

*На правах рукописи*

**Климов Виктор Викторович**



**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ  
ДЕМОНТАЖА ОЧИСТНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ  
КОМПЛЕКСОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ  
ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

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

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

**Санкт-Петербург – 2020**

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» и на базе АО «СУЭК-Кузбасс»

*Научный руководитель:*

доктор технических наук, доцент, профессор РАН

*Казанин Олег Иванович*

*Официальные оппоненты:*

*Абрамкин Николай Иванович*

доктор технических наук, профессор, НИТУ «МИСиС», кафедра геотехнологии освоения недр, профессор кафедры

*Белодедов Андрей Алексеевич*

кандидат технических наук, доцент, ЮРГПУ(НПИ), кафедра горного дела, и.о. заведующего кафедрой

*Ведущая организация - ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»*

Защита диссертации состоится 10 сентября 2020 г. в 11:00 на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.06 при Горном университете по адресу: 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, ауд. 1171а

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

Автореферат разослан 10 июля 2020 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
диссертационного совета



СИДОРОВ  
Дмитрий Владимирович

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность работы.** Широкое использование современного надежного и энерговооруженного очистного оборудования обеспечило рост интенсивности отработки запасов пологих угольных пластов и существенное повышение технико-экономических показателей очистных работ. Вместе с тем, работа современных очистных комплексов характеризуется наличием значительных по продолжительности простоев, возникающих как в период отработки запасов выемочных столбов, так и в период проведения монтажно-демонтажных работ. Как показывает опыт отработки пологих угольных пластов на шахтах Кузбасса, фактические продолжительность и стоимость монтажно-демонтажных работ, как правило, существенно превышают плановые, что приводит как к дополнительным издержкам производства, так и к значительному ущербу, связанному с простоями высокопроизводительного оборудования. Экономический ущерб только от простоев оборудования при интенсивной отработке пластов может достигать 25 млн. рублей в сутки, а фактические затраты на демонтажные работы могут превышать плановые в 2-3 раза. Одним из основных факторов, определяющих эффективность и безопасность ведения демонтажных работ, является устойчивость демонтажной камеры. Нарушения устойчивости в виде вывалообразования, формирования куполов приводят к резкому ухудшению условий ведения работ, увеличению сроков и затрат на демонтаж очистных механизированных комплексов.

Решению задач предотвращения обрушений кровли в очистных забоях и совершенствованию технологии демонтажных работ посвящены работы А.А. Борисова, В.П. Зубова, О.В. Ковалева, С.Т. Кузнецова, Ю.В. Громова, С.Г. Баранова, В.И. Клишина, А.В. Ремезова, В.В. Мельника и др.

На основе результатов исследований разработаны рекомендации по определению параметров паспортов крепления выработок, определению шагов обрушения и управлению кровлей в очистном забое, расположению демонтажных камер относительно

трещины разлома основной кровли. Однако, до настоящего времени не было предложено методики инструментального определения местоположения трещины разлома с учетом изменчивости горно-геологических и горнотехнических условий по длине выемочных столбов. Кроме того, разработанные рекомендации справедливы, как правило, для условий отработки запасов с нагрузками на очистной забой до 5 тыс. тонн в сутки и подвигания очистного забоя до 7 м/сут, в то время как современный уровень интенсивности отработки запасов характеризуется нагрузками до 55 тыс. тонн и подвиганием забоев до 30 м/сут. Повышение интенсивности отработки запасов в последние годы привело к росту интенсивности протекания геомеханических процессов в очистных забоях, что предопределяет необходимость поиска эффективных решений по управлению состоянием массива горных пород в зонах влияния опорного давления лавы.

Поскольку интенсивность отработки запасов на угольных шахтах Кузбасса непрерывно растет и вместе с ней возрастают ущербы от простоев высокопроизводительного оборудования, то вопросы обоснования параметров технологических схем демонтажных работ с целью повышения эффективности и снижения сроков демонтажных работ являются актуальными.

**Цель работы.** Повышение экономической эффективности и безопасности демонтажных работ при отработке запасов пологих угольных пластов длинными очистными забоями.

**Идея работы.** Эффективность и безопасность демонтажных работ обеспечиваются при формировании демонтажных камер механизированными комплексами в местах, определенных на основе оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород с учетом шага обрушения основной кровли, затрат на монтажно-демонтажные работы, ущерба от дополнительных потерь угля в целиках и ущерба от простоев высокопроизводительного оборудования.

**Основные задачи исследований:**

1. Анализ мирового опыта ведения демонтажных работ при отработке запасов длинными очистными забоями.

2. Шахтные исследования влияния параметров технологических схем демонтажных работ на эффективность и безопасность подземных горных работ.

3. Экспериментально-аналитические исследования геомеханических процессов при различных параметрах технологических схем демонтажных работ.

4. Разработка рекомендаций по определению параметров технологических схем демонтажных работ при отработке пологих угольных пластов.

5. Оценка эффективности и определение области рационального применения разработанных рекомендаций.

**Методология и методы исследований.** Для решения поставленных задач использован комплексный метод, включающий обобщение и анализ теории и практики демонтажных работ; шахтные исследования влияния параметров технологических схем на эффективность и безопасность подземных горных работ; экспериментально-аналитические исследования геомеханических процессов при различных параметрах технологических схем; компьютерная обработка данных.

