высоконапорных шлангов) от проходящего по лаве воздушного потока, что позволяет увеличить расход воздуха и предельно допустимую нагрузку на очистной забой.

4. Впервые для проектирования отработки высокогазоносных

пластов предложен критерий оптимизации длины лавы, заключающийся в максимальном приближении предела нагрузки по газовому фактору к техническому пределу производительности механизированного комплекса, и обеспечивающий повышение угледобычи за счет минимизации простоев по газовому фактору.

Теоретическая значимость работы. В теории описания случайного процесса метановыделения произведена идентификация циклических компонент, вносящих основной вклад в неравномерность процесса при высоких нагрузках, заключающаяся в установлении их когерентности с технологической и организационной циклическостью процесса выемки. Теоретически обосновано существование временного периода, в течение которого суточный объем угледобычи влияет на последующее метановыделение, что создает основу для прогнозирования этого влияния и надежного обоснования максимально допустимой нагрузки по газовому фактору.

Практическая значимость работы. Разработана методика текущего планирования угледобычи на основе прогнозирования производительности механизированного комплекса по газовому фактору, позволяющая сократить потери рабочего времени при срабатывании АГК. Сконструировано устройство и разработана технология его применения для уменьшения аэродинамического сопротивления механизированной крепи.

Методология и методы исследования. При установлении взаимосвязи процессов метановыделения, угледобычи и геомеханики массива горных пород использованы методы многомерного статистического анализа временных рядов, включающие спектральный и корреляционный анализ. Математическое описание взаимосвязи процессов производилось с помощью регрессии с распределенным лагом и авторегрессии. Для уменьшения ошибок математической модели использован адаптационный алгоритм. В исследованиях управления воздушными потоками путем изменения аэродинамического сопротивления механизированной крепи использован принцип электрогидродинамических аналогий (ЭГДА). В шахтных инструментальных исследованиях применялись поверенные средства измерений и приборы. Измерения производились согласно нормативным методикам и инструкциям.

Положения, выносимые на защиту:

1. Влияние суточной угледобычи на метановыделение проявляется в течение 2-3 суток и описывается регрессионной моделью с распределенным лагом, что позволяет использовать ее для текущего прогноза предела нагрузки на механизированный комплекс по газовому фактору.

2. Аэродинамическое сопротивление очистного забоя уменьшается путем изолирования зоны повышенного аэродинамического сопротивления механизированной крепи (элементов конструкции ограждения, задней

гидростойки и сети высоконапорных шлангов) от воздушного потока лавы, что позволяет повысить расход воздуха в очистном забое и за счет этого увеличить предельно допустимую нагрузку по газовому фактору.

3. Оптимизация длины очистного забоя по критерию максимального приближения предела нагрузки по газовому фактору к техническому пределу производительности механизированного комплекса обеспечивает повышение угледобычи за счет сокращения простоев из-за срабатывания АГК.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность научных и технологических решений, обоснованность выводов и рекомендаций подтверждаются достаточным объемом проанализированных инструментальных наблюдений за процессами выемки угля, газовыделения и геомеханическими процессами в выработанном пространстве, использованием нормативных методик и инструкций измерения их параметров, адекватностью разработанных математических моделей, удовлетворительной сходимостью расчетных и фактических данных, относительной ошибкой аппроксимации полученных зависимостей, не превышающей 20 %.

Основные положения диссертации и отдельные результаты исследований обсуждались и были одобрены на международных научно-практических конференциях: «Современные технологии и оборудование для добычи угля подземным способом» (г. Донецк, 2008), «Прикладные задачи математики и механики» (г. Севастополь, 2009), «Школа подземной разработки-2010» (г. Днепропетровск, 2010), «Форум горняков-2012» (г. Днепропетровск, 2012), «Современные проблемы охраны труда и аэрологии горных предприятий»: (г. Донецк, ДонНТУ, 2019), «Актуальные проблемы геомеханики и геотехнологии добычи полезных ископаемых» (Алчевск, ДонГТИ, 2020), «65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации» (Алчевск, ДонГТИ, 2022).

Результаты исследования реализованы в виде рекомендаций по повышению производительности механизированных комплексов при обработке высокогазоносных пластов. Рекомендованные технологические решения прошли опытно-промышленную проверку в 29 орловской лаве пласта k_2 ш. «Молодогвардейская» ПО «Краснодонуголь». Экономический эффект от повышения производительности механизированного комплекса ЗМКД-90Т при внедрении рекомендаций составил 6179462 руб. в ценах 2023г.

Личный вклад автора состоит в формулировании цели, задач исследования; сборе и обобщении фактических данных по процессам угледобычи, метановыделения и геомеханики; в обосновании методов обработки результатов шахтных наблюдений, в разработке математи-

ческой модели взаимосвязи процессов метановыделения и суточной угледобычи; разработке алгоритма и программы текущего прогнозирования максимальной нагрузки на механизированный комплекс по газовому фактору; в решении задачи по определению аэродинамического сопротивления очистного забоя на основе принципа ЭГДА.

Публикации. Основные положения исследований отображены в 5 печатных работах, опубликованных в рецензируемых научных журналах и изданиях, утвержденных ВАК ЛНР и РФ, в 5 профессиональных изданиях, в материалах 7 международных научных конференций, получен 1 патент на полезную модель.

Структура диссертации. Работа изложена на 217 страницах (из них 158 страниц – основной текст) и включает введение, 5 разделов (18 подразделов), выводы к разделам, заключение. Содержит 57 рисунков, 33 таблицы, список литературных источников из 101 наименования и 3 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования проблемы газового фактора, оценено состояние изученности проблемы, определены объект, предмет исследований; сформулирована идея, установлена цель и задачи работы, обоснованы методы исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов и формы их апробации.

Раздел 1 «Анализ причин низких показателей угледобычи механизированными комплексами и роли газового фактора на высокогазоносных пластах» содержит 4 подраздела. В подразделе **1.1 «Эффективность эксплуатации современных механизированных комплексов в условиях высокой метанообильности»** показано, что многократно возросшая техническая производительность современных механизированных комплексов остается не реализованной на большинстве шахт Донбасса. Среди причин, вызывающих простои очистных забоев на высокогазоносных пластах, газовый фактор является основным. Требуется изыскание новых методов и способов по минимизации простоев от срабатывания АГК.

