

На правах рукописи

ФЕДОРОВ АНАТОЛИЙ СЕРГЕЕВИЧ



**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ
ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ МЕЖУЧАСТКОВЫХ
ЦЕЛИКОВ НА ВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ ПО
СБЛИЖЕННЫМ ПЛАСТАМ**

*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, профессор

Зубов Владимир Павлович

Официальные оппоненты:

Смычник Анатолий Данилович

доктор технических наук, ООО «К - Поташ-Сервис»,
советник по научной работе.

Елькин Вячеслав Сергеевич

кандидат технических наук, АО «ПитерГОРпроект»,
главный специалист отдела подземных горных работ.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Научно
исследовательский технологический университет «МИСиС».

Защита состоится 30 сентября 2019 г. В 13 ч 00 мин на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.06 при «Санкт-Петербургском горном университете» по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, В.О., 21-я линия, д. 2, ауд. №1171а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке «Санкт-Петербургского горного университета» и на сайте www.spmi.ru
Автореферат разослан 26 июля 2019 года.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



Деменков
Петр Алексеевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время российские угольные компании, как правило, ведут отработку запасов угля высокопроизводительными очистными механизированными комплексами с использованием системы разработки длинными столбами по простиранию или падению (восстанию) в варианте, предусматривающем подготовку выемочных столбов сдвоенными выработками и оставление межучастковых целиков угля в выработанном пространстве. С использованием данной системы разработки ведется добыча угля на перспективных шахтах Кузнецкого бассейна: «Талдинская-Западная-1», «Талдинская-Западная-2», «им. В.Д. Ялевского», «Комсомолец», «им. 7 Ноября», «Польсаевская» и др. Ширина целиков между выемочными участками в условиях указанных шахт достигает 30-40 м и более.

К числу существенных недостатков технологий с оставлением неразрушаемых горным давлением целиков угля в выработанном пространстве относится отрицательное влияние целиков на ведение горных работ в нижерасположенных надрабатываемых пластах, что связано с формированием под целиками зон повышенного горного давления (зон ПГД). Уровень напряжений в этих зонах может в 1,5-2,0 раза и более превышать уровень напряжений, естественный для глубины расположения надрабатываемого пласта. При ведении горных работ в зонах ПГД наблюдается повышенная интенсивность проявлений горного давления в подготовительных выработках, возрастает вероятность горных ударов, снижается надежность выполнения производственных заданий по добыче угля.

Вопросами, связанными с поиском рациональных схем отработки сближенных пластов и способов снижения отрицательного влияния зон ПГД на горные работы, занимались многие исследователи: М.П. Бажин, М.П. Зборщик, В.И. Барановский, Л.М. Гусельников, И.М. Петухов, В.П. Зубов, И.Л. Черняк, В.И. Черняев, В.Ф. Райский, В.П. Кузнецов, С.Т. Кузнецов, О.И. Казанин, Ю.А. Игнатов, А.Н. Рыжков, В.А. Анушенков, Г.Е. Лукашев, В.Я. Новиков., Н.А. Бутник, С.Б. Липский, Ю.Н. Кузнецов и др. Вместе с тем практически не разработаны способы снижения отрицательного влияния целиков, формируемых при широко применяемой в настоящее время системе

разработки длинными столбами, на ведение горных работ в надрабатываемых пластах.

Цель работы. Разработка технологий, обеспечивающих повышение экономической эффективности и безопасности выемки надрабатываемых пластов при использовании системы разработки длинными столбами, включающей подготовку выемочных столбов сдвоенными участковыми выработками.

Идея работы. Для повышения эффективности отработки сближенных пластов необходимо производить выемку межучастковых целиков или искусственное повышение их податливости для разгрузки от повышенного горного давления.

Основными задачами исследований являлись:

1. Оценка достоинств и недостатков широко применяемого в настоящее время варианта системы разработки свит сближенных угольных пластов длинными столбами, включающего подготовку столбов сдвоенными выработками и оставление целиков угля в выработанном пространстве.

2. Исследование на моделях из эквивалентных материалов характера взаимодействия обрушившихся пород с породами подработанного массива, зависящими в выработанном пространстве.

3. Исследование влияния податливости межучастковых угольных целиков на напряженно-деформированное состояние пород междупластья в зонах ПГД.

4. Разработка технологии разгрузки межучастковых целиков, расположенных в выработанном пространстве надрабатывающих пластов, после завершения их отработки

5. Разработка технологий разгрузки межучастковых целиков в период отработки выемочного столба при использовании системы разработки длинными столбами и подготовке столбов сдвоенными выработками.

