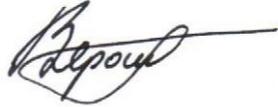


*На правах рукописи*

**ЯРОШЕНКО Валерий Валерьевич**



**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
СХЕМ ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ ГАЗОНОСНЫХ  
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ПОДРАБОТАННЫХ ЗОНАХ**

*Специальность 25.00.22 – Геотехнология (подземная,  
открытая и строительная)*

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Санкт-Петербург- 2019**

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

Научный руководитель:  
доктор технических наук, доцент

*Казанин Олег Иванович*

Официальные оппоненты:

*Мельник Владимир Васильевич*  
доктор технических наук, профессор, НИТУ «МИСиС», кафедра геотехнологии освоения недр, заведующий кафедрой

*Черкашин Александр Александрович*  
кандидат технических наук, ведущий инженер горного отдела ООО «Институт Гипроникель»

Ведущая организация - ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Защита диссертации состоится 5 декабря 2019 г. в 11 ч 00 мин на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.06 при Санкт-Петербургском горном университете по адресу: 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, ауд. 1163.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского горного университета и на сайте [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru).

Автореферат разослан 4 октября 2019 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
диссертационного совета



СИДОРОВ  
Дмитрий Владимирович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Ежегодное увеличение глубины ведения горных работ и рост нагрузок на очистные забои сопровождаются повышением газообильности выемочных участков, ухудшением условий поддержания выработок, ростом опасности горных ударов. При отработке свит пластов Воркутского месторождения в качестве регионального способа предотвращения горных ударов на продуктивных пластах «Мощный» и «Тройной» применяется защитная подработка по пластам «Пятый» и «Четвертый», которая также способствует повышению эффективности управления газовыделением на выемочных участках. Необходимость сосредоточения горных работ в пределах подработанных зон привела к тому, что, несмотря на применение бесцеликовых схем подготовки выемочных участков и схем с охраной выемочных штреков податливыми целиками, коэффициент извлечения по блокам в донной части мульды не превышает 0,75. Кроме того, несмотря на общепризнанную эффективность защитной подработки, в период 2011-2018 г. на шахтах АО «Воркутауголь» произошли 3 аварии с массовой гибелью людей на выемочных участках подрабатываемых пластов «Мощный» (шахта «Северная» в 2011 и 2016 г.) и «Тройной» (шахта «Воркутинская» в 2013 г.), что подтверждает актуальность исследований влияния первоочередной выемки защитных пластов на эффективность и безопасность горных работ на выемочных участках пластов в подработанных зонах и зонах ПГД.

Решению проблем эффективности и безопасности подземной отработки газоносных угольных пластов посвящены работы А.Т. Айруни, Я.А. Бича, В.П. Зубова, О.И. Казанина, О.В. Ковалева, Г.И. Коршунова, К.С. Коликова, А.К. Логинова, В.В. Мельника, И.М. Петухова, Л.А. Пучкова, А.А. Ренева, В.В. Смирнякова, С.В. Сластунова, А.Н. Шабарова, Ю.В.Шувалова и многих других ученых.

Вместе с тем, имеющиеся на сегодняшний день результаты исследований, отраслевые нормативные документы, регламентирующие решение вопросов управления газовыделением и

управления состоянием массива, а также проектирования технологических схем интенсивной отработки выемочных участков сближенных пластов в сложных по газовому и геодинамическому факторам, не позволяют в ряде случаев обеспечить эффективность горных работ и высокий коэффициент извлечения запасов в условиях Воркутского месторождения.

Тематика исследований соответствует целям долгосрочной программы развития угольной промышленности России до 2030 года, а также федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы».

**Цель работы.** Повышение эффективности отработки сближенных пластов Воркутского месторождения с увеличением полноты извлечения запасов.

**Идея работы.** Повышение эффективности отработки сближенных пластов Воркутского месторождения с увеличением полноты извлечения запасов достигается при реализации комплекса технических решений по расширению подработанных зон, а также обосновании параметров технологических схем отработки пологих газоносных угольных пластов на основе моделирования газодинамических процессов на выемочном участке в подработанных зонах и зонах ПГД с использованием современного программного обеспечения.

**Основные задачи исследований:**

1. Анализ мирового опыта отработки газоносных угольных пластов в подработанных зонах;
2. Натурные исследования влияния параметров технологических схем на геомеханические и газодинамические процессы на выемочных участках в зонах взаимного влияния пластов;
3. Экспериментально-аналитические исследования влияния параметров технологических схем на геомеханические и газодинамические процессы на выемочных участках в зонах взаимного влияния пластов;

4. Разработка комплекса рекомендаций по расширению подработанной зоны и повышению эффективности отработки сближенных пластов Воркутского месторождения;

5. Экономическая оценка разработанных рекомендаций.

**Методы исследований.** Для решения поставленных задач использован комплексный метод, включающий обобщение и анализ теории и практики отработки сближенных газоносных угольных пластов; натурные исследования процессов ведения горных работ по сближенным пластам; экспериментально-аналитические исследования геомеханических и газодинамических процессов на выемочных участках.

**Научная новизна:**

- Установлена зависимость коэффициента извлечения угля от параметров технологических схем отработки целиков на границах выемочных столбов.

- Установлена зависимость затрат на доработку целиков у границ выемочных участков от длины лавы и угла между направлением подвигания лавы и границей выемочного столба.

