

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

На правах рукописи

МУСИЕНКО Сергей Петрович

**ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ
И СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
В СЛАБОМЕТАМОРФИЗОВАННЫХ
ПОРОДНЫХ МАССИВАХ**

05.15.02 — «Подземная разработка месторождений
полезных ископаемых»

05.15.11 — «Физические процессы
горного производства»

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

22.272
22.2

АВ 33.577

Диссертацией является рукопись
Работа выполнена в Институте
Научные руководители: доктор
ВИНОГРАДОВ

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00761604 (0)

доктор технических наук, профессор
УСАЧЕНКО Борис Миронович.

Официальные оппоненты:

- Доктор технических наук, профессор
ПОНОМАРЕНКО Павел Иванович,
- Кандидат технических наук
ГОЛОВЧАНСКИЙ Иван Егорович

Будущая организация – комбинат Днепрошахтострой, г.Павлоград.

Защита состоится "28" декабря 1995 г. в "15" часов
на заседании специализированного совета Д 03.Ю.02 при Институте
геотехнической механики НАН Украины по адресу: 320095, Украина,
г.Днепропетровск, ул.Симферопольская, 2а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
геотехнической механики НАН Украины, г.Днепропетровск-95,
ул.Симферопольская, 2а.

Автореферат разослан "27" ноября 1995 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

В.Г.Перепелица

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ И СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕМАТИКИ. Сооружение и охрана горных выработок в слабометаморфизованных породах связаны с необходимостью целенаправленного управления процессами деформирования и разрушения вмещающих пород. Большой вклад в изучение массива пород и разработку методов повышения его устойчивости внесли А.Т.Амусин, И.В.Баклашов, А.Ф.Булат, В.В.Виноградов, М.А.Выгодин, В.Т.Глушко, И.Е.Головчанский, Ю.З.Заставский, М.П.Зборщик, А.Н.Зорин, Д.М.Карташов, Б.А.Картозия, В.Я.Кириченко, О.В.Колоколов, П.И.Пономаренко, А.П.Максимов, Л.Я.Парчевский, В.Н.Потураев, А.Н.Ставрогин, И.А.Турчанинов, Б.В.Усаченко, А.В.Шмыголь и др. Решены важные вопросы крепления и поддержания выработок, однако из комплекса этих проблем наименее изучены поведение слабометаморфизованных пород в условиях объемного деформирования, влияние различных воздействий на режим их разрушения, не разработаны регламенты управления состоянием приконтурного слоя пород. Отсутствие таких знаний затрудняет постановку аналитических задач по геомеханике слабометаморфизованного породного массива, сдерживает разработку методик расчета деформационно-силовых характеристик системы "крепь-породный массив", инженерно-технологических решений по уменьшению смещений породного контура, что является причиной неоправданного удорожания крепления горных выработок в сложных условиях и на больших глубинах.

По Донбассу объем ремонтируемых выработок достигает 60-70 % а подрывка почвы превышает 60 % от объема проводимых выработок, трудоемкость ремонтных работ возросла в 2-2,5 раза и достигает 60-85 чел.см/м. При этом процент выработок находящихся в неудовлетворительном состоянии с увеличением глубины возрастает и по отдельные шахты достигает 15-20 %.

Исследованиями ДонУТИ, НИИОМШС, ВНИИМ, Государственной горной академии Украины, ИГТМ НАН Украины показано, что геомеханические особенности охраны горных выработок в слабометаморфизованных породах, связаны с разрыхлением вмещающих пород, разгитием пучения, сопровождающимися практически незатухающими во времени смещениями боковых пород, величины которых существенно превосходят конструктивную податливость крепи.

Фундаментальные результаты в области механики горного массива (открытие № I, Украина) позволяют сделать вывод, что управлять указанными процессами можно блокированием свободного разрушения приконтурных пород.

В связи с этим, проблема разработки способов и средств блокирования свободного разрушения локальными воздействиями для перевода приконтурных пород в более высокую категорию устойчивости, весьма актуальна для поддержания горных выработок в слабометаморфизованных породах. Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института геотехнической механики НАН Украины, Постановлениями ГКНТ и Минуглепрома СССР, Госуглепрома Украины.

ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. Цель работы заключается в обосновании способов и средств повышения устойчивости выработок в слабометаморфизованных породах блокированием свободного разрушения локальными воздействиями на приконтурные породы. Для ее реализации поставлены и решены следующие задачи:

1. Исследовать закономерности запредельного деформирования слабометаморфизованных горных пород в условиях применения локальных воздействий для блокирования их свободного разрушения.

2. Обосновать способы и параметры локальных воздействий на приконтурные породы вблизи горной выработки с учетом поведения

слабометаморфизованных пород.

3. Разработать технологический регламент и средства реализации способов локального воздействия на приконтурные породы в окрестности горной выработки.

4. Выполнить опытно-промышленную проверку технологии и оборудования в различных условиях ведения горных работ.

ОБОСНОВАНИЕ ТВОРЕЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО НАУЧНОЙ НОВИЗНЫ. Научное значение работы состоит в установлении закономерностей деформирования пород, заключающихся в определении влияния локальных воздействий на смещения приконтурных пород с учетом изменения значений их остаточной прочности и обосновании способов и средств повышения устойчивости горных выработок в слабометаморфизованных породных массивах.

Практическое значение работы состоит в разработке: научно-технических принципов и методов выбора способов локального воздействия на приконтурные породы; оборудования для выполнения работ по локальному воздействию на приконтурные породы с применением скрепляющих растворов и бетонов; способов возведения анкерных крепей и оборудование для их осуществления; рамно-анкерной ограничительно-податливой крепи и технологии ее возведения, а также инженерного метода расчета смещений контура выработки в условиях применения локальных воздействий.

Научная новизна.

1. Установлен характер изменения разрушения пород в условиях трехосного неравнокомпонентного сжатия под влиянием локальных воздействий.

2. Установлено, что прогресс блокирования свободного разрушения, вызванный применением локальных воздействий, определяется значениями остаточной прочности и зависит как от величины локальных воздействий, так и от площади их приложения.

3. Установлены зависимости уменьшения зоны нарушенных пород от коэффициента блокирования, представленные в графическом виде для наиболее часто встречающихся в практике горного дела случаев.

4. Обоснованы способы и параметры средств воздействий на приконтурные породы, которые вошли составной частью в разработанные методики и регламенты.

УРОВЕНЬ РЕАЛИЗАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК. Основные научные положения, разработанные способы и средства включены в отраслевые нормативно-технические документы "Инструкция по расчету облегченных видов крепей с анкерами на основе патронированных быстротвердеющих неорганических вяжущих..." (Харьков, 1989); "Инструкция по расчету и применению облегченных видов крепей с анкерами в вертикальных стволах..." (Харьков, 1990); "Временный технологический регламент по применению ограниченно-податливой рамно-анкерной крепи с заданной несущей способностью..." (Госуглепром Украины, 1993); "Машина бетоноукладочная многоцелевая. Техническое задание..." (Минуглепром СССР, 1987).

Разработана и применяется на горных предприятиях машина бетоноукладочная многоцелевая МБМ. Годовой экономический эффект применения образца машины - 482530 тыс.крб. (в ценах 1993 г.).

АПРОВАЦИЯ И ПУБЛИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ, СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили одобрение на научно-технических советах, семинарах и конференциях: Института геотехнической механики НАН Украины (г.Днепропетровск, 1978 г., 1994 г.), комбината "Диполиметалл" (г.Кентау, Казахстан., 1978-1982 г.г.), института ВНИИГорцветмет (г.Москва, Россия, 1978-1982 г.г.), института ВНИИОМПС (г.Харьков, 1980-1992 г.г.), Научно-исследовательском горнорудном институте (г.Кривой Рог, 1991 г., 1994 г.), ПО "Павлоградуголь" (г.Павлоград, 1990-1993 г.г.).

По теме диссертаций опубликовано 20 печатных работ (статьи, доклады, методики) в том числе 9 авторских свидетельств на изобретения.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения, содержит 146 страниц машинописного текста, включающих 35 рисунков, общий объем 159 страниц со списком литературы из 108 наименований и 7 приложениями.