**Научная новизна:**

- Установлены условия обеспечения эксплуатационного состояния демонтажных камер при отработке пологих угольных пластов в условиях шахт АО «СУЭК-Кузбасс».

- Установлены зависимости затрат на отработку запасов выемочных участков (включая затраты на монтажно-демонтажные работы) от расположения демонтажных камер и параметров технологических схем демонтажных работ для условий шахт АО «СУЭК-Кузбасс».

**Основные защищаемые положения:**

1. При интенсивной отработке пологих угольных пластов эффективность и безопасность демонтажных работ обеспечиваются при применении технологии формирования демонтажных камер очистным забоем в процессе его подвигания с применением двухуровневой анкерной крепи и полимерных сетчатых перекрытий высокой прочности.

2. Место формирования демонтажной камеры при интенсивной отработке пологих пластов следует планировать за трещиной разлома основной кровли, ближайшей к предполагаемой границе выемочного столба, определяемой на основе показаний сопротивления стоек механизированной крепи.

3. Увеличение размеров охранных целиков на границе выемочных участков при размещении демонтажной камеры с учетом шага обрушения кровли экономически целесообразно при условии превышения величины экономического эффекта от снижения простоев оборудования над величиной ущерба от дополнительных потерь угля, вызванных увеличением размеров целика, что для условий шахт АО «СУЭК-Кузбасс» составляет 12-15 м.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Доказана возможность существенного повышения эффективности демонтажных работ за счет рационального расположения демонтажной камеры, формируемой механизированным комплексом, относительно трещины разлома основной кровли. Разработаны рекомендации по выбору места рационального заложения демонтажной камеры с учетом шага обрушения основной кровли. Обоснована целесообразность определения шага обрушения основной кровли для выбора места формирования демонтажной камеры на основе показаний сопротивления стоек механизированной крепи. Разработаны рекомендации по выбору параметров паспортов крепления демонтажных камер и повышению эффективности демонтажных работ.

**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 научно-практической конференции «Подземные горные работы - 21 век» (Ленинск-Кузнецкий, 2013 г.); конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах» (Кемерово, 2013); VII Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании» (Белово, 2014 г.); XXIV Международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, 2016 г.); XXVI Международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, 2018 г.); научных семинарах кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Санкт-Петербургского горного университета (Санкт-Петербург, 2017-2018 гг.); Международной научно-практической конференции «Подземная угледобыча XXI век» (Ленинск-Кузнецкий, 2018 г.).

**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.** Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 18 печатных работах, в том числе в 13 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus, опубликована одна монография.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа общим объемом 129 страниц состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 100 источников, включает 68 рисунков и 12 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** приведен анализ горно-геологических и горнотехнических условий ведения работ по демонтажу на шахтах России, отрабатывающих пологие угольные пласты, обзор мирового опыта и основных тенденций совершенствования технологических схем демонтажных работ, анализ эффективности ведения демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс».

**Во второй главе** приведены результаты шахтных исследований влияния геомеханических, горнотехнических и организационных факторов на эффективность демонтажных работ; представлены результаты исследования нагружения секций механизированной крепи лавы по мере ее подвигания и сейсмической активности по мере отработки запасов выемочных столбов для шахты «Полысаевская» АО «СУЭК-Кузбасс».

**В третьей главе** произведен выбор методики, обоснование расчетных схем и изложены результаты экспериментально-аналитических исследований методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния массива горных пород при различном расположении демонтажной печи.

**В четвертой главе** представлено обоснование параметров рекомендуемых технологических схем ведения демонтажных работ, обоснование места формирования демонтажной камеры, обоснование паспорта крепления и оценка экономической эффективности разработанных рекомендаций.

**В заключении** приведены основные результаты и выводы, полученные при исследованиях.

Основные результаты исследований отражены при доказательстве следующих защищаемых положений:

**1. При интенсивной отработке пологих угольных пластов эффективность и безопасность демонтажных работ**



**обеспечиваются при применении технологии формирования демонтажных камер очистным забоем в процессе его подвигания с применением двухуровневой анкерной крепи и полимерных сетчатых перекрытий высокой прочности.**

Анализ опыта применения технологий формирования демонтажных камер при отработке пологих пластов механизированными комплексами позволяет выделить две основные группы технологий: 1) технологии заблаговременного формирования демонтажных камер проходческим комбайном с установкой в них основной и вспомогательной крепи и последующим вводом механизированного комплекса под уже закрепленный участок кровли; 2) технологии формирования демонтажных камер механизированным комплексом в процессе подвигания очистного забоя с последовательной установкой основных и вспомогательных элементов крепи на каждом или на конкретных выемочных циклах.