В подразделе **1.2 «Влияние параметров угледобычи на ограничивающее действие газового фактора»** показано, что снижение потерь рабочего времени от срабатывания датчиков АГК возможно за счет снижения объема метана, выделяющегося во время очистных работ, и увеличения расхода воздуха для его разбавления до допустимой концентрации. Противоположное влияние метановыделения и расхода воздуха на концентрацию метана обуславливает необходимость поис-

ка оптимизационных решений по выбору длины лавы, схемы проветривания, способов и средств поддержания подготовительных выработок, системы разработки, направления отработки выемочного столба. Применение рекомендуемых нормативными документами, прямочных схем проветривания с направлением исходящей струи на выработанное пространство осложняется недопустимо большими утечками воздуха из очистного забоя.

В подразделе **1.3 «Методы исследования влияния угледобычи на газообильность горных выработок»** отмечено, что, в основу действующей нормативной методики определения проектных решений по отработке высокогазоносных угольных пластов положены взаимосвязи трендовых компонент метановыделения и угледобычи (согласно теории случайных процессов). Тренды установлены по усредненным показателям за период 1-2 более месяцев. Внутри периода усреднения влияние параметров угледобычи на процесс метановыделения не изучено, что не позволяет планировать угледобычу на основе текущего прогноза предельно допустимой нагрузки по газовому фактору.

В подразделе **1.4 «Цель и задачи исследований»** поставлено целью обоснование параметров высокопроизводительной добычи угля в условиях высокой метанообильности и сформулированы задачи для ее достижения.

Раздел 2 «Методы исследования взаимосвязи угледобычи и метановыделения в очистном забое» состоит из 3 подразделов. В подразделе **2.1 «Методика проведения шахтных инструментальных наблюдений»** приведен перечень методов и аппаратных измерительных средств, использованных в шахтных наблюдениях. Унифицированная телекоммуникационная автоматизированная противоаварийная система УТАС обеспечила регистрацию во времени концентрации метана и расхода воздуха с интервалом дискретизации согласно «Инструкции по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану» (НПАОТ 10.0-5.02-04). С помощью звукоулавливающей аппаратуры ЗУА-98 и пьезокерамических датчиков СПД-1Д регистрировались сигналы акустической эмиссии согласно утвержденной «Инструкции по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа» (СОУ 10.1.00174088.011-2005). По непрерывному хронометражу положения комбайна в лаве регистрировалось количество добытого в лаве угля. Минимальная длительность наблюдений (5 периодов осадок основной кровли) выбрана согласно рекомендациям Института горного дела им. А.А. Скочинского. Интервал регистрации непрерывных наблюдений (1 час) обоснован теоремой Котельникова.

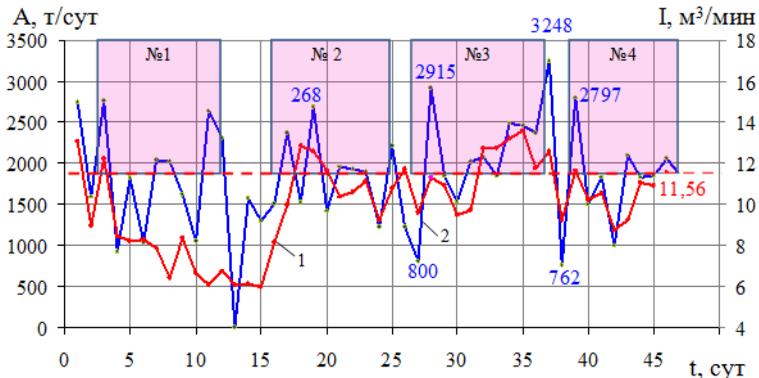
В подразделе **2.2 «Результаты проведенных наблюдений и их первичный анализ»** приведена краткая характеристика репрезентатив-

ности объекта инструментальных наблюдений для поставленных целей исследований. Условия отработки 28 и 17 орловских лав пласта k_2 ш. «Молодогвардейская» следующие: механизированный комплекс — 3МКД-90Т с комбайном 2ГШ-68м; система разработки — столбовая, обратным ходом по простиранию пласта; природная газоносность пласта — $20 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$, песчаника в кровле пласта — $3,6 \text{ м}^3/\text{т}$ при мощности $17,0 \text{ м}$, почвы — менее $0,5 \text{ м}^3/\text{т}$; угол падения пласта $4-9^\circ$. В таблице 1 приведены средняя вынимаемая мощность пласта ($m_{\text{пл}}$, м), длина лавы (L, м), среднесуточные показатели угледобычи ($A_{\text{ср}}$, т/сут), расхода воздуха ($Q_{\text{ср}}$, $\text{м}^3/\text{мин}$) и участковая метанообильность ($I_{\text{ср}}$, $\text{м}^3/\text{мин}$).

Таблица 1 — Краткая характеристика выемочных участков

Лавы	m, м	L, м	$A_{\text{ср}}$ min-max	Схема проветривания	$Q_{\text{ср}}$ min-max	$I_{\text{ср}}$ min-max
17	2,0	215	<u>1860</u> 1050-2400	ЗВ-Н-н-пт	<u>2000</u> 1800-2200	<u>14,8</u> 5,7-22,7
28	2,2	300	<u>1570</u> 1320-2200	1-К-Н-в-вт	<u>1200</u> 800-2000	<u>9,1</u> 2,7-16,4

Характерной особенностью работы лав являются частые экстремально высокие значения производительности механизированного комплекса, возникающие с целью компенсации потерь угледобычи после сбоев в работе (рисунок 1).



1 – максимальные значения метанообильности; 2 – суточная угледобыча
№1-4 - периоды компенсации потерь добычи

Рисунок 1 – Особенности влияния угледобычи на максимальные значения метанообильности (по 28 орловской лаве)

После пиковых нагрузок происходит рост метановыделения, превышающий предельно допустимый уровень $11,56 \text{ м}^3/\text{мин}$, в результате

возникают дополнительные простои из-за срабатывания аппаратуры АГК. Для исключения подобных ситуаций необходимо планирование суточной угледобычи на основе текущего прогноза предельно допустимой нагрузки по газовому фактору.