Методы исследований. Использован комплексный метод исследований, включающий: системный анализ применяемых технологий разработки свит сближенных угольных пластов; компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород под целиками угля с использованием программного конечно-разностного комплекса

FLAC 2D; технико-экономическую оценку разработанных способов разгрузки целиков от повышенных напряжений.

Научная новизна работы:

1. Установлены зависимости параметров рекомендуемых технологий разгрузки межучастковых целиков от повышенных напряжений от мощности надрабатывающего пласта и скорости продвижения лав.

2. Выявлены зависимости минимально необходимой величины податливости межучасткового целика, при превышении которой напряжения в зоне влияния целика снижаются до безопасных значений, от параметров рекомендуемых технологий и геологических условий залегания сближенных пластов.

Практическое значение работы. Разработаны эффективные технологии разгрузки межучастковых целиков, оставляемых в выработанном пространстве при системах разработки длинными столбами, позволяющие повысить эффективность отработки сближенных надрабатываемых пластов.

Основные защищаемые положения:

1. К числу факторов, оказывающих наибольшее отрицательное влияние на эффективность использования при отработке сближенных пластов широко применяемой на российских и зарубежных угольных шахтах системы разработки длинными столбами с подготовкой столбов сдвоенными выработками, относится отрицательное влияние межучастковых целиков, оставляемых в выработанном пространстве надрабатывающих пластов, на ведение горных работ по нижерасположенным пластам.

2. При использовании систем разработки длинными столбами с подготовкой выемочных столбов сдвоенными выработками снижение отрицательного влияния межучастковых целиков, оставленных в выработанном пространстве, на ведение горных работ по надрабатываемому пласту достигается при искусственном увеличении податливости целиков до величин, обеспечивающих передачу нагрузок со стороны пород кровли, зависящих в выработанном пространстве, на обрушившиеся породы.

3. При использовании систем разработки длинными столбами с оставлением в выработанном пространстве целиков угля к числу наиболее эффективных и безопасных технологий разгрузки целиков от повышенных напряжений относятся: в период ведения очистных работ в надрабатываемом пласте – технологии, включающие частичную или полную отработку целиков на одной линии с лавой, а также технологии с бурошнековой выемкой угля из целиков; после завершения очистных работ в надрабатываемом пласте – технологии, основанные на гидроразрыве целика через скважины, пробуренные с поверхности.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается большим объемом проанализированных данных; использованием современных апробированных методов проведения исследований и обработки результатов; применением современных методов экономической оценки разработанных технических решений; удовлетворительным совпадением результатов исследований с данными экспертных оценок параметров зон влияния целиков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Основные результаты исследований отражены в следующих защищаемых положениях:

1. К числу факторов, оказывающих наибольшее отрицательное влияние на эффективность использования при отработке сближенных пластов широко применяемой на российских и зарубежных угольных шахтах системы разработки длинными столбами с подготовкой столбов сдвоенными выработками, относится отрицательное влияние межучастковых целиков, оставляемых в выработанном пространстве надрабатывающих пластов, на ведение горных работ по нижерасположенным пластам.

В течение последних 15-20 лет на российских угольных шахтах наибольшее распространение получил вариант системы разработки с подготовкой выемочных столбов сдвоенными выработками и оставлением целиков угля в выработанном пространстве, позволяющий в благоприятных горно-геологических условиях достигать высоких среднесуточных

нагрузок на очистные забои и обеспечивающий низкую себестоимость добычи. С использованием данной системы разработки производят выемку пластов практически на всех современных шахтах, в том числе на наиболее перспективных шахтах Кузнецкого бассейна – «им. В.Д. Ялевского», «Полысаевская», «Галдинская-Западная-1», «Галдинская-Западная-2», «Комсомолец», «им. 7 Ноября» и др.

Ширина межучастковых целиков на перспективных шахтах Кузнецкого бассейна составляет 35-40 м и более, их длина равна длине столба, т.е. измеряется километрами. Данные целики концентрируют на себе значительные нагрузки и формируют в надрабатанном массиве зоны повышенного горного давления (ПГД), общая площадь которых может достигать 25-30 % от площади шахтного поля по надрабатываемому пласту. Напряжения в целике по данным различных исследователей (В.Ф. Райский, В.И. Черняк, А.А. Борисов) может в несколько раз превышать уровень напряжений, естественный для соответствующей глубины разработки.

По данным проф. В.П. Зубова в рассматриваемых условиях затраты в зонах ПГД на поддержание подготовительных выработок возрастает в 2-3 раза и более. Снижение суточной добычи из лав достигало 50 %.