Анализ опыта применения технологий заблаговременного формирования демонтажных камер в России и за рубежом показывает, что результатом применения таких схем является как успешный ремонт оборудования, так и крайне неудачный, связанный с возникновением аварийных ситуаций при его проведении, сопровождающимися повышением сложности и опасности горных работ и связанный с большими затратами времени и ресурсов. В абсолютном большинстве случаев основной причиной увеличения продолжительности простоев при применении данных технологий является формирование зоны повышенных напряжений в области горных пород в окрестности целика между лавой и предварительно пройденной камерой в которой неоднократно наблюдались случаи вдавливания целика в почву, существенного увеличения опусканий кровли в лаве, повышение интенсивности вывалов в призабойном пространстве, рост трещиноватости, интенсивный отжим угля и другие признаки. Уменьшение ширины целика до критических размеров (1,5-3,0 м в зависимости от глубины работ, вынимаемой мощности и свойств угля и пород) сопровождается полной утратой им несущей способности в

результате чего впереди секций крепи образуется широкий (до 3,5 м) участок незакрепленной сильнотрещиноватой кровли. Во всех без исключения случаях, если данный участок кровли по каким-либо причинам не удастся закрепить в течение первых 15-25 мин, обнажившиеся породы кровли полностью теряют устойчивость и обрушаются, образуя купол впереди лавы. Ликвидация последствий подобных явлений требует значительных затрат времени, материальных средств и рабочей силы. В 100% случаев, большая продолжительность простоя отрицательно сказывается на геомеханической обстановке в окрестности лавы, а возобновление подвигания забоя сопровождается еще более интенсивными обрушениями и опусканиями кровли.

Следует отметить, что сложившаяся тенденция к увеличению вынимаемой мощности пластов предопределяет снижение устойчивости целиков, формируемых при подходе лавы к демонтажной камере, при прочих равных условиях с ростом мощности пласта.

В условиях шахт АО «СУЭК-Кузбасс» ведется отработка пластов мощностью от 1,75 м до 4,85 м, что является дополнительным осложняющим фактором при использовании технологии с заблаговременным формированием демонтажной камеры.

Технологии формирования демонтажных камер механизированным комплексом (рисунок 1) позволяют снизить влияние опорного давления лавы и благодаря этому получили широкое распространение на шахтах компании «СУЭК-Кузбасс».

Для оценки эффективности ведения демонтажных работ был выполнен анализ показателей монтажа на 7 шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» в период с 2013 по 2017 гг., включающий оценку 22 случаев демонтажей очистных механизированных комплексов (таблица 1). Выполненный анализ показал, что при применении данной технологии плановая продолжительность формирования демонтажной камеры механизированным комплексом составляет в среднем 15 дней. Также установлено, что среднее превышение плановой длительности формирования демонтажной камеры

составляет 8 дней. При этом в 23% рассмотренных случаев наблюдается увеличение сроков формирования демонтажной камеры до 30 дней и более.

Анализ опыта использования технологий формирования демонтажных камер на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» и других шахтах России и ведущих угледобывающих стран показывает существенное сокращение продолжительности монтажа после внедрения технологий, основанных на применении полимерного сетчатого перекрытия при использовании двухуровневого анкерного крепления.

Таким образом, применение современной технологии с формированием демонтажной камеры механизированным комплексом с использованием полимерной сетки и двухуровневого анкерного крепления обеспечивает удовлетворительные условия проведения демонтажных работ, однако, требует совершенствования для дальнейшего сокращения сроков проведения демонтажных работ, которые на предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс» в 77% случаев превышают плановые.

**2. Место формирования демонтажной камеры при интенсивной отработке пологих пластов следует планировать за трещиной разлома основной кровли, ближайшей к предполагаемой границе выемочного столба, определяемой на основе показаний сопротивления стоек механизированной крепи.**

Детальный анализ причин увеличения сроков демонтажных работ в условиях шахт АО «СУЭК-Кузбасс» показал, что в большинстве из рассмотренных 22 случаев основной причиной превышения существенного сроков работ являлось резкое ухудшение геомеханической обстановки в очистном забое, выражающееся в росте горного давления, проявляющемся в увеличении давления на секции крепи и опережающем обрушении кровли с образованием куполов.

Основной причиной нарушения устойчивости демонтажной камеры является ее нерациональное расположения относительно трещины разлома, формирующей блок основной кровли. На

рисунке 2 представлена расчетная схема для исследования влияния расположения демонтажной камеры ДК. Расчетная схема включает различное смещение демонтажной камеры  $R_{ДК}$  относительно трещины разлома при фиксированном значении шага обрушения основной кровли (ОК).

Фрагменты результатов численных исследований, выполненных с использованием рассмотренной расчетной схемы представлены на рисунке 3, где представлены поля напряжений для различных значений  $R_{ДК}$  от 0 до 17 м в порядке убывания (А – 17 м, Б – 10 м, В – 5 м, Г – 0 м).

Наибольший интерес в проводимых исследованиях представляет состояние кровли демонтажной камеры и как видно из рисунка 3 по мере снижения параметра  $R_{ДК}$  от 17 до 0 м уменьшаются как размеры области растягивающих напряжений в непосредственной кровле над демонтажной камерой, так и снижается уровень растягивающих напряжений.

Таким образом, максимальное расслоение пород непосредственной кровли будет иметь место в случае максимального значения параметра  $R_{ДК}$  (17 м – рисунок 3, А) и минимальное – при минимальном значении параметра  $R_{ДК}$  (0 м – рисунок 3, Г), что объясняется снижением влиянием зависящей консоли основной кровли на состояние непосредственной кровли над демонтажной камерой.

Выполненные исследования показали необходимость формирования демонтажной камеры непосредственно за трещиной обрушения основной кровли для обеспечения благоприятных геомеханических условий поддержания камеры и обеспечения эффективности демонтажных работ.