В подразделе **2.3 «Обоснование выбора математических методов анализа динамических процессов»** для установления взаимосвязей изучаемых процессов, представленных временными рядами, обоснованы методы анализа и условия их использования: спектральный анализ внутренней структуры рядов, процедура установления когерентности и идентификации циклических компонент, корреляционный анализ рядов, выбор регрессионной модели описания зависимостей.

Раздел 3 «Разработка модели взаимосвязи угледобычи, метановыделения и процессов в массиве горных пород» состоит из 4 подразделов.

В подразделе **3.1 «Анализ временных рядов метановыделения и влияющих на него факторов»** изучены тренды взаимосвязи среднесуточных метановыделений I_{cp} и угледобычи A_{cp} по месячным усредненным показателям. Установлено, что существует пороговое значение угледобычи 1500-1600 т/сут, которое разделяет ряд процесса метановыделения на периоды влияния низких и высоких нагрузок (таблица 2), отличающиеся противоположными зависимостями при уровне значимости p от 0,005 до 0,1 корреляционного отношения R .

Таблица 2 – Уравнения трендов по периодам нагрузок

Период	Лава,	Уравнение связи	R
Высокие нагрузки	28	$I_{cp} = -2,2 \cdot 10^{-3} A_{cp} + 13,42$ $\sigma_I = 1,6 \cdot 10^{-3} A_{cp} + 1,90$	-0,43 (p=0,1) 0,76 (p=0,01)
	17	$I_{cp} = -4,9 \cdot 10^{-3} A_{cp} + 25,78$ $\sigma_I = 1,8 \cdot 10^{-3} A_{cp} + 0,91$	-0,93 (p=0,006) 0,87 (p=0,02)
Низкие нагрузки	28	$I_{cp} = 2,36 \cdot e^{1,1 \cdot 10^{-3} A_{cp}}$ $\sigma_I = 0,27 \cdot e^{1,5 \cdot 10^{-3} A_{cp}}$	0,90 (p=0,005) 0,80 (p=0,01)
	17	$I_{cp} = 7,4 \cdot 10^{-3} A_{cp} + 6,06$ $\sigma_I = 4,5 \cdot 10^{-3} A_{cp} + 2,93$	0,88 (p=0,04) 0,96 (p=0,02)

Периоды низких нагрузок обычно не продолжительны. Могут наблюдаться в начале и в завершении отработки выемочного участка. В период высоких нагрузок влияние газового фактора проявляется в наибольшей степени. Разделение рядов на установленные периоды позволяет корректно использовать исходные данные для исследования влияния угледобычи на неравномерность метановыделения.

Усреднение рядов по сменным шестичасовым интервалам в период высоких нагрузок выявило сложную взаимосвязь между процессами (рисунок 2). Во вторую смену с увеличением нагрузки на 27 % метановыделение увеличивается на 11 %. В третью смену, несмотря на снижение нагрузки на 20 %, наблюдается незначительный рост метановыделения, на 3 %. В четвертую ремонтную смену, при резком снижении нагрузки на 88 %, метановыделение уменьшается на 19 %. В первую смену после ремонтной смены происходит прирост нагрузки с 68 т/см до 560 т/см (в 8,2 раза), но метановыделение увеличивается только на 8 %. Из приведенного анализа следует, что на текущее значение метановыделения оказывает влияние не только добыча в данный момент, но и добыча за прошлые периоды. Отмеченное влияние математически описывается моделью с распределенным лагом.

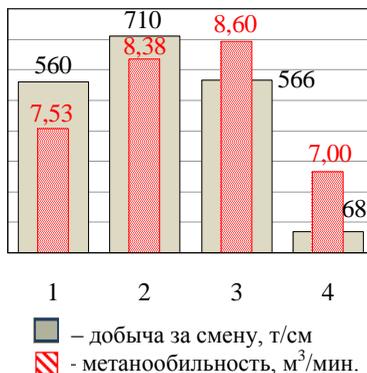


Рисунок 2 – Сравнение среднесменных значений добычи и метанообильности

В подразделе **3.2 «Идентификация факторов, влияющих на динамику метановыделения»** с помощью спектрального анализа показано, что при высоких нагрузках значимые циклические компоненты акустической эмиссии с периодом 15-30 суток согласованы с компонентами метановыделения (таблица 3). Согласованность подтверждается значимыми коэффициентами когерентности k и высокими значениями взаимной спектральной плотности P_{xy} . Отрицательный фазовый сдвиг φ свидетельствует о запаздывании на 2,48-3,35 суток всплеска метановыделения от активизации акустической эмиссии, что согласуется с процессами метановыделения из подработанного горного массива. Период компонент равен шагу осадки основной кровли 15-20 суток. Приведенные результаты спектрального анализа свидетельствуют о геомеханической природе низкочастотных циклических компонент метановыделения, которая объясняется влиянием периодических изменений напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Синхронность изменения рядов добычи и метановыделения в часовом интервале усреднения подтверждается наибольшими величинами спектральной плотности P на частотах f , равных $0,04 \text{ ч}^{-1}$, $0,08 \text{ ч}^{-1}$, $0,17 \text{ ч}^{-1}$, которые соответствуют периодам 24, 12 и 6 часов (рисунок 3).

Таблица 3 – Анализ низкочастотного спектра рядов акустической эмиссии P_x и метановыделения P_y

$f_r, \text{сут}^{-1}$	$T_r, \text{сут}$	P_x	P_y	P_{xy}	k	$\varphi, \text{сут}$
<i>17-я орловская лава</i>						
0,029	34,7	284594,476	6,684	966,548	0,79	-2,85
0,027	37,4	54449,195	7,471	600,675	0,72	-2,75
0,015	65,3	161344,107	4,503	547,740	0,68	-3,35
<i>28-я орловская лава</i>						
0,066	15,2	64229,195	6,471	596,675	0,65	-2,88
0,048	21,0	284594,476	6,684	889,548	0,80	-2,48
0,032	31,4	161344,107	4,603	522,730	0,63	-2,92

Эти частоты характеризуются значимыми коэффициентами когерентности, равными 0,95, 0,87 и 0,89 соответственно. Впервые установлено, что при увеличении нагрузки на очистной забой в спектрах угледобычи и метановыделения возникает значимая когерентность частот с периодом 24, 12 и 6 часов, свидетельствующая об определяющем вкладе технологических и организационных циклов угледобычи в детерминированность процесса метановыделения.