Опыт отработки сближенных угольных пластов «Болдыревский» и «Поленовский» на шахте «им. С.М. Кирова» показал, что при мощности междупластья 45 м ведение горных работ в надрабатываемом пласте резко осложняется в связи неудовлетворительным состоянием штреков, расположенных в зонах ПГД, формирующихся под целиками, оставленными при выемке надрабатывающего пласта «Болдыревский». Наблюдается повышенная интенсивность смещений пород на контуре сечения выработок, возрастают затраты на их поддержание.

На шахте им. С. М. Кирова в районе расположения выемочных участков № 2592 и № 2593 исследована ситуация, при которой межучастковые целики на сближенных пластах «Поленовский» и «Болдыревский» располагались параллельно друг другу. Мощность междупластья составляла 50-70 м. При этом имелась возможность сравнить для аналогичных условий состояние участков выработок надрабатываемого пласта

«Поленовский», расположенных в зоне ПГД, на границе зоны ПГД, а также вне зоны ПГД, сформированной под целиком шириной 25 м по пласту «Болдыревский». В последнем из указанных случаев зона ПГД находилась над концевым участком лавы № 2594. В участковых выработках, расположенных в зоне ПГД, неоднократно проводились ремонтные работы, что привело к необходимости проведения вне зоны ПГД еще одной параллельной выработки.

При ведении очистных работ в лаве № 806 (шахта «им. А.Д. Рубана») в пределах зоны повышенного горного давления от целиков вышележащего пласта «Байкаимский» наблюдалось интенсивное пучение пород почвы и повышенная интенсивность отжима угля. На концевом участке лавы № 806 секции механизированной крепи под воздействием повышенного горного давления были посажены «нажестко», что привело к необходимости подрывке пород почвы в лаве.

При использовании системы разработки с оставлением целиков в выработанном пространстве практически невозможно использовать опережающую отработку защитных пластов в качестве регионального мероприятия по предотвращению горных ударов.

Как показал анализ практического опыта отработки сближенных пластов на российских и зарубежных шахтах целики, оставленные в выработанном пространстве, *практически всегда* приводят к ухудшению условий отработки надрабатываемых пластов. Степень отрицательного влияния зависит главным образом от мощности пород междупластья, свойств слагающих их пород и глубины ведения горных работ. Глубина отрицательного влияния целиков распространяется: на подготовительные выработки до 40–45 м и более, для очистных забоев более 50–55 м.

2. При использовании систем разработки длинными столбами с подготовкой выемочных столбов сдвоенными выработками снижение отрицательного влияния межучастковых целиков, оставленных в выработанном пространстве, на ведение горных работ по надрабатываемому пласту достигается при искусственном увеличении податливости целиков до величин, обеспечивающих передачу нагрузок со стороны пород кровли, зависящих в выработанном пространстве, на обрушившиеся породы.

В соответствии с основной идеей, положенной в основу данной работы, отрицательное влияние целиков на ведение горных работ в нижерасположенных сближенных пластах будет снижено при разгрузке целиков от повышенного горного давления, что может быть достигнуто при искусственном повышении податливости целиков путем их разрушения или частичной отработки.

Принимая во внимание повышенную опасность горных работ, связанных с реализации этой идеи, принципиальное значение имеет ответ на вопрос относительно минимально необходимой дополнительной податливости целика, при которой он не будет создавать опасных напряжений в надрабатываемых пластах. В этой связи решались следующие основные задачи:

- исследование влияния податливости целиков на характер взаимодействия пород кровли, зависающих в выработанном пространстве, с обрушившимися породами кровли;
- исследование влияния податливости целиков (уменьшения их высоты) на напряженно-деформированное состояние надрабатываемых пластов и размеры зон ПГД.

Для установления зависимостей параметров зон ПГД от податливости целика, характеризующей уменьшением его высоты, были проведены исследования, включающие физическое моделирование на моделях из эквивалентных материалов и компьютерное моделирование с использованием программного конечно-разностного комплекса *FLAC 2D 8.0*.

В качестве базовых объектов при проведении исследований приняты пласты 50, 51 и 52 шахты «им. В.Д. Ялевского». В стратиграфическом разрезе пласт 51 залегает выше пласта 50 и ниже пласта 52.