**Основные защищаемые положения:**

1. При отработке продуктивных пластов Воркутского месторождения в подработанных зонах длинными очистными забоями выдавливание метановоздушной смеси с концентрацией метана, превышающей предельно допустимую в периоды обрушения основной кровли, возможно лишь при первом обрушении;

2. Увеличение коэффициента извлечения запасов донной части Воркутской мульды с 0,75 до 0,9 достигается при доработке выемочных участков пласта «Четвертый» у границ выемочных столбов с применением технологий, обеспечивающих расширение защитной зоны по пласту «Тройной»;

3. Наибольший экономический эффект от увеличения коэффициента извлечения запасов донной части Воркутского месторождения обеспечивается при совместном применении для доработки запасов у границ выемочных участков технологий с

поворотом очистных механизированных комплексов по защитному и продуктивному пластам.

**Теоретическая и практическая значимость работы.**

Доказано влияние первого обрушения основной кровли в подработанных зонах на аэрогазодинамическую обстановку в очистном забое. Обоснованы возможность и целесообразность существенного повышения коэффициента извлечения запасов за счет расширения границ подработанных зон при отработке донной части Воркутского месторождения. Разработан комплекс рекомендаций по выбору технологических схем доработки целиков на границах выемочных столбов в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий.

**Достоверность и обоснованность научных положений и рекомендаций.** Достоверность защищаемых положений, основных выводов и рекомендаций обеспечивается представительным объемом данных натурных наблюдений, использованием современных апробированных методов исследований; удовлетворительной сходимостью результатов натурных и численных исследований.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались на: международной конференции «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (Санкт-Петербург, 2016 г.); на Международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, 2017 г.); на «Международном форум-конкурсе молодых ученых «Проблемы недропользования» (Санкт-Петербург, 2017 г.); на ежегодной научно-практической конференции молодых ученых (Германия, Фрайберг, 2017 г.); на научных семинарах кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Санкт-Петербургского горного университета (2015-2019 гг.).

**Личный вклад автора.** Сформулированы цель и задачи исследований, выбраны методики и проведены экспериментально-аналитические и натурные исследования, обобщены результаты исследований, сформулированы основные научные положения и выводы.

**Публикации.** Основные результаты исследований опубликованы в 4 печатных работах в изданиях из перечня, рекомендуемого ВАК Минобрнауки России.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа общим объемом 115 страниц состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 103 источников, включает 71 рисунок и 19 таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цель и идея работы, определены основные задачи исследований, описаны научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

**В первой главе** проведен анализ горно-геологических и горнотехнических условий разработки Воркутского месторождения. Проведен анализ мирового опыта отработки сближенных пластов в подработанных зонах и зонах повышенного горного давления (ПГД), проведен анализ способов управления состоянием массива в подработанных зонах и зонах ПГД, обзор научно-технической литературы по выбору параметров технологических схем отработки пологих газоносных сближенных пластов. Сформулированы цель и задачи исследований.

**Во второй главе** приведены результаты натурных и численных исследований влияния параметров технологических схем на аэрогазодинамические и геомеханические процессы на выемочных участках. Исследовано влияние подработки на первоначальный шаг обрушения основной кровли в очистных забоях по пласту «Тройной». Отражены результаты численного моделирования НДС массива, а также влияния обрушения основной кровли на аэрогазодинамические процессы на выемочных участках пласта «Тройной».

**В третьей главе** проведена оценка возможности снижения эксплуатационных потерь при отработке продуктивных пластов Воркутского месторождения после защитной подработки. Разработаны технологические схемы доработки целиков на границах

выемочных столбов за счет расширения подработанных зон. Даны рекомендации по выбору технологических схем доработки целиков на границах выемочных столбов для сближенных пластов в зависимости от горно-геологических условий.

**В четвертой главе** обоснованы параметры технологических схем отработки целиков на границах выемочных участков Воркутского месторождения после защитной подработки. Приведена оценка экономической эффективности предложенных мероприятий.

**В заключении** приведены основные выводы и результаты исследований.

Основные результаты исследований отражены при доказательстве следующих защищаемых положений:

**1. При отработке продуктивных пластов Воркутского месторождения в подработанных зонах длинными очистными забоями выдавливание метановоздушной смеси с концентрацией метана, превышающей предельно допустимую в периоды обрушения основной кровли, возможно лишь при первом обрушении.**

Исследования проводились на шахте «Воркутинская» Воркутского угольного месторождения. Были проанализированы горно-геологические и горнотехнические условия, технико-экономические показатели работы очистных забоев, данные журналов участкового геолога по учету шага обрушения основной кровли пласта «Тройной» в период с 2014-2017 гг., а также данные системы аэрогазового контроля.

Сопоставив периоды обрушения основной кровли и динамику простоев вследствие загазованности очистного забоя, было установлено, что длительные простои происходили только при первом обрушении основной кровли.

Для исследования влияния параметров технологических схем на геомеханические и газодинамические процессы на выемочных участках была разработана трехмерная горно-геомеханическая модель горных пород. Расчет НДС массива был выполнен в программном комплексе ANSYS Static Structural.

Полученные поля напряжений позволяют оценить параметры зон разгрузки, формируемых в подработанной толще.

Моделирование НДС массива показало эффективность опережающей подработки пласта «Четвертый», но, как показывают данные шахтных наблюдений, возможность зависания консоли основной кровли присутствует только в момент отхода лавы из монтажной камеры, т.е. до первого шага обрушения. При этом, после подработки первичный шаг обрушения основной кровли в очистных забоях пласта «Тройной» уменьшился с 75 м до 50 м по сравнению с неподработанными участками. Для подтверждения гипотезы о выталкивании метановодушной смеси, превышающей предельно допустимую концентрацию, из выработанного пространства вследствие поршневого эффекта была разработана газодинамическая модель. Расчет был выполнен в программном комплексе ANSYS Fluid flow CFX (рисунок 1). Сформирована газодинамическая модель нижней части лавы на сопряжении с конвейерным штреком со стороны нетронутого массива. В диссертации был исследован поршневой эффект при различных размерах обрушенных консолей, но наибольший интерес представляет обрушение основной кровли с размерами 50x50 м.