Рисунок 3 – Спектральная плотность ряда метановыделения при высоких (1) и низких (2) нагрузках

В подразделе 3.3 «Математическая модель зависимости метановыделения от суточной угледобычи» с помощью корреляционного анализа установлена взаимосвязь между временными рядами суточной угледобычи A_t и метановыделения I_t в лаге. Кросс-корреляционная функция сопряженных рядов A_t и I_t (рисунок 4) имеет значимые коэффициенты корреляции на текущем (нулевом лаге $Lag=0$) и двух предшествующих лагах ($Lag=-1$ и $Lag=-2$), что свидетельствует о длительности влияния суточной угледобычи на метановыделение в течение 2-3 суток и применимости регрессионной модели с распределенным лагом к описанию этого влияния. Модель построена по ряду наблюдений длительностью 30 суток, что больше шага осадки основной кровли (15-20 м), и имеет вид:

$$I_t = 1,02 \cdot 10^{-3} A_t + 1,69 \cdot 10^{-3} A_{t-1} + 1,30 \cdot 10^{-3} A_{t-2} + 0,81 \varepsilon_{t-1} + e_t, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{t-1} = I_{t-1}^{\text{факт}} - I_{t-1}^{\text{расчет}}. \quad (2)$$

Правомерность использования уравнения подтверждается критерием Фишера $F_{\text{набл}}=12,2$, $p < 0,05$, статистически значимыми оценками параметров модели и множественным коэффициентом корреляции 0,77. Коэффициенты модели статистически значимы и положительны. Слагаемое $0,81\varepsilon_{t-1}$, является адаптационной корректирующей поправкой. Коэффициент 0,81 рассчитан методом авторегрессии ряда (2). Проверка устойчивости модели показала, что в случае, если текущие прогнозные значения отличаются от фактических на величину более 30 %, необходима корректировка параметров модели. Расчет параметров модели осуществлялся с помощью разработанной программы на языке Python.

Максимальное метановыделение в течение прогнозных суток больше рассчитанного по формуле (1) на утроенную величину среднеквадратического отклонения σ_t . По данным временного интервала построения модели (1) установлена зависимость:

$$\sigma_t = 0,50 + 0,40 \cdot 10^{-3} A_{cp}. \quad (3)$$

Надежность установленного уравнения подтверждается критерием Фишера и статистически значимым коэффициентом корреляции $R=0,38$.

В подразделе 3.4 «Оценка точности и надежности разработанной модели» проведена оценка точности и надежности модели (1) по отклонениям прогнозных значений от фактических в течение 20 суток подвигания лавы. Средняя относительная ошибка аппроксимации составила 10 %, стандартная ошибка оценки – $1,26 \text{ м}^3/\text{мин}$. Надежность прогноза оценивалась по ошибкам II-го рода и составила 80 %.

Раздел 4 «Разработка технико-технологических решений по повышению производительности механизированных комплексов»

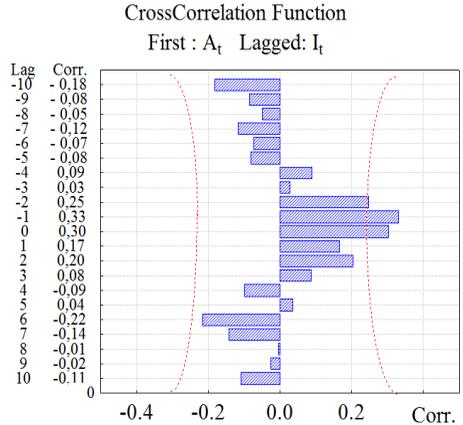


Рисунок 4 – Кросс-корреляционная функция рядов I_t и A_t

состоит из 5 подразделов. В подразделе **4.1 «Методика планирования суточной угледобычи на основе текущего прогноза максимально допустимой нагрузки по газовому фактору»** приведена предлагаемая методика планирования угледобычи на высокогазоносных пластах, которая заключается в следующем:

- устанавливается предельное метановыделение $I_{\text{пред}}$, которое можно разбавить подаваемым количеством воздуха до допустимой концентрации метана (1 % или 1,3 %) согласно требованию нормативного документа;

- рассчитывается прогнозное максимальное метановыделение по формулам (1) и (3) при использовании фактических значений угледобычи за прошлые двое суток и первого планового варианта объема угледобычи, исходя из технических возможностей механизированного комплекса;

- рассчитанное значение I_{max} сравнивается с предельно допустимым $I_{\text{пред}}$ и проверяется по условию:

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{пред}}; \quad (4)$$

- если условие не выполняется, то планируемый суточный объем добычи уменьшается на 50 т и снова проверяется условие (4).

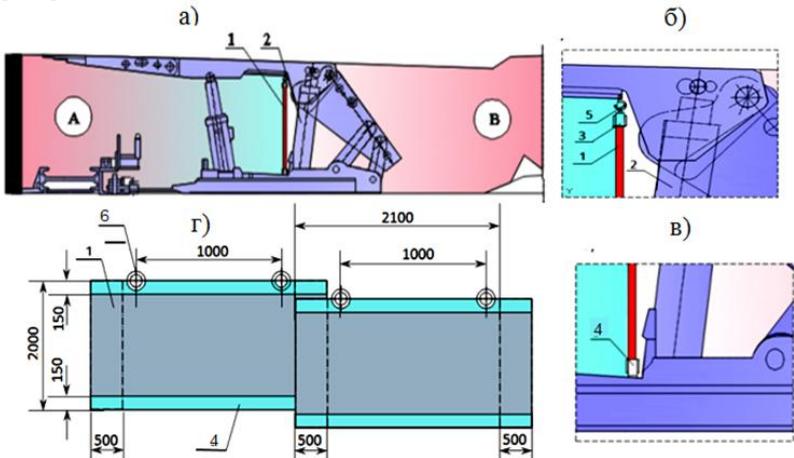
Процедура повторяется до варианта объема угледобычи, при котором выполняется условие (4). Установленный объем добычи, принятый в качестве планового, является максимально допустимой нагрузкой по газовому фактору, что позволяет исключать простой оборудования из-за отключения электроэнергии аппаратурой АГК.