Для исследования напряжений в толще модели устанавливались датчики напряжений типа МГД-3 (рисунок 1). Регистрация сигналов с датчиков обеспечивалась комплексом информационно-измерительной системы на базе крейта TR-EU-16 с тензоизмерительными модулями LTR212. Комплекс включает в себя фоторегистратор Hasselblad H5D-200MS с максимальным разрешением съемки 200 Мп для анализа статических и квазистатических смещений в моделях из эквивалентных материалов и программное обеспечение *TEMA Motion 2D*.

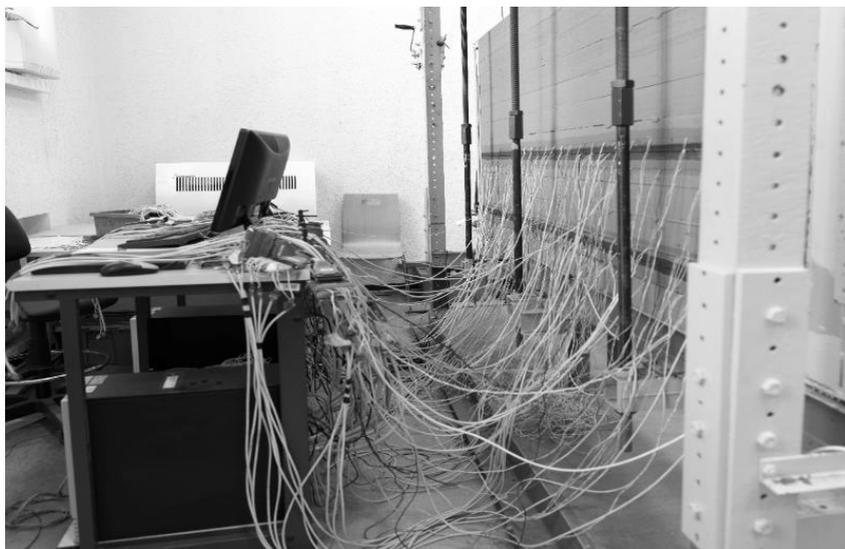


Рисунок 1 – Схема подключения датчиков давления МГД-3 к модели из эквивалентных материалов

Как следует из графика, представленного на рисунке 2, при увеличении податливости целика значения максимальных коэффициентов концентрации напряжений в целике уменьшаются. Так при величине податливости целика равной 0,5 вынимаемой мощности пласта напряжения в целике в рассматриваемом примере снизились на 44 %.

О перераспределении давлений со стороны зависающих пород на обрушившиеся породы в выработанном пространстве свидетельствует повышение напряжений в зонах разгрузки, прилегающих к зонам повышенного горного давления. Как следует из рисунка 2 при уменьшении высоты целика с m до 0,5 m значения коэффициентов концентрации напряжений в зонах разгрузки увеличились на 36 %.

При компьютерном моделировании расчеты выполнялись с использованием программного конечно-разностного комплекса *FLAC 2D 8.0* компании Itasca Consulting Group, Inc., хорошо зарекомендовавшего себя в решении различного рода горно-геомеханических задач.

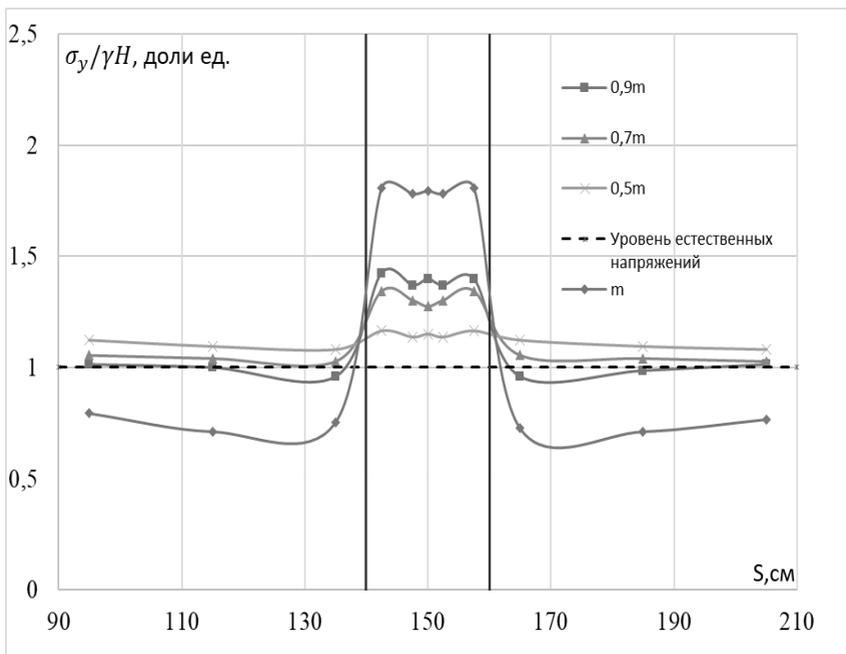


Рисунок 2 – Распределение напряжений по пласту 51 в зоне влияния целика, расположенного в выработанном пространстве надрабатывающего пласта 52