Численные исследования показали, что при размере падающей консоли 50x50 м возможный объем метановодушной смеси может составлять 3000 м<sup>3</sup> при высоте падения 1.2 м и наличии прямой аэрогазодинамической связи выработанного пространства с секциями крепи; скорость выталкивания при заданных параметрах может составлять до 33 м/с (рисунок 2). Данные параметры зависят от мощности непосредственной кровли, коэффициента разрыхления, высоты падения и геометрических размеров консоли.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при отработке продуктивных пластов Воркутского месторождения в подработанных зонах выдавливание метановоздушной смеси с концентрацией метана, превышающей предельно допустимую концентрацию в периоды обрушения основной кровли, возможно лишь при первом обрушении; вторичные осадки кровли существенно не влияют на газовую обстановку на выемочных

участках и на технико-экономические показатели работы очистных забоев.

**2. Увеличение коэффициента извлечения запасов донной части Воркутской мульды с 0,75 до 0,9 достигается при доработке выемочных участков пласта «Четвертый» у границ выемочных столбов с применением технологий, обеспечивающих расширение защитной зоны по пласту «Тройной».**

Задача внедрения ресурсосберегающей технологии при доработке запасов мульдовой части Воркутского месторождения является актуальной, так как потери в целиках на границах выемочных столбов составляют до 22% в пределах одного блока.

В результате детального анализа раскройки оставшихся запасов Воркутской мульды были определены размеры целиков по площади и запасам. Данные представлены в таблице №1.

Таблица 1– Размеры целиков по площади и запасам

№ участка	Пласт «Тройной»			Пласт «Четвертый»		
	Потери в целиках			Потери в целиках		
	По площади, км <sup>2</sup>	По запасам, млн. тонн	Потери в целиках от общих запасов в блоке, %	По площади, км <sup>2</sup>	По запасам, млн. тонн	Потери в целиках от общих запасов в блоке, %
№ 1	0.31	1.13	15	0.23	0.51	13
№ 2	0.4	1.25	22	0.3	0.65	20
№ 3	0.2	0.7	21	0.16	0.34	19

На рисунке 3 приведена выкопировка из плана горных работ с раскройкой зоны в поле шахты «Заполярная-2», где красным выделены потери в целиках у границ выемочных столбов.

Оставление больших целиков по пласту «Четвертый» приводит к образованию протяженных зон повышенного горного давления (ПГД) на пласте «Тройной», и, несмотря на стремление компании работать только в подработанных зонах, выемочные и проходческие участки периодически попадают в зоны ПГД.

Подготовка выемочных участков по пласту «Тройной» осуществляется одиночными выработками, на защитном пласте

«Четвертый» спаренными выработками, разделенными податливыми ленточными целиками. Длина выемочных столбов по верхнему пласту «Тройной» меньше в среднем на 3-5 % из-за распространения зоны ПГД от целиков на границах выемочных участков пласта «Четвертый». Действующая технологическая схема представлена на рисунке 4.

Одним из способов уменьшения размера целиков на границах выемочных участков является проходка монтажной и демонтажной камер параллельно охраняемым магистральным выработкам с последующим поворотом верхней или нижней части лавы.

Предлагаемая технологическая схема представлена на рисунке 5. Проведение дополнительной выработки не потребует изменения принципиальной схемы проветривания выемочного участка и применения дополнительного оборудования. Так как в зоне поворота нагрузка на очистной забой будет снижена на 10-15%, расчетного воздуха будет достаточно для эффективного проветривания по обеим рабочим пластам.

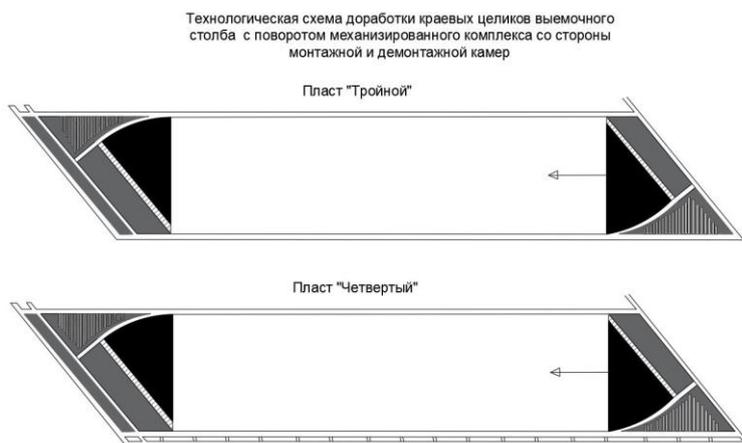


Рисунок 5 – Технологическая схема доработки целиков при прохождении монтажной и демонтажной камер параллельно магистральным выработкам

Возможный объём доизвлечения при использовании данной технологической схемы представлен в таблице №2. Объём доизвлекаемого угля будет напрямую зависеть от угла поворота, длины лавы и мощности рабочего пласта.

Таблица 2 – Возможный объём доизвлечения при использовании предлагаемой технологической схемы

Угол поворота, град.	Возможный объём доизвлечения, тыс. тонн							
	Длина лавы 225 м по пластам		Длина лавы 250 м по пластам		Длина лавы 275 м по пластам		Длина лавы 300 м по пластам	
	Пласт «Четвертый»	Пласт «Гройной»	Пласт «Четвертый»	Пласт «Гройной»	Пласт «Четвертый»	Пласт «Гройной»	Пласт «Четвертый»	Пласт «Гройной»
30	32000	50000	39000	65000	45000	77000	54000	92000
45	45000	86000	56000	95000	63000	106000	78000	131000
60	66000	122000	80000	135000	90000	153000	104000	175000

Достоинствами данной схемы является то, что выработка будет проходить в уже частично разгруженном массиве и частота дополнительных профилактических мероприятий из проходческого забоя сократится. В случае установления удароопасности необходимо выполнять профилактические мероприятия в соответствии с рекомендациями по безопасному ведению горных работ на склонных к динамическим явлениям угольных пластах (рисунок 6).