ДЕКЛАРАЦИЯ О ЛИЧНОМ ВКЛАДЕ В РАЗРАБОТКУ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

В качестве руководителя, ответственного исполнителя или исполнителя автор принимал непосредственное участие в проведении лабораторных и шахтных экспериментов, разработке, испытании и опытно-промышленной проверке способов и средств локального воздействия на приконтурные породы. Конкретный вклад соавторов публикаций отражен в тексте диссертации.

Постановка аналитических исследований, выбор методов и аппаратуры, их доработка и анализ лабораторных исследований, обоснование методов блокирования свободного разрушения приконтурных пород локальными воздействиями выполнены, а цель, задачи исследования, идея работы, основные научные положения, выводы и рекомендации сформулированы автором самостоятельно.

МЕТОДОЛОГИИ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДМЕТА И ОБЪЕКТА. Основная идея работы заключается в использовании закономерностей изменения свойств и характера разрушения горных пород под влиянием локальных воздействий, для блокирования процесса свободного разрушения приконтурных пород, с целью повышения устойчивости горной выработки.

Методология и методы исследования: в работе использован комплексный подход к исследованиям, включающий системный анализ и обобщение современного состояния крепей горных выработок, закладываемых в слабометаморфизованных породах: теоретические и экспери-

ментальные исследования процесса разрушения горных пород: расчетно-аналитические исследования с применением ЭВМ; лабораторный и натуральный эксперимент.

Предмет и объект исследований: способы и средства повышения устойчивости горных выработок, использующие блокирование свободного разрушения приконтурных пород; образцы и массив слабометаморфизованных пород.

Автор выражает признательность работникам ИГТМ НАН Украины, шахт и объединений "Павлоградуголь", "Луганскуголь", Артемовского алебастрового комбината за помощь в проведении экспериментов и внедрении разработок и благодарит научных руководителей докт.техн. наук Виноградова В.В. и докт.техн.наук, профессора Усаченко Б.М. за внимание и методическую помощь в выполнении работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Значительное повышение устойчивости горных выработок, закладываемых в слабометаморфизованных горных породах, достигнуто разработкой и внедрением новых способов и средств блокирования свободного разрушения приконтурных пород, которые базируются на фундаментальных физических закономерностях, связанных с деформированием и разрушением горных пород, новейших достижениях и открытиях последних лет, в частности способах управления процессом разрушения предельно напряженных пород малозатратными воздействиями.

Основные научные положения, защищаемые в диссертации:

1. Изменение поведения приконтурных пород горной выработки достигается применением локальных воздействий, которые обеспечивают как уменьшение смещения породного контура, так и перевод пород в более высокую категорию устойчивости.

2. Процесс блокирования свободного разрушения приконтурных пород, вызванный применением локальных воздействий, определяется

двумя уровнями факторной значимости их механического состояния - первый, доминирующий - значениями остаточной прочности, второй - углом внутреннего трения.

3. Эффективность блокирования разрушения приконтурных пород зависит от величины локальных воздействий и площади их приложения, равные локальные воздействия при относительной площади приложения $\Delta S = 4\%$ позволяют увеличить остаточную прочность до 40 %, а при $\Delta S = 24\%$ - до (70-80 %) предела прочности.

На совокупности научных положений основан принцип управляемости горнотехнологической системы "крепь-породный массив".

В работе дано экспериментальное и аналитическое обоснование способов локального воздействия на приконтурные породы, в основу которого положено следующее. Блокирование свободного разрушения пород возможно при отпоре крепи более 1 МПа, а грузонесущая способность металлических податливых и ограниченно-податливых крепей составляет 150-250 кПа. Достижение необходимого уровня интенсивности воздействий возможно путем уменьшения площади приложения нагрузки в 4-7 раз, т.е. локальными воздействиями на приконтурные породы.

Экспериментальные исследования запредельного деформирования горных пород в условиях применения локальных воздействий выполнялись по методике испытаний, разработанной в ИГТМ НАН Украины и усовершенствованной в части способа приложения боковой нагрузки.

Испытаниям подвергались образцы кубической формы, изготовленные из пород, отобранных на шахтах Западного Донбасса, которые предварительно подвергались следующим воздействиям: изменению влажности, нагрузке до определенной степени нарушенности и упрочнения скрепляющими растворами, армированию металлическими стержнями.