На рисунке 3 представлен график, иллюстрирующий изменение величин максимальных напряжений в зоне ПГД, формирующейся под целиком, оставленным в выработанном пространстве надрабатывающего пласта мощностью 4-4,5м, при увеличении расстояния до целика. Кривая 1 построена для случая, когда искусственное повышение податливости целика не производилось, кривая 2 - при проведении мероприятий по повышению податливости пласта на 0,5м.

Как следует из рисунка 3, характер изменения максимальных напряжений по мере удаления от целика в обеих ситуациях одинаков. При удалении от целика на расстояние, превышающее 10 м, максимальные значения коэффициентов концентраций напряжений уменьшаются без скачков.

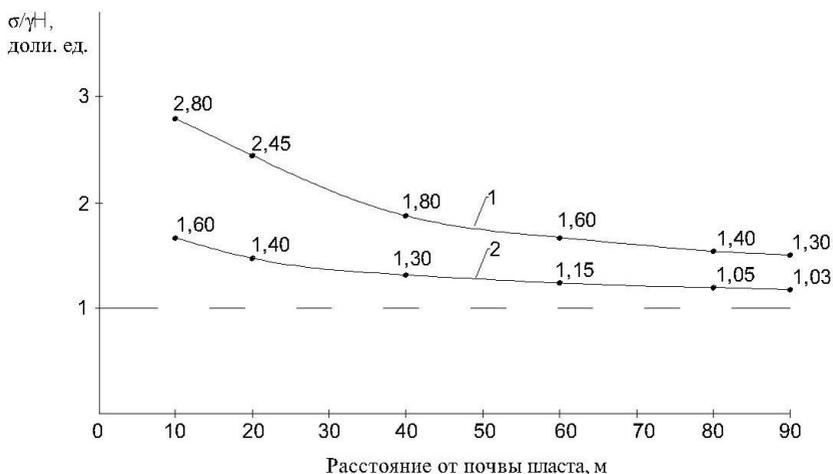


Рисунок 3 – Изменение максимальных вертикальных напряжений в зоне ПГД по мере удаления от почвы надрабатывающего пласта.

При искусственном повышении податливости целика максимальные значения коэффициента концентрации напряжений в зоне ПГД при удалении от целика на 80 м уменьшаются от 1,6 до 1,05. При ведении работ по базовой схеме уровень максимальных напряжений на расстоянии 90 м от целика достигает 1,25-1,35 γH .

3. При использовании систем разработки длинными столбами с оставлением в выработанном пространстве целиков угля к числу наиболее эффективных и безопасных технологий разгрузки целиков от повышенных напряжений относятся: в период ведения очистных работ в надрабатывающем пласте – технологии, включающие частичную или полную отработку целиков на одной линии с лавой, а также технологии с бурошнековой выемкой угля из целиков; после завершения очистных работ в надрабатывающем пласте - технологии, основанные на гидроразрыве целика через скважины, пробуренные с поверхности.

При проведении исследований были проанализированы возможности и области рационального использования следующих технологий разгрузки целиков от повышенных напряжений: многостадийный гидроразрыв целиков с использованием скважин,

пробуренных с поверхности и включающих горизонтальные участки, пробуренные по целикам угля параллельно их продольным осям; скважинная гидродобыча угля из целиков через вертикальные скважины с поверхности; полная или частичная отработка целиков на одной линии с очистным забоем; разгрузка целиков путем бурения в пласте скважин.

Технология с полной или частичной отработкой межстолбовых целиков на одной линии с очистным забоем.

При реализации данной технологии (рисунок 4) исключаются все недостатки, связанные с оставлением целиков угля в выработанном пространстве, включая снижение эксплуатационных потерь угля. Для подготовки выемочного столба проходят три подготовительные выработки, между которыми оставляют целики угля. Ширину целика угля Z_1 между выработками 1 и 2 определяют из условия обеспечения устойчивости повторно используемой выработки 2 в течение всего срока ее поддержания. Ширину целика угля Z_2 между выработками 2 и 3 определяют из условия обеспечения возможности безопасного проветривания тупикового участка лавы, прилегающего к выработанному пространству. Указанные целики угля при отработке выемочного столба отрабатывают на одной линии с очистным забоем. При необходимости изоляции выработанных пространств смежных участков целик шириной Z_2 не отрабатывают. В этом случае ширину данного целика принимают меньше предельной ширины, при уменьшении которой он не будет создавать зон опасных напряжений по надрабатываемому пласту.