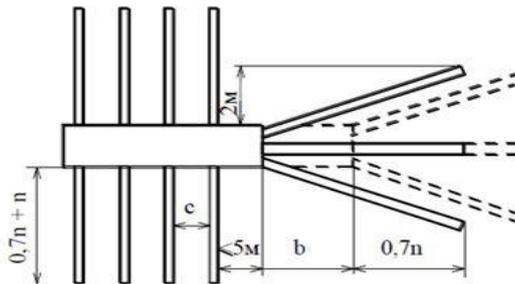


Рисунок 6 – Схема и параметры бурения разгрузочных скважин для предотвращения горных ударов в подготовительном забое

Другим вариантом отработки краевых частей выемочных столбов является система разработки короткими забоями при отработке целика в местах геологических нарушений или целиков малых размеров, где доработка с помощью поворота механизированного комплекса невозможна или экономически нецелесообразна (рисунок 7).

Данную технологическую схему возможно применять параллельно с поворотом механизированного комплекса при отработке целиков со стороны монтажной или демонтажной камер в зависимости от горно-геологических условий. Размер межкамерных целиков и длина забоев будут определяться согласно инструкции по выбору геомеханических параметров при отработке угольных пластов короткими забоями.



Рисунок 7 – Технологическая схема доработки целиков со стороны монтажной и демонтажной камер

Применение данной технологии требует скважинной разгрузки целика по пласту «Тройной», так как забои будут находиться в зоне ПД от целика по пласту «Четвертый» (рисунок 8).

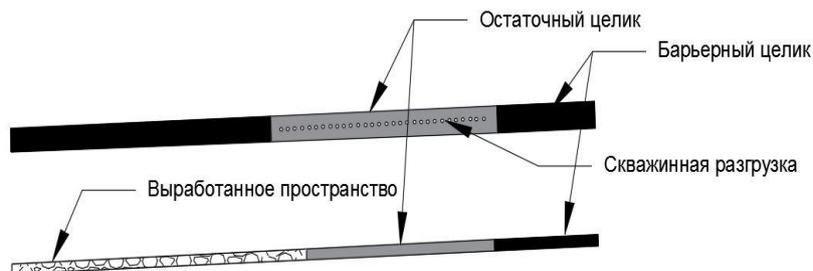


Рисунок 8 – Принципиальная схема разгрузки остаточного целика по пласту «Тройной» перед отработкой короткими забоями

В таблице №3 представлены достоинства и недостатки предлагаемых технологических схем доработки целиков на границах выемочных столбов.

Технологическая схема с доработкой целиков на границах выемочного столба с использованием системы разработки короткими столбами обусловлена сложностями в применении, в условиях отработки свит пластов, опасных по динамическим явлениям. Зоны ПГД, неустойчивая непосредственная кровля, необходимость проведения мероприятий по управлению состоянием массива и дороговизна крепления выработок делают данную технологическую схему низкорентабельной и небезопасной. Технологическая сложность обеспечения безопасности ведения горных работ не позволит сделать процесс доработки целиков короткими забоями устойчивым и постоянным.

Таблица 3 – Достоинства и недостатки предлагаемых технологических схем

Технологическая схема с поворотом лавы		Технологическая схема с короткими забоями	
Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уменьшение потерь в целиках.</li> <li>• Снижение протяженности зоны ПГД.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Необходимость усиления кровли в зоне поворота лавы вследствие ее перемещения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая производительность труда.</li> <li>• Низкая себестоимость добычи угля.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Необходимость наличия устойчивой непосредственной кровли.</li> </ul>

Продолжение таблицы 3

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Увеличение длины выемочного столба по пластам «Четвертый» и «Тройной».</li> <li>• Нет необходимости закупать новое оборудование.</li> <li>• Низкая себестоимость скважинной разгрузки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Снижение нагрузки на очистной забой в период поворота лавы.</li> <li>• Необходимость прохождения дополнительных выработок.</li> <li>• Необходимость разгрузки остаточного целика пласту «Тройной».</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мобильность очистного оборудования.</li> <li>• Возможность доизвлечения целиков малых размеров и нарушенной формы.</li> <li>• Низкая себестоимость скважинной разгрузки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Необходимость самоходных доставочных машин.</li> <li>• Необходимость высокой квалификации персонала.</li> <li>• Необходимость выдержанных условий залегания пластов.</li> <li>• Необходимость профилактических мероприятий по разгрузке массива.</li> </ul>
--	--	--	--

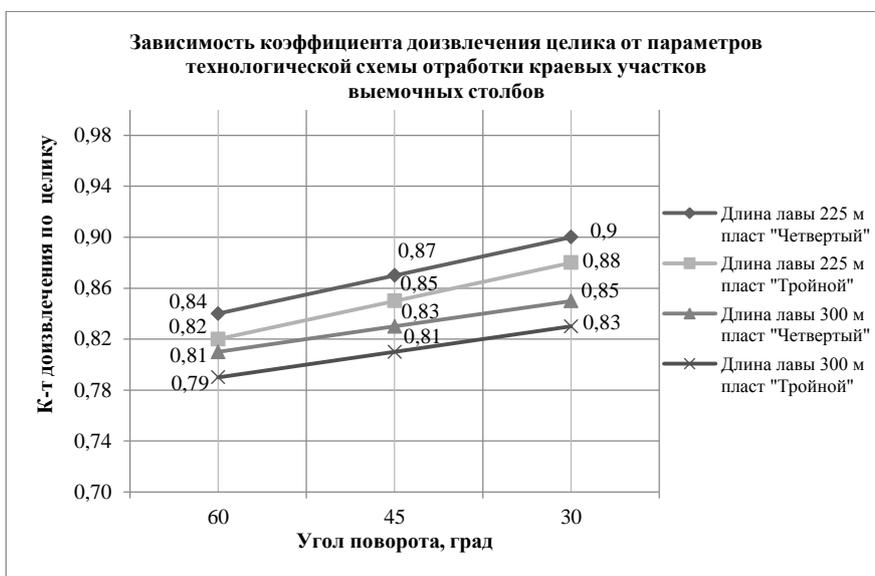


Рисунок 9 – График зависимости к-та извлечения от угла поворота механизированного забоя