Существуют различные методики определения шага обрушения основной кровли, однако значительное число горно-геологических факторов: мощность, структура, текстура и прочность пород основной кровли, мощность, угол залегания и прочность угольного пласта, глубина ведения горных работ, а также горнотехнических факторов: длина лавы и скорость подвигания очистного забоя, определяющих величину шага обрушения, а также

изменчивость этих факторов во времени и пространстве, предопределяют невозможность учета их влияния объясняют значительное расхождение расчетных и фактических шагов обрушения основной кровли (таблица 2).

На рисунке 4 в качестве примера представлен график изменения давления в поршневой полости гидростойки секции крепи в лаве 18-27.

Использование подобных графиков нагрузки секций позволяет прогнозировать фактический шаг обрушения основной кровли и выбирать рациональное место расположения демонтажной камеры.

Для проверки разработанных рекомендаций в шахтных условиях была выполнена оценка места расположения демонтажной камеры 18-10 и выбор рационального расположения демонтажной камеры 18-8 при отработке запасов выемочных столбов 18-10 и 18-8 пласта Толмачевский на шахте «Полысаевская».

На рисунке 5 представлена схема для выбора рационального места расположения демонтажных камер при отработке выемочных столбов 18-8 и 18-10.

Благодаря расположению демонтажной камеры 18-8 в зоне минимальной пригрузки основной кровли были обеспечены благоприятные условия для формирования демонтажной камеры и последующего ведения демонтажных работ, что позволило снизить продолжительность перемонтажа до 42 дней по сравнению с 53 днями при формировании демонтажной камеры 18-10, расположенной в зоне пригрузки основной кровлей. Экономический эффект от снижения продолжительности перемонтажа составил 62 млн руб.

**3. Увеличение размеров охранных целиков на границе выемочных участков при размещении демонтажной камеры с учетом шага обрушения кровли экономически целесообразно при условии превышения величины экономического эффекта от снижения простоев оборудования над величиной ущерба от дополнительных потерь угля, вызванных увеличением размеров целика, что для условий шахт АО «СУЭК-Кузбасс» составляет 12-15 м.**

Наряду с положительным эффектом, применение разработанных рекомендаций может привести к увеличению потерь подготовленных к выемке запасов, вследствие формирования демонтажной камеры до окончательной отработки запасов – на некотором расстоянии (менее установившегося шага обрушения основной кровли) от плановой границы выемочного столба.

С учетом вышеизложенного, целевая функция при определении экономического эффекта от применения разработанных рекомендаций может быть выражена следующим образом, формула (1):

$$\mathcal{E} = (L + Z - P) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  – экономический эффект от применения разработанных рекомендаций, руб.;  $L$  – эффект от снижения простоев оборудования лавы, руб.;  $Z$  – затраты на ликвидацию последствий проявлений повышенного горного давления, руб.;  $P$  – ущерб от дополнительных потерь подготовленных запасов, руб.

Ущерб от потерь подготовленных запасов оценивается как величина упущенной выгоды (прибыли) при их не извлечении. Таким образом, ущерб зависит от себестоимости добычи угля по шахте и отпускной цены угля и определяется как разность указанных величин. В соответствии с лучшими показателями по шахтам АО «СУЭК-Кузбасс» за 2017 год «маржа» (разница между себестоимостью и отпускной ценой) может достигать 900 рублей на тонну при средних значениях порядка 300-600 рублей на тонну).

При расчете объемов дополнительных потерь необходимо учитывать, что их величина определяется местом формирования демонтажной камеры (расстояние от демонтажной камеры до плановой границы выемочного столба) и вынимаемая мощность пласта. На рисунке 6 представлены графики зависимости величины дополнительных потерь подготовленных запасов в зависимости от места расположения демонтажной камеры (расстояния от демонтажной камеры до плановой границы выемочного столба) при различной мощности пласта. Рассматриваемый диапазон вынимаемых мощностей является характерным для шахт АО «СУЭК-Кузбасс», а диапазон значений расстояний от демонтажной

камеры до границы столба также определяется предлагаемой технологией ведения демонтажных работ и не может превышать установившийся шаг обрушения основной кровли, который, для условий разрабатываемых и планируемых к отработке пластов на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», составляет от 7 до 30 м.

Как видно из рисунка 6 объем дополнительных потерь подготовленных к выемке запасов в рассматриваемом диапазоне мощностей и положений демонтажной камеры относительно границы выемочного столба составит от 2 430 до 24 300 тонн.

Оценка ущерба для установленных объемов потерь подготовленных запасов выполнялась для величин «маржи» (разности между отпускной ценой и себестоимостью добычи угля) 300, 600 и 900 руб. На рисунке 7 в качестве примера представлены графики зависимости ущерба от расположения демонтажной камеры при различных величинах маржи для пласта мощностью 2 м. Для пластов средней мощности минимальный ущерб будет иметь место при наименьшем расстоянии от демонтажной камеры до плановой границы столба и при минимальных величинах «маржи» и составит 0,7 млн руб, а максимальный ущерб – при наибольших значениях этих параметров может достигать величины 21,9 млн руб.

Таким образом наибольший ущерб будет иметь место при интенсивной отработке мощных пластов с высокими технико-экономическими показателями в случае увеличения ширины целика угля на 15 м и составит 21,9 млн руб.