Для условий перспективных шахт Кузбасса, отрабатывающих пологие пласты, ширину целика Z_1 рекомендуется принимать равной 30-35 м. В условиях газовых шахт ширина целика Z_2 принимается не более 6 м, в условиях не газовых шахт – не более 10 м.

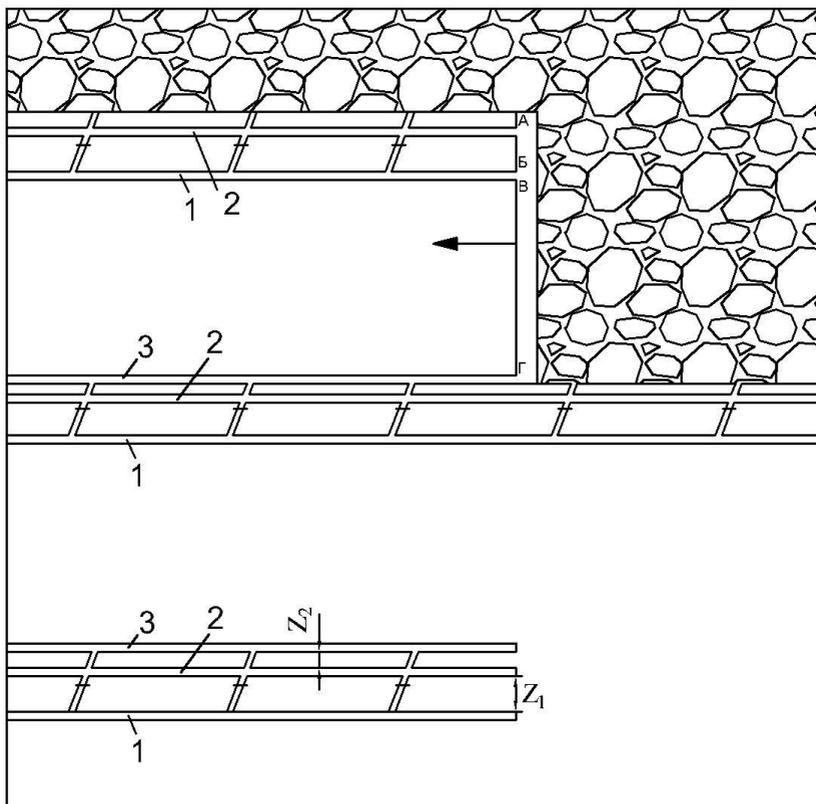


Рисунок 4 – Рекомендуемый вариант системы разработки надрабатывающих пластов длинными столбами с полной выемкой межстолбовых целиков на одной линии с очистным забоем

Технология с разгрузкой целиков путем бурения в пласте скважин.

Рекомендуются следующие технологические схемы разгрузки целиков от повышенного горного давления с использованием бурошнековых установок: с бурением скважин из повторно используемого штрека; с бурением скважин из печей, пройденных между повторно используемым штреком и выработанным пространством.

В указанных вариантах разгрузочные работы выполняют с неснижаемым опережением очистных работ на расстояние равное

ширине зоны опасных проявлений опорного давления, формирующейся впереди забоя лавы. В условиях отработки пласта № 52 это расстояние равно 40-50 м.

К числу основных параметров рассматриваемых схем скважинной разгрузки относятся: диаметр скважины и ширина межскважинного целика. При этом ширина межскважинного целика принимается меньше предельной ширины, при уменьшении которой происходит разрушение межскважинного целика горным давлением в выработанном пространстве лавы. Для условий отработки пласта № 52 при ширине целика между выемочными столбами, равной 40 м, основные параметры предлагаемых технологических схем характеризуются следующими численными значениями: ширина межскважинного целика – 0,6-1,5 м, диаметр скважин – 0,3-0,75 м, длина скважин – 50-200 м.

При использовании варианта с бурением скважин из повторно используемого штрека время технологического цикла составляет 50-94 мин, скорость передвижения фронта разгрузочных работ- 234-900 м/мес., дополнительные объемы добычи - до 40 тонн в смену. В варианте с бурением скважин из печей, пройденных между повторно используемым штреком и выработанным пространством, указанные параметры составляют, соответственно, 106-329 мин., 254-684 м/мес., до 38,6 тонн в смену.