Предложенный вариант доработки целиков на границах выемочных участков с использованием поворота механизированного комплекса способен расширить подработанную зону и тем самым повысить коэффициент извлечения донной части Воркутской мульды с 0,75 до 0,9 (рисунок 9).

Таким образом, проведена оценка потерь на границах выемочных участков по пластам «Четвертый» и «Тройной», показана возможность доизвлечения данных целиков без изменения принципиальной схемы проветривания и транспортирования. Разработаны две технологические схемы, область применения которых зависит от горно-геологических условий и экономической оценки запасов в целиках.

**3. Наибольший экономический эффект от увеличения коэффициента извлечения запасов донной части Воркутского месторождения обеспечивается при совместном применении для доработки запасов у границ выемочных участков технологий с поворотом очистных механизированных комплексов по защитному и продуктивному пластам.**

Наибольший экономический эффект достигается при использовании технологической схемы с поворотом механизированного комплекса на границах выемочных участков. Коэффициент доизвлечения может варьироваться от 0.79 до 0.9 в зависимости от горно-геологических условий и расположения магистральных выработок.

Так как дополнительные затраты будут различаться по каждому выемочному участку по причине различия угла поворота, длины лавы и ширины барьерного целика для расчета экономического эффекта от внедренных мероприятий предлагается рассчитать объем доизвлечения с минимальным углом поворота и длиной лавы и с максимальным углом поворота и длиной лавы при одинаковой ширине барьерного целика 120 м.

Пример расчета экономического эффекта при использовании поворота механизированного комплекса для пластов «Четвертый» и «Тройной» со стороны монтажной камеры представлен в таблице №4. Затраты на дополнительную выработку включают в

себя стоимость проходки погонного метра подготовительной выработки по углю и с прической пород кровли и стоимость профилактических мероприятий в виде скважинной разгрузки.

Таблица 4 – Пример расчета экономической эффективности

	Длина лавы 225 м Угол поворота 30 град.		Длина лавы 300 м Угол поворота 60 град.	
	Пласт «Четвертый»	Пласт «Тройной»	Пласт «Четвертый»	Пласт «Тройной»
К-т доизвлечения	0.9	0.87	0.82	0.79
Объём доизвлечения, тыс. тонн	32000	50000	104000	175000
Длина доп. выработки, м	250	250	420	420
Затраты на доп. выработку, млн. руб.	39	30	105	81
Чистая прибыль, млн. руб.	50	90	181	348

Расчетный экономический эффект можно увеличить в 1,5 - 2 раза при использовании технологической схемы с поворотом механизированного комплекса с обеих сторон выемочного участка. Современная тенденция к увеличению длины лавы до 300-350 метров в условиях АО «Воркутауголь» будет способствовать еще большему приросту дополнительной прибыли при внедрении данной технологии.

В зависимости от горно-геологических условий залегания пластов, технико-экономического обоснования, размеров целиков на границах выемочных столбов и рабочего пласта в таблице №5 представлены варианты совместного применения действующей и предлагаемой технологических схем.

Проведенная экономическая оценка показала наибольшую эффективность при использовании поворота механизированного комплекса на границах выемочных участков. Диапазон дополнительной прибыли составляет 0,079 – 1,381 млрд. рублей с

двух соосных выемочных столбов при минимальном и максимальном размерах целиков и углах поворота.

Таблица 5 – Возможные прибыль и объём доизвлечения при использовании предлагаемой технологической схемы

Варианты совместного применения техн. схем.	Целик со стороны монтажной камеры		Целик со стороны демонтажной камеры		Возможный объём доизвлечения, тыс. тонн	Возможная дополнительная прибыль, млрд. руб.
	Пласт «Тройной»	Пласт «Четвертый»	Пласт «Тройной»	Пласт «Четвертый»		
№1	Поворот ОМК	Поворот ОМК	Поворот ОМК	Поворот ОМК	164–558	0,403 – 1,381
№2	Поворот ОМК	Поворот ОМК	Применяемая схема	Применяемая схема	82–279	0,203 – 0,690
№3	Применяемая схема	Применяемая схема	Поворот ОМК	Поворот ОМК	82–279	0,203 – 0,690
№4	Применяемая схема	Поворот ОМК	Применяемая схема	Поворот ОМК	64–208	0,158 – 0,513
№5	Применяемая схема	Применяемая схема	Применяемая схема	Поворот ОМК	32–104	0,079 – 0,256
№6	Применяемая схема	Поворот ОМК	Применяемая схема	Применяемая схема	32–104	0,079 – 0,256

На рисунках 11 и 13 показана прибыль при самом пессимистичном и оптимистичном вариантах при применении предложенной технологической схемы по пластикам «Тройной» и «Четвертый». На рисунках 12 и 14 показаны необходимые затраты для реализации предлагаемых мероприятий. Полученный экономический эффект покрывает требуемые дополнительные расходы для применения новой технологической схемы с поворотом механизированного комплекса. При наличии горно-геологических условий, позволяющих использовать поворот очистного механизированного комплекса с двух сторон, прибыль может возрасти в 1,5-2 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основе комплекса натуральных и экспериментально-аналитических исследований влияния параметров технологических схем отработки свит пологих газоносных угольных пластов на геомеханические и газодинамические процессы на выемочных участках Воркутского месторождения решена актуальная задача обоснования параметров технологических схем, позволяющих существенно увеличить коэффициент извлечения угля особо ценных коксующихся марок при отработке запасов донной части Воркутского месторождения.