В подразделе **4.2 «Выбор технологической схемы выемочного участка для отработки высокогазоносных пластов»** проведен анализ схем проветривания выемочных участков в условиях высокой метанообильности. Установлено, что рекомендуемые схемы с прямоточным проветриванием и направлением исходящей струи на выработанное пространство позволяют минимизировать метанообильность очистного забоя за счет наиболее полного ограничения поступления метана из выработанного пространства и отбитого угля. Применение этих схем осложняется большими утечками воздуха из призабойного пространства в выработанное. В лаве существенно уменьшается расход воздуха. Повышается концентрация метана и увеличиваются потери угледобычи от срабатывания датчиков АГК.

В подразделе **4.3 «Техническое решение по снижению аэродинамического сопротивления механизированной крепи»** для увеличения расхода воздуха в лаве (А) и уменьшения его утечек в выработанное пространство (В) предложено отделить зону механизированной кре-

пи с повышенным аэродинамическим сопротивлением гибким навесным экраном 1 (элементы конструкции ограждения, заднюю гидростойку 2 и сеть высоконапорных шлангов) от проходящего по лаве потока воздуха (рисунок 5а).

Конструкция разработанного парусного устройства включает (рисунок 5б, 5в): 1 – экран из гибкого воздухопроницаемого материала; 3 – верхний зажим экрана; 4 – утяжелитель экрана для его удержания в вертикальном положении; 5 – крюк для навески устройства, 6 – скоба. Устройство позволяет уменьшить аэродинамическое сопротивление потоку воздуха в лаве и увеличить сопротивление его перетоку в выработанное пространство.



а) функциональное назначение парусного устройства; б) навеска экрана на верхнее перекрытие крепи; в) нижний зажим для растяжки устройства по вертикали; г) конструктивные размеры устройства

Рисунок 5 – Конструкция парусного устройства

Конструкция парусного устройства опробована с крепью 3М-90Т в 29 орловской лаве пл. k_2 ш. «Молодогвардейская». В результате опробования расход воздуха по лаве увеличился с $339 \text{ м}^3/\text{мин}$ до $531 \text{ м}^3/\text{мин}$ (в 1,56 раза); коэффициент утечек воздуха снизился с 2,47 до 1,70 (в 1,45 раза). Сечение для прохода воздуха уменьшилось с $5,2 \text{ м}^2$ до $4,6 \text{ м}^2$ на 11,3 %.

В подразделе 4.4 «Оценка удельного аэродинамического сопротивления механизированной крепи с парусным устройством» с применением принципа электрогидродинамических аналогий разработана математическая модель, позволяющая оценивать аэродинамическое сопротивление лавы с применением изолирующего парусного

устройства. Схема проветривания 3-В-Н-н-пт представлена в виде электрического соединения (рисунок 6). На рисунке 6 использованы следующие условные обозначения аэродинамических параметров: R_i , Q_i – соответственно аэродинамическое сопротивление и количество воздуха в i -ой выработке ($i = 1$ – вентиляционный штрек; $i = 2$ – конвейерный штрек до подхода лавы; $i = 3$ – очистной забой; $i = 4$ – выработанное пространство; $i = 5$ – конвейерный штрек после прохода лавы). Методом суперпозиций соединение преобразовано в контур основного воздухопотока и в контур подсвежения.

По контурам составлена общая система уравнений:

$$\begin{cases} Q_1 = Q_{11} - Q_{21} \\ Q_2 = -Q_{12} + Q_{22} \\ Q_3 = Q_{13} + Q_{23} \\ Q_4 = Q_{14} + Q_{24} \\ Q_5 = Q_{15} + Q_{25} \end{cases} \quad (5)$$

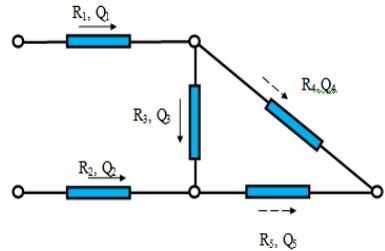


Рисунок 6 – Электрическая модель вентиляционной сети выемочного участка

Решением системы (5) получена зависимость расхода воздуха в очистной выработке от аэродинамических параметров:

$$Q_3 = \frac{Q_1 \cdot \sqrt{R_{Э1}} - \frac{\sqrt{R_{Э1}}}{\sqrt{R_1}}}{\frac{R_{Э1}}{R_1 \cdot R_4} + \frac{1}{R_4}} \cdot \left(\frac{Q_1 \cdot \sqrt{R_{Э1}}}{\sqrt{R_1}} + \sqrt{\frac{Q_1^2 \cdot R_{Э1}^2}{R_4^2 \cdot R_1} - \left(\frac{R_{Э1}}{R_4 \cdot R_1} + \frac{1}{R_4} \right) \cdot \left(\frac{Q_1 \cdot R_{Э1}}{R_4} - Q_4 \right)} \right) \cdot \frac{1}{R_3 + \frac{R_2 \cdot R_5}{(\sqrt{R_2} + \sqrt{R_5})^2}} - \frac{Q_5 \cdot \sqrt{R_5} + Q_2 \cdot \sqrt{R_2}}{\sqrt{R_5} + \sqrt{R_3 + \frac{R_1 \cdot R_4}{(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_4})^2}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{R_3 + \frac{R_1 \cdot R_4}{(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_4})^2}}} \quad (6)$$

До применения парусного устройства замерно-расчетным методом установлены параметры: $Q_1 = 13,98 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_2 = 8,4 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_3 = 5,65 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_4 = 8,3 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_5 = 14 \text{ м}^3/\text{с}$; $R_1 = 0,014 \text{ к}\mu$; $R_2 = 0,019 \text{ к}\mu$; $R_3 = 0,188 \text{ к}\mu$; $R_5 = 0,01 \text{ к}\mu$.

Эквивалентные сопротивления $R_{Э1}$ и $R_{Э2}$ в зависимости (6) рассчитываются по формулам:

$$R_{\text{Э1}} = R_3 + \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4}, \quad (7)$$

$$R_{\text{Э2}} = \frac{R_5 \cdot R_{\text{Э1}}}{R_5 + R_{\text{Э1}}}. \quad (8)$$

Из уравнения (8) найдено одно неизвестное – сопротивление выработочного пространства $R_4 = 0,048 \text{ к}\mu$.