Выполненные исследования показали, что области использования рассматриваемых технологических схем зависят в основном от скорости продвижения лавы, диаметра скважин и ширины межскважинного целика. При этом скорость передвижения фронта разгрузочных работ должна быть не менее скорости продвижения лавы. Это связано с необходимостью исключения влияния опорного давления, формирующегося впереди забоя лавы, на безопасность работ, связанных с бурением скважин при бурении скважин диаметром 300 мм из повторно используемого штрека выполнение данного требования возможно при скорости продвижения лавы менее 250 м/месяц (рисунок 5). При скорости продвижения лавы более 375 м/месяц проведение скважин без ограничений по длине в заданном диапазоне возможно при диаметрах скважин 650 и 750 мм.

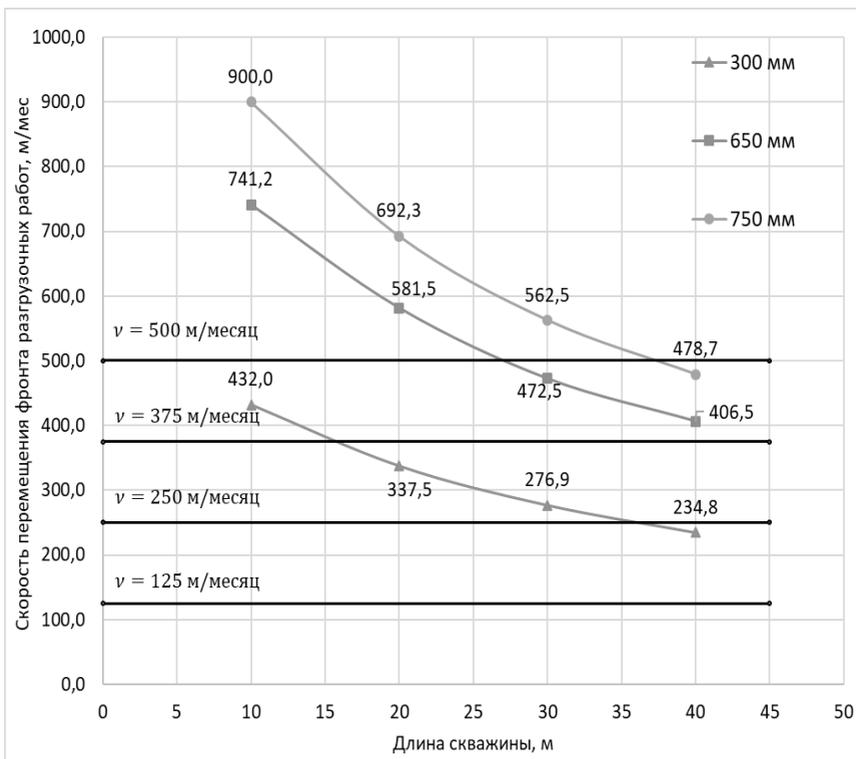


Рисунок 5 – Зависимость скорости перемещения фронта разгрузочных работ от длины и диаметра скважин при использовании технологической схемы с бурением скважин из повторно используемого штрека

Схема с бурением скважин из печей, пройденных между повторно используемым штреком и выработанным пространством может быть использована с выполнением условия $V_n \leq V_p$ при суточной скорости подвигания забоя менее 375 м/месяц и диаметре скважин от 300 до 750 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основе выполненных экспериментальных и теоретических исследований разработаны способы снижения отрицательного влияния межучастковых целиков, формируемых при использовании систем разработки длинными столбами с подготовкой

выемочных столбов сдвоенными выработками, на ведение горных работ в нижерасположенных сближенных пластах.

Основные выводы по результатам выполненных исследований заключаются в следующем:

1. При отработке свит сближенных пластов с применением систем разработки длинными столбами основной причиной снижения эффективности работы шахт при выемке надработанных пластов являются целики угля, оставленные в выработанном пространстве надрабатывающих пластов.

2. Целики угля, оставленные в выработанном пространстве, формируют в нижерасположенном породном массиве области с повышенными напряжениями, оказывающими существенное отрицательное влияние на состояние подготовительных выработок, проявления горного давления в лавах, степень опасности надработанных пластов по горным ударам и внезапным выбросам в течение практически неограниченного времени. Напряжения в зонах ПГД могут в несколько раз превышать естественный уровень напряжений для исследуемой глубины работ.