Оценка ущерба от простоев высокопроизводительного оборудования должна учитывать то, что потеря добычи является временной и основной ущерб в период простоев связан с увеличением сроков отработки запасов и необходимости поддержания работоспособности всех систем шахты в период отсутствия добычи. Таким образом, величина ущерба может быть увязана с величиной условно постоянных затрат шахты (водоотлив, вентиляция и др.), то есть затрат, которые незначительно зависят от нагрузок на очистной забой. В данной работе величина условно постоянных затрат принята как  $\frac{1}{2}$  всех средних удельных затрат предприятия и с учетом средних значений на различных шахтах АО

«СУЭК-Кузбасс» принята на уровне 500 руб/тонну. Необходимость указанного допущения определяется тем фактом, что фактическая себестоимость определяется, в первую очередь, средней нагрузкой на очистной забой, условно постоянные затраты являются также зависимыми от нагрузки, как и их доля в общей себестоимости.

Представленный на рисунке 8 график зависимости ущерба от длительности простоев высокопроизводительного оборудования при различной нагрузке на лаву позволяет оценивать ущербы при различных сроках простоев и разной интенсивности отработки запасов (нагрузках на лаву).

Сопоставление зависимостей, представленных на рисунках 7 и 8, позволяет сделать вывод о том, что увеличение потерь подготовленных запасов в целике при реализации разработанных рекомендаций по выбору рационального места формирования демонтажной камеры будет экономически оправданы при увеличении размеров целика на 12-15 м. Однако, с учетом фактических установившихся шагов обрушения основной кровли 12-25 м необходимое увеличение ширины целика составит (с учетом ширины демонтажной камеры), как правило, не более 6-12 м.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи обоснования параметров технологических схем демонтажа оборудования при интенсивной отработке пологих угольных пластов, обеспечивающих эффективность и безопасность ведения демонтажных работ. Основные научные и практические результаты выполненных исследований:

1. Ведение демонтажных работ на шахтах России даже в условиях применения современного очистного оборудования и лучших доступных технологий его демонтажа характеризуется существенным превышением плановых показателей длительности и стоимости монтажно-демонтажных работ.

2. Наиболее значимым фактором, определяющим технико-экономические показатели демонтажа оборудования при



интенсивной обработке запасов пологих угольных пластов, является напряженно-деформированное состояние массива горных пород в окрестностях демонтажной камеры, а именно состояние кровли демонтажной камеры.

3. Значительная изменчивость как литологического состава, так и деформационно-прочностных характеристик пород кровли, а также широкий разброс результатов расчетов шага обрушения основной кровли с использованием существующих аналитических методов не позволяют осуществлять расчет и надежный прогноз шагов обрушения основной кровли, необходимый для выбора места формирования демонтажной камеры.

4. Для определения места формирования демонтажной камеры с учетом шага обрушения основной кровли, величина шага обрушения должна определяться на участке выемочного столба на основе данных об изменении давления в поршневых системах гидростоек механизированной крепи очистного забоя, непосредственно у места формирования демонтажной камеры, протяженность которого должна составлять не менее 5 расчетных установившихся шагов обрушения основной кровли.

5. Место формирования демонтажной камеры должно находиться непосредственно за трещиной разлома основной кровли, что обеспечивается заблаговременным (до момента обрушения основной кровли) монтажом гибкого перекрытия с обеспечением расположения формируемой демонтажной камеры непосредственно за трещиной разлома основной кровли или на расстоянии от нее не более 2-5 м.

6. Экономическая оценка эффективности рекомендуемого способа выбора места формирования демонтажной камеры с учетом шага обрушения основной кровли должна учитывать ущерб от простоев высокопроизводительного оборудования, вызванный увеличением сроков монтажно-демонтажных работ, ущерб от потерь подготовленных запасов, а также затраты на ликвидацию последствий проявлений повышенного горного давления при нерациональном расположении демонтажной камеры.

7. Реализация разработанных рекомендаций позволяет обеспечить устойчивое эксплуатационное состояние демонтажной камеры, а также получить экономический эффект от снижения простоев высокопроизводительного очистного оборудования порядка 60 млн. руб. на выемочный столб.

Перспективы дальнейшей разработки данной темы связаны с созданием более совершенных технологий проведения демонтажных работ с использованием полученных автором зависимостей и данных им рекомендаций с целью минимизации длительности простоев высокопроизводительного очистного оборудования в периоды выполнения монтажно-демонтажных работ.

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

##### **В изданиях, входящих в перечень ВАК:**

1. Климов, В.В. Исследование возможности повышения производительности очистных забоев на примере отработки шахты «Польсаевская» ОАО «СУЭК-Кузбасс» / В.В. Климов, А.В. Ремезов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2015. - С. 51–58.

2. Климов, В.В. Исследование влияния опорного давления, формируемого очистным забоем на состояние прилегающих горных выработок в условиях отработки угольных пластов средней мощности на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» как в нисходящем, так и в восходящем порядке на примере отработки шахты Польсаевская / В.В. Климов, А.В. Ремезов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - №2. - С. 300–311.

3. Климов, В.В. Результаты исследования величины шага обрушения основной кровли при отработке пласта Толмачевский в уклонном поле 18-2 в лицензионных границах шахты Польсаевская при отработке выемочных столбов. / В.В. Климов, А.В. Ремезов // Уголь. - 2013. - №10. - С. 20–21.