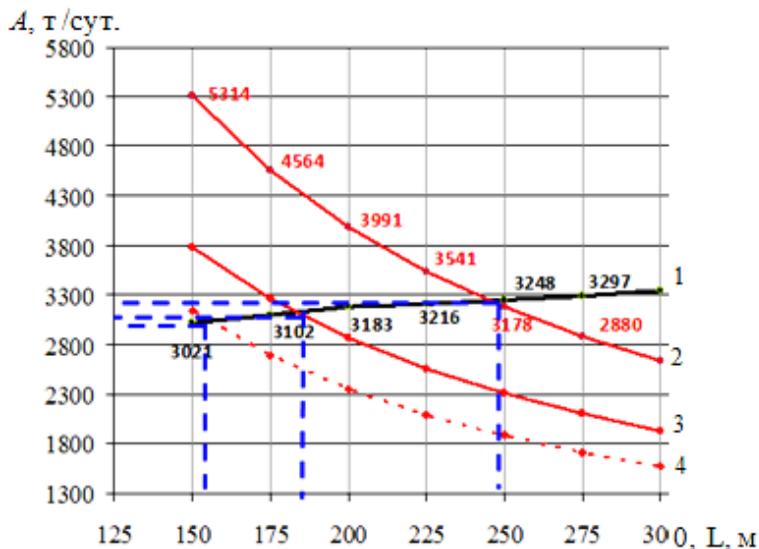
При применении парусного устройства расходы воздуха составили $Q_1 = 15,03 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_2 = 8,3 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_3 = 8,85 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_4 = 6,18 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_5 = 17,1 \text{ м}^3/\text{с}$. Аэродинамические сопротивления выработок остались без изменения, кроме лавы (R_3) за счет применения парусного устройства. По полученным данным и уравнению (8) установлено, что искомое аэродинамическое сопротивление лавы с применением парусного устройства уменьшилось до $R_3 = 0,082 \text{ к}\mu$. Удельное аэродинамическое сопротивление составило $r_{100} = 0,024 \text{ к}\mu$. До применения парусного устройства оно составляло $r_{100} = 0,060 \text{ к}\mu$. Уменьшение составило 60 %.

В подразделе **4.5 «Обоснование длины лавы при использовании механизированной крепи с парусным устройством»** показано, что существует оптимальная длина лавы, обеспечивающая предельную техническую производительность механизированного комплекса ($A_{\text{техн}}$) для условий проектируемого выемочного участка без превышения максимально допустимой нагрузки по газовому фактору A_{max} . Предложен критерий оптимизации длины лавы:

$$k_{p.n} = \frac{A_{\text{max}}}{A_{\text{техн}}} \rightarrow 1 \quad (9)$$

При оптимизации длины лавы для каждого её варианта по формулам «Руководства по проектированию вентиляции угольных шахт» рассчитываются показатели: аэродинамическое сопротивление лавы, $\text{к}\mu$; расход воздуха по лаве, исходя из депрессии и аэродинамического сопротивления, $\text{м}^3/\text{мин}$; предельное среднее значение метанообильности, исходя из рассчитанного расхода воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$; предельное значение нагрузки по газовому фактору A_{max} т/сут; $A_{\text{техн}}$ принимается по достигнутому уровню производительности на шахте и корректируется коэффициентом длины лавы k_l , согласно «Нормативам нагрузки на очистные забои и скорости проведения подготовительных выработок на шахтах» (Донецк, ДонУГИ, 2007). При отсутствии опыта работы $A_{\text{техн}}$ принимается по действующим нормативам. Оптимизационные расчеты по данным работы 29 орловской лавы показали, что при изменении длины лавы с 160 до 245 м техническая производительность механизированно-

го комплекса увеличивается с 2900 до 3250 т/сут (рисунок 7). При $k_{р.п} < 1$ техническая производительность используется не в полной мере. Необходимо снижение длины лавы или увеличение расхода воздуха. При $k_{р.п} > 1$ – затраты на проветривание выемочного участка завышены. Необходимо снижение расхода воздуха по лаве или увеличение длины лавы.



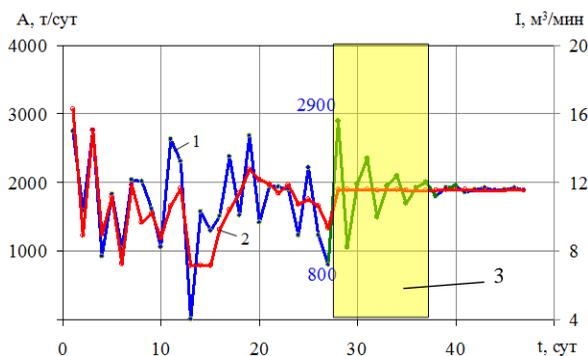
- 1 – $A_{техн}$; 2 – $A_{пред}$ с парусным устройством при депрессии 11 даПа;
 3 – $A_{пред}$ с парусным устройством при депрессии 6 даПа;
 4 – $A_{пред}$ без парусного устройства при депрессии 6 даПа

Рисунок 7 – Выбор длины лавы по критерию оптимизации (9)

Раздел 5 «Технико-экономическая эффективность результатов исследований» состоит из 2 подразделов. В подразделе 5.1 «Планирование суточной производительности механизированного комплекса с учетом газового фактора» показано, что в условиях 28 орловской лавы ш. «Молодогвардейская» техническая производительность составила 1926 т/сут. На рисунке 8 показан вариант использования модели для оценки объема компенсации потерь угледобычи при использовании разработанных рекомендаций по планированию. Период компенсации угледобычи за счет реализации прогнозной нагрузки по газовому фактору составляет от 6 до 15 суток, после которого происходит затухание колебаний угледобычи возле среднего значения 1900 т/сут. Фактические показатели работы механизированного комплекса ЗМКД90Т, характеризуются высокой неравномерностью производительности с коэффициентом

вариации 36 %, а при использовании разработанной методики планирования с учетом газового фактора коэффициент вариации снижается до 24 %. Восполняемый объем потерь составляет от 39 до 45 %.