3. Актуальность выполненной работы, практическая значимость и перспективы использования полученных результатов предопределены следующими факторами: в настоящее время не менее 93% выемочных участков на российских угольных шахтах отрабатывают с использованием вариантов систем разработки длинными очистными забоями, при которых в выработанном пространстве оставляют целики угля; размеры зон повышенных напряжений в надработанных пластах в ряде случаев могут достигать 30% от площади шахтного поля; в ближайшие годы не менее 80 % перспективных шахт компании ОАО «СУЭК» перейдут на выемку надработанных пластов с осложнениями в виде зон ПГД; на шахтах Кузбасса в ситуациях, опасных по газодинамическим явлениям, в настоящее время работают около 80 % выемочных участков. При наличии в выработанном пространстве верхнего пласта целиков невозможно применять региональный способ предотвращения горных ударов и внезапных выбросов при отработке надработанных пластов.

4. При решении вопроса об экономической целесообразности использования разработанных технологий разгрузки целиков от повышенных напряжений необходимо учитывать существенный рост

издержек производства, потерь угля, а также снижение безопасности горных работ после перехода на выемку нижерасположенных сближенных пластов, обусловленные негативным влиянием целиков угля, расположенных в выработанном пространстве надрабатывающего пласта.

5. Снижение отрицательного влияния межучастковых целиков, оставленных в выработанном пространстве, на ведение горных работ по надрабатываемому пласту достигается при искусственном увеличении податливости целиков до величин, обеспечивающих передачу опасных нагрузок со стороны пород кровли, зависающих в выработанном пространстве, на обрушившиеся породы. Повышение податливости целиков на 0,5m позволяет снизить максимальные напряжения в области ПГД по пласту № 50 (шахта «им. В.Д. Ялевского») не менее чем на 44 %.

6. К числу наиболее прогрессивных и безопасных технологий разгрузки целиков от повышенных напряжений относятся: в период ведения очистных работ в надрабатывающем пласте – технологии, включающие частичную бурошнековую выемку угля из целиков; после завершения очистных работ в надрабатывающем пласте - технологии, основанные на гидроразрыве целика через скважины, пробуренные с поверхности.

7. Использование рекомендуемой технологии с частичной выемкой межучастковых целиков одновременно с ведением очистных работ в лаве позволяет практически полностью исключить формирование зон ПГД в надрабатываемом пласте и снизить эксплуатационные потери в целиках не менее чем на 60-75 %.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Федоров А.С. Аналитические исследования эрлифтного подъёма пульпы при скважинной гидравлической технологии добычи угля / В.В. Мельник, А.С. Федоров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №7. – С. 368-377.

2. Федоров А.С. Обоснование прогрессивных решений по эффективному применению безлюдной технологии скважинной гидродобычи угля / В.В. Мельник, А.С. Федоров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №7. – С. 10-22.

3. Федоров А.С. Повышение эффективности разработки свит сближенных пластов на перспективных шахтах Кузбасса / В.П. Зубов, А.С. Федоров, Д.С. Бостанджиев // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Том 2 // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – №4. (специальный выпуск 5-2). – С. 42–49.

4. Федоров А.С. Рациональное планирование горных работ при отработке свит удароопасных сближенных пластов / А.С. Федоров, Д.С. Бостанджиев // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции / Санкт-Петербургский горный университет. СПб. - 2017. - С. 43-44.

5. Федоров А.С. Снижение отрицательного влияния целиков при отработке свит сближенных пластов / А.С. Федоров, Д.С. Бостанджиев // Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции / Санкт-Петербургский горный университет. СПб. - 2017. -С. 42-43.

6. Федоров А.С. Системы разработки пластов на «шахтах-лавах»: достоинства, недостатки, направления совершенствования / В.П. Зубов, А.С. Федоров // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Том 2 // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2019. - №4. (специальный выпуск 7). - С. 272-277.

7. Федоров А.С. Способ разгрузки целиков, оставленных в выработанном пространстве сближенных пластов / Д.С. Бостанджиев, А.С. Федоров // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Том 2 // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2019. - №4. (специальный выпуск 7). - С. 316-323.

8. Патент РФ №2018104760, 13.11.2018. Способ разработки сближенных пластов угля // Патент РФ № 2672296. 2018. / В. П. Зубов, А. В. Никифоров, А.С. Федоров, В.В. Пачгин, Д.С. Бостанджиев.

9. Федоров А. С. Перспективы использования моделей из эквивалентных материалов для изучения геомеханических процессов при подземной разработке твердых полезных ископаемых // Зуев Б.Ю., Зубов В. П., Федоров А. С. // Евразия майнинг. – 2019. – С. 8-12.