Основные выводы и практические результаты выполненных исследований:

1. Защитная подработка пластов является эффективным региональным способом управления состоянием массива при отработке свит пластов Воркутского месторождения. Вместе с тем, при первоначальном обрушении основной кровли даже на подработанных участках пласта «Тройной» объём и скорость выталкивания метановоздушной смеси из выработанного пространства способны привести к загазированию очистного забоя и примыкающих выработок. Необходимо учитывать данный факт, вести постоянный контроль за состоянием кровли в момент отхода лавы от монтажной камеры и в случае ее зависания применять активные способы управления кровлей.

2. Применяемые технологические схемы отработки пластов предусматривают оставление целиков на границах выемочных участков, что приводит к существенному сокращению размеров подработанных зон и высоким потерям (до 22 % по блоку).

3. Расширение площадей подработанных зон возможно при доработке целиков на границах выемочных участков, с применением имеющихся на шахтах очистных механизированных комплексов.

4. Наиболее эффективной является технологическая схема с поворотом механизированного комплекса на границах выемочных участков. При этом, коэффициент доизвлечения целика составит 0,72 – 0,9, выемочного участка 0,85 – 0,9.

5. Экономический эффект от внедрения предложенных технологических схем составляет от 0,079 – 1,381 млрд. рублей дополнительной прибыли с соосных выемочных столбов в зависимости от горно-геологических условий и размеров целиков.

#### **НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:**

1. Кислицын, М.С. Анализ неравномерности газовыделения на выемочном участке при отработке пласта «Четвертый» в поле шахты «Воркутинская» / М.С. Кислицын, В.В. Ярошенко // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование-2. // Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск 60-2. Москва: Изд-во «Горная книга», 2015. – С. 306–312.

2. Ярошенко, В.В. Исследование геомеханических и газодинамических процессов при отработке продуктивных пластов Воркутского месторождения / В.В. Ярошенко // Горный информационно-аналитический бюллетень. Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке Специальный выпуск 5-1. Москва: Изд-во «Горная книга», 2017. – С. 245–249.

3. Ярошенко, В.В. Оценка влияния обрушений основной кровли на аэродинамические процессы на выемочных участках по пластам «Тройной» и «Мощный» Воркутского месторождения / В.В. Ярошенко, М.С. Кислицын // Горный информационно-аналитический бюллетень // Специальный выпуск 9. Москва: Изд-во «Горная книга», 2017. – С. 230–235.

4. Ярошенко, В.В. Направления повышения коэффициента извлечения угля при доработке запасов Воркутского месторождения / В.В. Ярошенко // Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск 4. Москва: Изд-во «Горная книга», 2019 – С. 370–380.

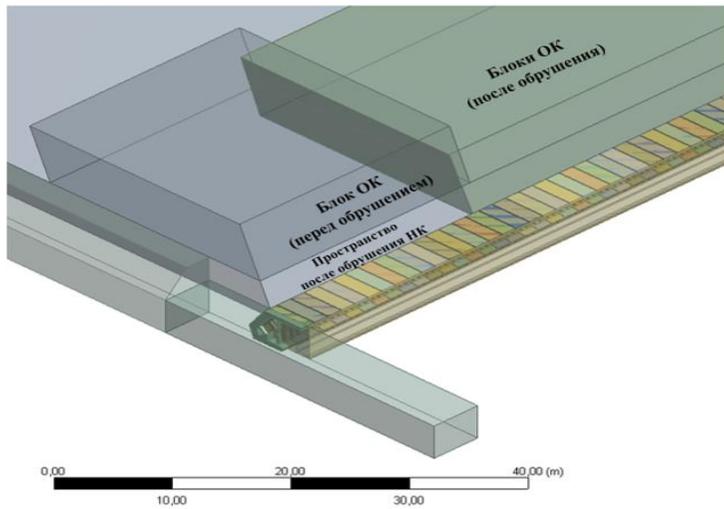


Рисунок 1 – Расчетная схема для исследования аэрогазодинамических параметров обрушения блока основной кровли

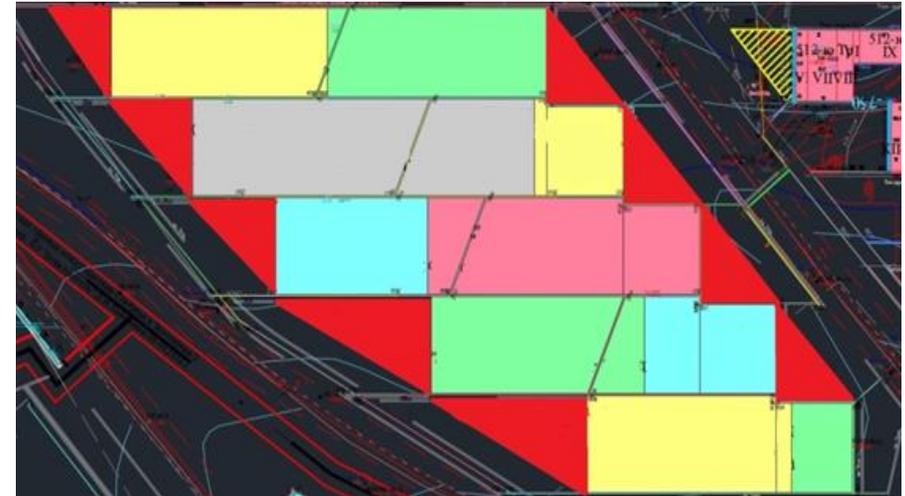


Рисунок 3 – Северо-западный блок шахты «Заполярная-2» пласт «Тройной»