В подразделе 5.2 «**Опытно-промышленная проверка эффективности парусного устройства применительно к крепи ЗМ90Т**» приведены результаты опытнo-промышленной проверки предложенного парусного устройства. Проверка производилась в 29 орловской лаве пласта k_2 шахты «Молодогвардейская» ПО «Краснодонуголь». Длина участка наблюдений с применением парусного устройства составила 80 м, без применения парусного устройства – 100 м. На участке с применением парусного устройства произошло повышение производительности механизированного комплекса на 26,7 % с 1711 т/сут до 2167 т/сут. Абсолютная метанообильность очистного забоя увеличилась с 5,2 до 5,6 м³/мин.



1 – угледобыча A , т/сут; 2 – максимальная фактическая метанообильность I_{\max} , м³/мин;
3 – период компенсации потерь с использованием модели

Рисунок 8 – Моделирование компенсации потерь угледобычи с уровня 800т/сут

При этом увеличился расход воздуха в 1,56 раза. Удельное число срабатываний аппаратуры автоматического газового контроля (среднее за сутки) уменьшилось более чем в 5 раз и, как следствие, увеличился коэффициент машинного времени на 30,3 %. Коэффициент вариации суточной добычи (без учета добычи в ремонтную смену) уменьшился с 48,4 % до 26,9 %, т.е. в 1,8 раза. Годовой ожидаемый эффект от использования технико-технологических решений составил 6179462 руб. в ценах 2023г. Результаты исследований рассмотрены межведомственной комиссией от организаций ш. «Молодогвардейская» и «Донбасского государственного технического университета». Комиссия рекомендовала к использованию разработанные технико-технологические решения для отработки высокогазоносных угольных пластов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является завершенной научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача обоснования параметров технологии отработки высокогазоносных угольных пластов, обеспечивающих повышение производительности механизированных комплексов.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Аналитический обзор выполненных к настоящему времени исследований показал, что при больших объемах добычи возрастают отрицательные последствия от простоев и нестабильности работы лав.

2. Установлено, что существует пороговое значение угледобычи 1500-1600 т/сут, которое разделяет ряд процесса метановыделения на периоды влияния низких и высоких нагрузок.

3. Установлено, что динамический ряд метановыделения содержит трендовую, циклические и случайную компоненты. При этом спектральный анализ показал, что изменение интенсивности акустической эмиссии и среднесуточной добычи вызывает с запаздыванием на 2–3 суток согласованные изменения значений метановыделения.

4. При увеличении нагрузки на очистной забой в спектрах угледобычи и метановыделения возникает значимая когерентность частот с периодом 24, 12 и 6 часов, свидетельствующая об определяющем вкладе технологических и организационных циклов угледобычи в детерминированность процесса метановыделения.

5. На основе установленного влияния суточной угледобычи на метановыделение, которое проявляется в течение 2-3 суток, построена регрессионная модель с распределенным лагом для текущего прогноза максимальной нагрузки на очистной забой по газовому фактору.

6. Сконструировано парусное устройство для механизированной крепи, снижающее ее аэродинамическое сопротивление на 60%, за счет чего увеличивается расход воздуха по лаве в 1,56 раза, а коэффициент утечек воздуха снизился с 2,47 до 1,70, в 1,45 раза.

7. Разработан на основе принципа электрогидродинамических аналогий замерно-расчетный метод определения аэродинамического сопротивления механизированной крепи, оборудованной парусным устройством.

8. Предложен критерий оптимизации длины лавы, заключающийся в максимальном приближении предела нагрузки по газовому фактору к техническому пределу производительности механизированного комплекса, и обеспечивающий повышение угледобычи за счет минимизации простоев по газовому фактору.

9. Опытнo-промышленная проверка эффективности предложенного парусного устройства показала, что с его помощью происходит снижение утечек воздуха в выработанное пространство, увеличение расхода воздуха по лаве в 1,56 раза, уменьшение среднесуточного числа срабатываний АГК в 5 раз. Рациональное использование поступающего в лаву воздуха привело к росту добычи с 1711 до 2167 т/сут. Увеличение угледобычи позволило получить годовой экономический эффект в размере 6 179 462 руб. в ценах 2023г.

Основные научные публикации по теме диссертационного исследования

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при МОН ЛНР для публикации основных результатов диссертационных исследований

1. **Долгопятенко, С. И.** Прогноз и контроль динамики метановыделения в очистных забоях / В. Н. Окалелов, Л. Е. Подлипенская, Ю. В. Бубунец, С. И. Долгопятенко // Уголь Украины. – 2008. – № 7. – С. 21-24.
2. **Долгопятенко, С. И.** Взаимосвязь геомеханических процессов и динамики метановыделения выемочного участка / В. Н. Окалелов, С. И. Долгопятенко // Известия вузов. Горный журнал. –2008. – № 7. – С. 49-55.
3. **Кулакова, С. И.** Оценка точности нормативной методики расчета метановыделения при высоком уровне угледобычи / В. И. Павлов, С. И. Кулакова // Сб. науч. тр. ДонГТУ. — Алчевск, 2018. — Вып. № 12 (55) — С. 18-22.
4. **Кулакова, С. И.** Спектральный анализ процесса метановыделения при повышении нагрузки на очистной забой / В. И. Павлов, С. И. Кулакова // Сб. науч. тр. ДонГТУ. — Алчевск, 2020. — Вып. № 18 (61) — С. 35-41.
5. **Кулакова, С. И.** Методика шахтных инструментальных исследований процессов метановыделения и угледобычи на выемочных участках / Е. С. Смекалин, С. И. Кулакова // Сб. науч. тр. ДонГТУ. — Алчевск, 2023. — Вып. № 31 (74) — С. 5-10.

Статьи в журналах, сборниках научных трудов и материалов конференций

6. **Долгопятенко, С. И.** Метод анализа динамики показателей метановыделения выемочных участков угольных шахт / Л. Е. Подлипенская, В. И. Павлов, Ю. В. Бубунец, С. И. Долгопятенко // «Современные технологии и оборудование для добычи угля подземным спо-

собом»: матер. X межд. конф. — Донецк: «Уголь/Майнинг-2008», 2008. — С. 42-45.