4. Климов, В.В. Исследование влияния опорного давления очистного забоя 18-8 на конвейерный штрек 18-6 и его крепление на пласте «Толмачевский» в границах шахтного поля шахты

«Полысаевская» / В.В. Климов, А.В. Ремезов, Р.Р. Зайнулин // Уголь. - 2015. - №4. - С. 38–41.

5. Ремезов, А.В. Исследование влияния опорного давления от очистного забоя и зон ПГД на горные выработки / А.В. Ремезов, **В.В. Климов** // Вестник КузГТУ. - 2011. - №4. - С. 40–43.

6. Ремезов, А.В. Анализ проявления опорного давления при отработке выемочных столбов в восточном крыле уклонного поля 18-2 пласта Толмачевского в границах шахтного поля шахты Полысаевская ОАО СУЭК-Кузбасс в нисходящем порядке отработки выемочных столбов / А.В. Ремезов, **В.В. Климов**, Л.М. Коновалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - №2. - С. 92–105.

7. Рогачков, А.А. К вопросу эффективности анкерного крепления подготовительных выработок в зонах повышенного горного давления при отработке сближенных пластов. / А.А. Рогачков, **В.В. Климов**, А.В. Ремезов // Вестник КузГТУ. - 2011. - №5. - С. 47–50.

8. Торро, В.О. Факторы оценки устойчивости демонтажных камер при формировании их очистным забоем / В.О. Торро, А.В. Ремезов, **В.В. Климов**, Е.А. Дедиков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2017. - С. 23–27.

9. Климов, В.В. Анализ инструментальных наблюдений за сближением кровли и почвы пласта Толмачевского в границах шахтного поля шахты Полысаевская ОАО «СУЭК-Кузбасс» в конвейерном штреке 18-8 при отработке выемочного столба 18-10 в восходящем порядке / В.В. Климов, А.В. Ремезов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - №2. - С. 312–335.

10. Казанин, О.И. Шахтные исследования влияния скорости подвигания лавы на шаг обрушения основной кровли / О.И. Казанин, **В.В. Климов**, А.А. Сидоренко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2018. - №48. - С. 78–85.

11. Ремезов, А.В. Закономерности проявления опорного горного давления при отработке запасов угля в восточном крыле

уклонного поля 18-2 пласта Толмачевский в границах шахтного поля шахты «Полысаевская» ОАО «СУЭК-Кузбасс» в нисходящем порядке отработки выемочных столбов. / А.В. Ремезов, **В.В. Климов**, Л.М. Коновалов // Вестник РАЕН ЗСО. - 2013. - №15. - С. 20–30.

12. Климов, В.В. Исследование влияния опорного давления, формируемого очистным забоем на состояние прилегающих горных выработок в условиях отработки угольных пластов средней мощности на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» как в нисходящем, так и в восходящем порядке на примере отработки запасов угля в границах шахтного поля шахты «Полысаевская». / В.В. Климов, А.В. Ремезов // Вестник РАЕН ЗСО. - 2013. - №15. - С. 30–38.

13. Климов, В.В. Результаты инструментальных наблюдений за сближением кровли и почвы пласта Толмачевского в границах шахтного поля шахты «Полысаевская» ОАО «СУЭК-Кузбасс» в конвейерном штреке 18-8 при отработке выемочного столба 18-10. / В.В. Климов, А.В. Ремезов // Вестник РАЕН ЗСО. - 2013. - №15. - С. 38–50.

**В изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:**

14. Kazanin, O.I. Improvement of a longwall recovery room erection technology / O.I. Kazanin, **V.V. Klimov**, V.Y. Alekseev, A.A. Sidorenko // International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). - 2019. - Vol.10, - № 2. - P. 1148–1153.

15. Klimov V.V. Geomechanical feasibility of underground coal mining technology using control systems of electro-hydraulic shield supports for longwall mining. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - P. 1–5.

**Монография:**

16. Ремезов, А.В. Горное давление. Его проявления при ведении горных работ в массиве горных пород: монография / А.В. Ремезов, И.К. Костинец, В.Г. Харитонов, Н.В. Рябков, А.И. Жаров, В.В. Климов, И.Л. Харитонов, С.В. Новоселов. - Кемерово, 2013. - 681с.



Рисунок 1 - Общий вид демонтажной камеры, сформированной механизированным комплексом

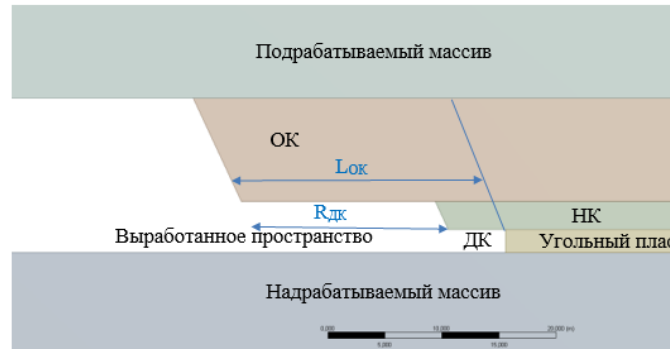


Рисунок 2 - Расчетная схема для проведения исследований

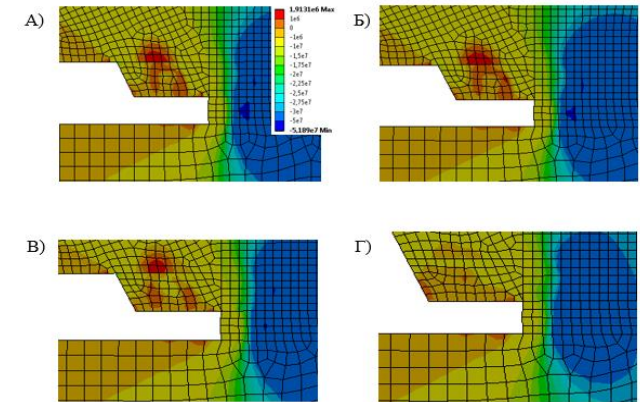


Рисунок 3 - Поля напряжений в окрестностях демонтажной камеры при ее различном расположении относительно трещины разлома основной кровли