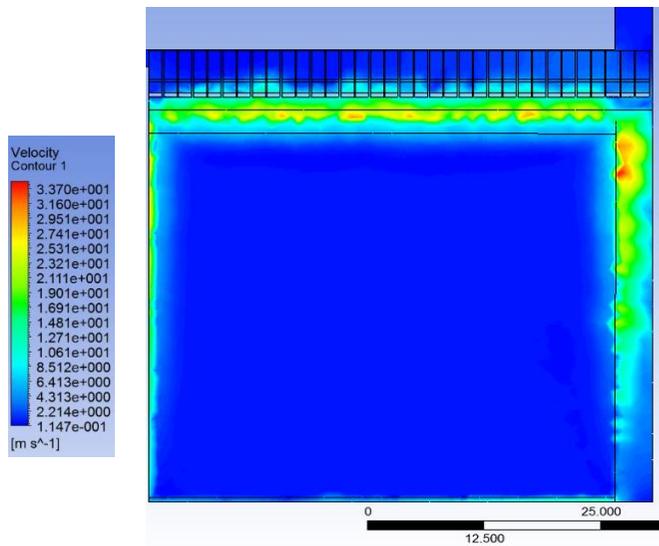


Рисунок 2 – Поля скоростей воздушной волны, формируемой обрушением консоли с размерами 50x50 метров

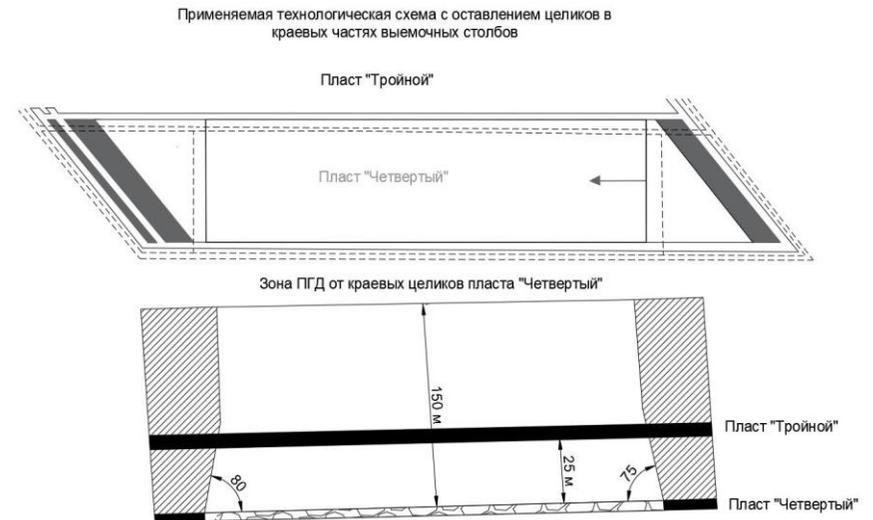


Рисунок 4 – Действующая технологическая схема

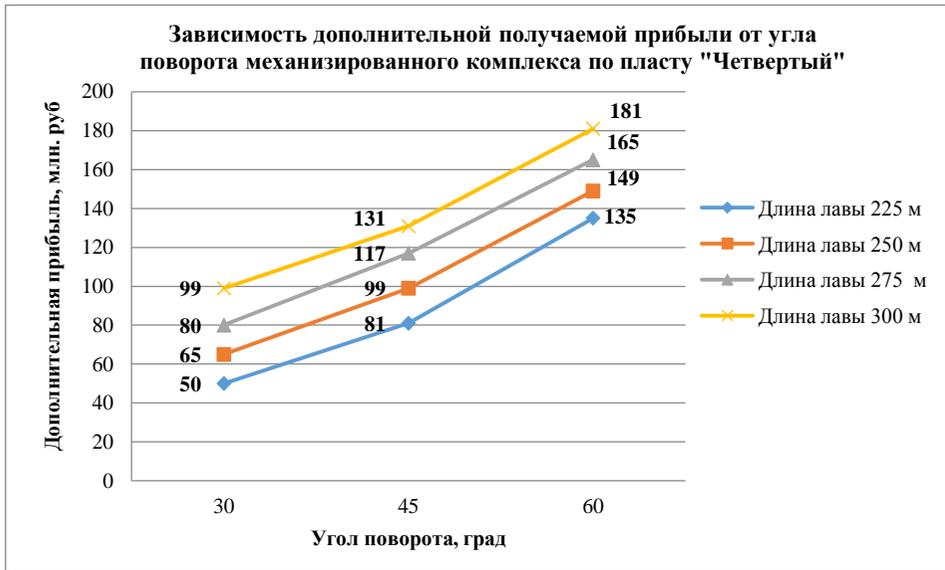


Рисунок 11 – Зависимость дополнительной получаемой прибыли при различных углах поворота механизированного комплекса по пласту "Четвертый"