7. **Долгопятенко, С. И.** Прогноз рядов динамики метановыделения выработанного пространства / В. И. Павлов, С. И. Долгопятенко // «Прикладные задачи математики и механики»: матер. XVII межд. науч.-техн. конф. 14-18 сентября. — Севастополь: СевНТУ, 2009. — С. 196-199.

8. **Кулакова, С. И.** Управление утечками воздуха в очистном забое / Ю. В. Кудинов, В. И. Павлов, С. И. Кулакова // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. МакНИИ. — Макеевка : Донбасс, 2009. — № 2(24). — С. 22-27.

9. **Долгопятенко, С. И.** Управление распределением воздуха в комплексно-механизированных лавах, обрабатывающих высокогазонасные угольные пласты / Окалелов В. Н., Павлов В. И., Подлипенская Л. Е. Бубунец Ю. В., Долгопятенко С. И. // «Школа подземной разработки-2010»: сб. науч. работ IV межд. науч.-практ. конф. 12-18 сентября. — Днепропетровск: НГУ, 2010. — С. 46-52.

10. **Кулакова, С. И.** Экспериментально-расчетная оценка аэродинамического сопротивления механизированной крепи с парусным регулятором утечек воздуха / Ю. В. Кудинов, В. И. Павлов, С. И. Кулакова // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. МакНИИ. — Макеевка : Донбасс, 2011. — № 1(27). — С. 20-25.

11. **Кулакова, С. И.** Источники метановыделения из подрабатываемого угольными пластами массива / С. И. Кулакова // «Форум горняков - 2012»: матер. межд. конф. 3-6 октября. — Днепропетровск: НГУ, 2012. — С. 76-79.

12. **Кулакова, С. И.** Влияние неравномерности добычи угля на метанообильность очистного забоя / Ю. В. Кудинов, В. И. Павлов, С. И. Кулакова // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. МакНИИ. — Макеевка, 2014. — №1(33) — С. 38 -44.

13. **Кулакова, С. И.** Адаптивное моделирование динамики метановыделения / С. И. Кулакова // Проблемы горного давления: сб. науч. тр. ДонНТУ. — Донецк, 2017. — №1(32) — С. 3-12.

14. **Кулакова, С. И.** Безопасность комплексно-механизированных лав при больших нагрузках / С. И. Кулакова // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: науч.-техн. журн. — Донецк, 2018. — №1(55). — С. 113-121.

15. **Кулакова, С. И.** Изменение высокочастотного спектра процесса метановыделения под влиянием высоких нагрузок на очистной

забой / С. И. Кулакова // «Современные проблемы охраны труда и аэрологии горных предприятий»: матер III межд. науч.-техн. конф. 21 ноября. — Донецк: ДонНТУ, 2019. — С.13-20.

16. **Кулакова, С. И.** Влияние добычи на высокочастотный спектр метановыделения / С. И. Кулакова // «Актуальные проблемы геомеханики и геотехнологии добычи полезных ископаемых»: матер. IV межд. науч.-практ. конф. 25 ноября. — Алчевск.: ДонГТИ, 2020. — С.71 – 73.

17. **Кулакова, С. И.** Возможности снижения выбросов шахтного метана в атмосферу / В. И. Павлов, С. И. Кулакова // «65 лет ДонГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации»: сб. тез. докладов юбилейной межд. науч.-техн. конф. 13 октября. — Алчевск.: ДонГТИ, 2022. — С.300 – 301.

Патенты

18. Пат. №55339 Україна, МПК E21F1/00 (2009) Спосіб провітрювання комплексно-механізованих очисних вибоїв на високогазоносних вугільних пластах / С. І. Долгоп'ятенко, Ю. Ю. Крижановський, Ю. В. Кудінов, В. І. Павлов, В. М. Окаєлов, Ю. В. Бубунець, Л. Є. Підлипєнська, О. А. Колесник; заявник і патентовласник Донбаський ДТУ. — № u 201006905; заявл. 04.06.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23. — 4 с. : ил.

АННОТАЦИЯ

Кулакова С. И. Обоснование параметров угледобычи механизированными комплексами в условиях высокой метанообильности. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая, строительная)» — ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет». – Алчевск, 2023.

Получена регрессионная модель с распределенным лагом для описания процесса метановыделения на основе установленного влияния суточной угледобычи в течение 2-3 суток.

Предложена методика планирования угледобычи на основе текущего прогноза предельно допустимой нагрузки по газовому фактору.

Сконструировано устройство, обеспечивающее сокращение утечек воздуха и увеличение его расхода за счет снижения аэродинамического сопротивления механизированной крепи.

Разработан на основе принципа электрогидродинамических аналогий замерно-расчетный метод для определения аэродинамического

сопротивления механизированной крепи с парусным устройством.

Предложен критерий оптимизации параметров технологии обработки высокогазоносных угольных пластов на основе максимального приближения предела нагрузки по газовому фактору к техническому пределу производительности механизированного комплекса.

Результаты исследования изложены в 17 научных статьях.

Ключевые слова: механизированный комплекс, угледобыча, акустическая эмиссия, метановыделение, математическая модель, аэродинамическое сопротивление, техническая производительность, параметры, оптимизация.

SUMMARY

Kulakova, S.I. The rationale for the coal mining parameters by mechanised complexes in conditions of high methane abundance. - Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences at specialty 25.00.22 - Geotechnology (underground mining, open mining and building) – SEI HPE LPR “Donbas State Technical University”. – Alchevsk, 2023.

A regression model with a distributed lag is proposed to describe the process of methane formation based on the established influence of daily coal extraction over 2-3 days.

A methodology for planning coal mining based on the current prediction of the maximum permissible load of the gas factor is proposed.

A device for mechanized pillars is designed to reduce aerodynamic resistance to the air flow passage in the mine face and limit the air overflow from the bottom-hole space into the mined-out area.

A metering and calculation method is proposed to determine the specific aerodynamic resistance of a mine face equipped with a mechanized complex with a sail device. This method is based on the principle of electrohydrodynamic analogies.

A criterion for optimizing parameters of mining technology for high-gas-bearing coal seams is proposed, based on maximizing the approximation of the gas factor loading limit to the technical limit of productivity of a mechanized complex.

The results of the research are presented in 17 scientific papers.

Key words: mechanized complex, coal mining, acoustic emission, methane emission, mathematical model, aerodynamic drag, technical performance parameters, optimization.