Таблица 1 - Анализ эффективности проведения демонтажных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс»

Шахта	Линия (демонтируемая /вводимая в эксплуатацию)	Условий ведения демонтажных работ			Планиовая продолжительность работ, сут			Начало	Окончание	Фактическая продолжительность, сут				Превышение сроков формирования демонтажной камеры, сут	Превышение общей плановой продолжительности работ, сут
		Мощность пласта, м	Угол залегания пласта, град	Глубина ведения работ, м	Формирование демонтажной камеры	Перемонтаж	Общая продолжительность			Формирование демонтажной камеры	Активные работы	Чистое время перемонтажа	Общая продолжительность		
им.7 ноября	13-58/13-80	4,73	5	230	15	45	60	30.11.2013	23.01.2014	19	0	26	55	4	-5
им.7 ноября	13-80/1378	4,75	4	210	15	49	64	02.12.2014	25.01.2015	21	3	31	55	6	-9
им.7 ноября	13-78/13-58-2	4,75	4	180	17	47	64	16.07.2015	17.09.2015	24	6	34	64	7	0
им.7 ноября	13-58-2/13-85	4,85	3	175	21	40	61	28.12.2015	16.02.2016	16	2	33	51	-5	-10
им.7 ноября	13-85/13-86	4,71	5	170	21	40	61	18.04.2016	05.06.2016	18	0	31	49	-3	-12
им.А.Д.Рубана	804/802	4,12	11	89	12	52	64	17.05.2014	21.07.2014	21	0	45	66	5	14
им.А.Д.Рубана	802/801	4,66	8	98	15	45	60	01.11.2014	07.02.2015	21	30	48	99	6	39
им.А.Д.Рубана	12-10/12-10	2,19	3	180	18	50	68	26.06.2016	19.09.2016	29	17	40	96	11	18
им.В.Д.Явевского	52-07/52-09	4,49	8	170	14	45	59	26.07.2014	15.11.2014	21	50	40	111	7	52
им.В.Д.Явевского	52-09/52-11	4,28	4	380	15	45	60	10.06.2015	12.11.2015	25	91	40	156	19	96
им.С.М.Кирова	24-56/24-57	2,4	5	308	15	30	45	07.08.2014	29.10.2014	35	27	22	84	20	39
им.С.М.Кирова	25-94/25-95	2,03	4	301	15	30	45	30.03.2015	07.07.2015	33	25	42	100	18	55
им.С.М.Кирова	24-57/24-58	2,36	6	390	15	30	45	14.12.2015	14.01.2016	14	1	48	63	-1	18
Комсомолец	17-32/17-33	2,7	1	398	14	45	59	04.07.2014	12.09.2014	28	0	43	71	14	12
Комсомолец	17-33/17-34	2,76	1	380	15	42	57	29.04.2015	15.07.2015	23	7	48	78	8	21
Комсомолец	17-34/17-31	2,93	2	370	25	41	66	17.04.2016	07.07.2016	26	12	44	82	1	16
Котинская	52-09/52-10	4,01	3	343	15	45	60	22.10.2014	31.03.2015	39	85	37	161	24	101
Котинская	52-10/50-02	4,13	3	335	15	45	60	25.03.2016	07.06.2016	21	14	40	75	6	15
Полмлавская	17-47/17-49	1,75	12	330	14	54	68	03.06.2016	20.09.2016	23	39	48	110	9	41
Ташинская-Западная-2	70-08/70-09	5,34	4	196	21	69	90	08.02.2014	22.07.2014	43	82	83	165	22	96
Ташинская-Западная-1	67-10/66-06	4,83	13	318	14	45	59	06.01.2015	03.05.2015	23	53	42	118	9	69
Ташинская-Западная-1	66-06/66-05	4,65	5	120	14	19	33	16.11.2015	22.04.2016	32	103	24	159	18	126
Средние значения		3,73	5	266	15	48	63	-	-	23	27	44	93	8	32

Таблица 2 - Оценка шагов обрушения основной кровли в уклоне поле 18-2 пласта «Толмачевский»

Выемочный столб	Шаг обрушения основной кровли, м			
	Расчетный по П.В.Егорову	Расчетный по А.А.Борисову	Расчетный по геологическому прогнозу	Инструментальным измерениям (манометры-самописцы), м
18-27	10,42	14,5	35	20-22
18-29	13,18	14	35	
18-31	11,03	12,3	40	
18-6	13,13	13,1	15	15-17
18-8	11,42	12	22	
18-10	10,63	6,8	17	