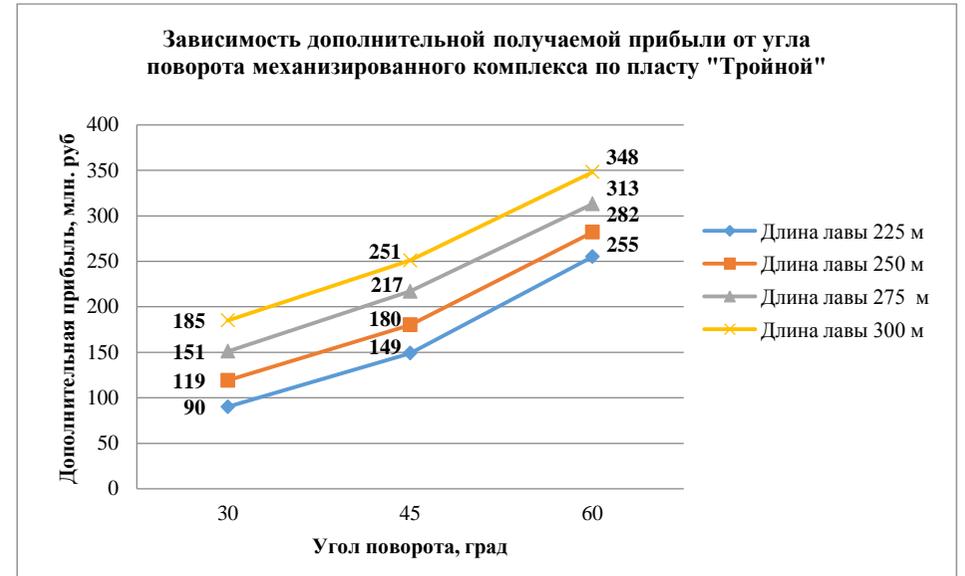


Рисунок 13 – Зависимость дополнительной получаемой прибыли при различных углах поворота механизированного комплекса по пласту "Тройной"

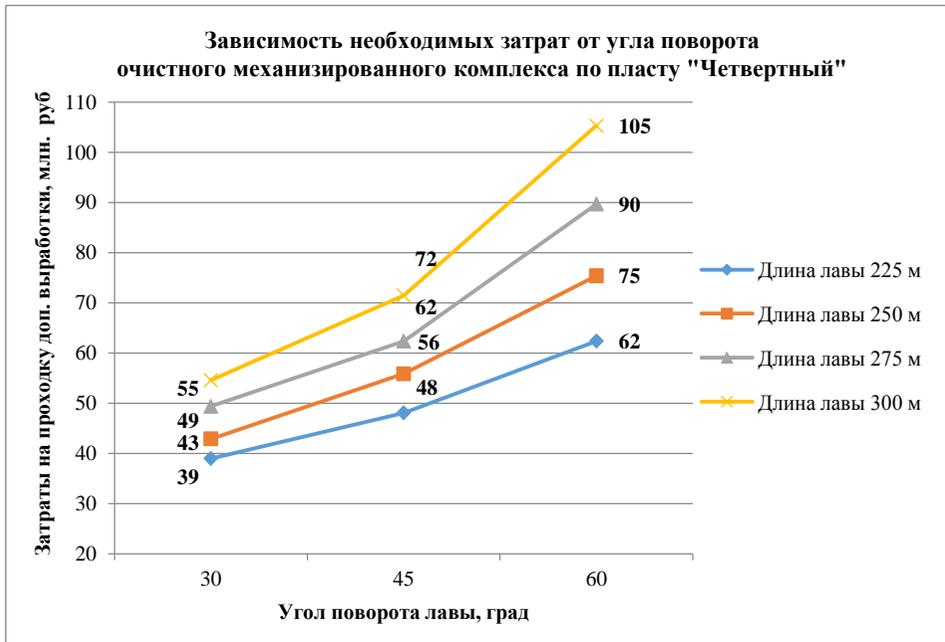


Рисунок 12 – Зависимость необходимых затрат при различных углах поворота очистного механизированного комплекса по пласту "Четвертый"

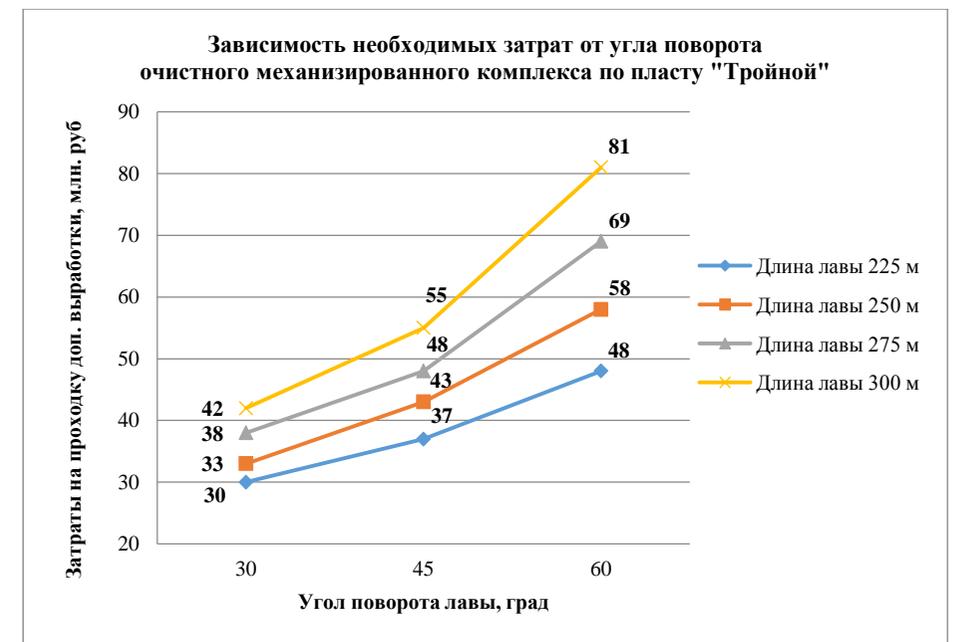


Рисунок 14 – Зависимость необходимых затрат при различных углах поворота очистного механизированного комплекса по пласту "Тройной"