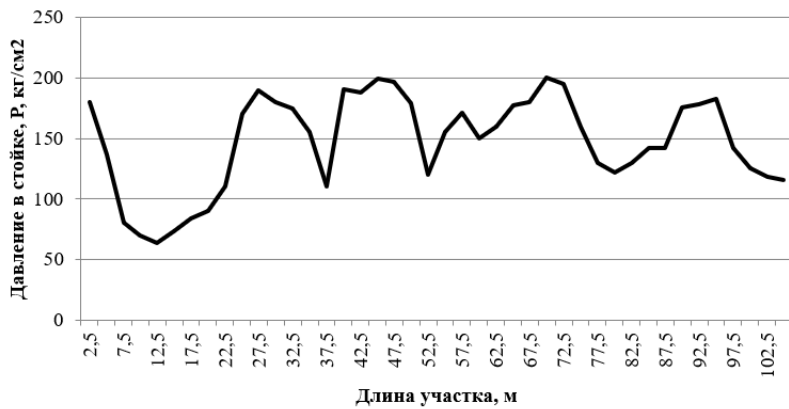


Рисунок 4 - Динамика давления в поршневой полости гидростойки секции крепи в лаве по длине участка исследований

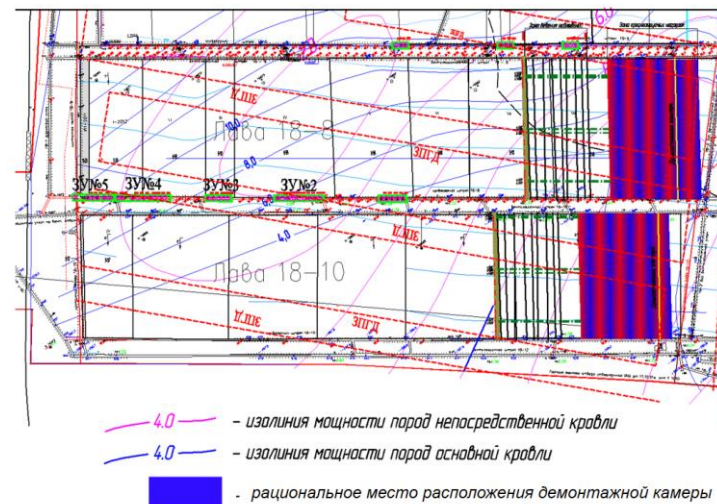


Рисунок 5 - Схема к выбору рационального места формирования демонтажной камеры

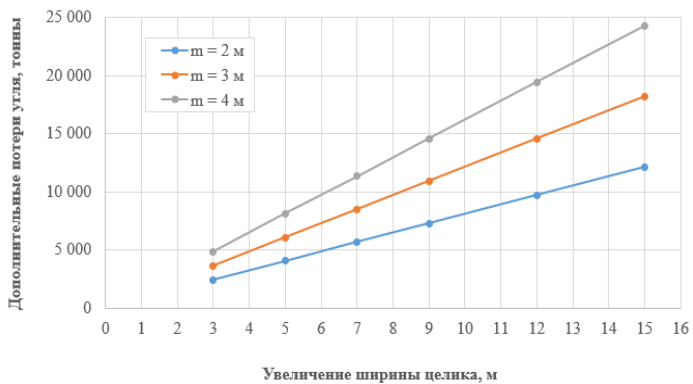


Рисунок 6 - Зависимость величины дополнительных потерь от места заложения демонтажной камеры

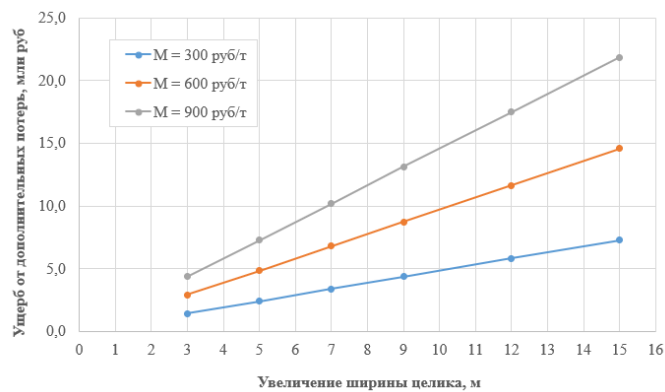


Рисунок 7 - Зависимость ущерба от потерь подготовленных запасов от ширины целика и величины «маржи» при вынимаемой мощности пласта 4 м

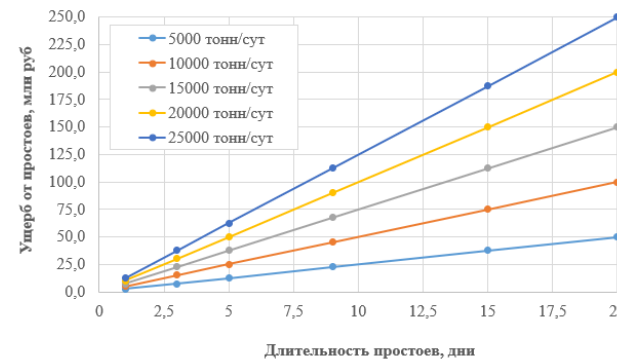


Рисунок 8 - Ущерб от простоев высокопроизводительного оборудования при различной длительности простоев и нагрузках на очистные забои