Особый интерес с точки зрения реализации локальных воздействий представляет анкерование. Выявлено, что различные типы анкеров

по-разному влияют на предельное поведение горных пород — максимальное влияние оказывают анкеры с углом податливости, расположенным у поверхности пород, причем наиболее существенные изменения происходят с остаточной несущей способностью.

Испытания проводились при различных уровнях локальной боковой нагрузки и площади ее приложения. Результаты испытаний показывают, что установка анкера и его параметры мало влияют на характер деформирования пород до предела прочности и его величину $\sigma_{сж}^0$. Однако, после достижения предела прочности, процесс разрушения даже при малых значениях локальной нагрузки отличается от разрушения как в условиях со свободной поверхностью, так и в условиях эквивалентного трехосного неравнокомпонентного сжатия. Значение $\sigma_{сж}^{ост}$ зависит как от минимальной компоненты напряжений σ_3 , так и от относительной площади приложения нагрузки ΔS .

Блокирование разрушения, реализуемое с применением локальных воздействий на приконтурные породы открывает широкие возможности для дальнейшего совершенствования способов повышения устойчивости горных выработок, обеспечивающих вовлечение в работу приконтурных пород и их взаимодействие с конструкциями крепи.

Математическая модель горных пород, учитывающая включение в работу приконтурного массива может быть записана следующим образом:

$$\sigma_{\theta} - A\sigma_r \leq \sigma_{сж} = \begin{cases} \sigma_{сж}^0 & \text{при } r \geq r_L \\ \sigma_{сж}^{ост} + K \frac{\sigma_r}{\sigma_*} (\sigma_{сж}^0 - \sigma_{сж}^{ост}) & \text{при } k \leq r \leq r_b \end{cases} \quad (I)$$

где σ_{θ} , σ_r — окружная и радиальная компонента напряжений;

$A = \frac{1 + \sin \rho}{1 - \sin \rho}$ — параметр, зависящий от угла внутреннего трения;
 $\sigma_{сж}$ — текущее значение прочности, $\sigma_{сж}^0$ — предельное значение прочности;

ности на одноосное сжатие горной породы; $\sigma_{сж}^{ост}$ - остаточная несущая способность породы; r_L - радиус зоны нарушенных пород; r_B - радиус зоны блокирования разрушения; K - коэффициент, определяющий степень включения приконтурных пород в работу ($0 \leq K \leq 1$); $\sigma^* = K_1 \sigma_{сж}^0$, $K_1 = (0, 2-0, 4)$ - пороговое напряжение.

Для устранения чувствительности пород к слабым воздействиям, радиус влияния горнотехнологических локальных воздействий должен быть таким, чтобы вне этой зоны значение минимальной компоненты напряжений было больше порогового значения, т.е. необходимо выполнить условие $\sigma_r^B \geq \sigma^*$ при $r \geq r^B$. Для таких условий получено соотношение для минимального размера зоны упрочняющего воздействия, блокирующего свободное разрушение приконтурных пород.

Уравнение для определения радиуса зоны неупругих деформаций при блокированном разрушении получено с учетом того, что на границе зоны упругих и неупругих деформаций ($r = r_L^B$) выполняется равенство

$$r_L = r_B = \left\{ \frac{P_L + \sigma_{сж}^0 (A-1)}{\sigma^* + \sigma_{сж}^0 (A-1)} \right\}^{\frac{1}{A-1}} \quad (2)$$

где $P_L = \frac{2\rho g H - \sigma_{сж}^0}{A+1}$ - значение радиальной компоненты напряжений на границе зоны неупругих и упругих деформаций; H - глубина заложения выработки; ρ - объемная масса горных пород; g - ускорение силы тяжести.

Сравнивая значения радиусов зон неупругих деформаций при свободном и блокированном протекании процесса разрушения, получено соотношение для определения коэффициента уменьшения зоны нару-

енных пород

$$K_3 = \frac{r^B}{r^C} = \frac{\left\{ \left(P + \frac{G_{сж}^{ост}}{B-1} \right) : \left(P + \frac{G_{сж}^{ост}}{B-1} \right) \right\}^{\frac{1}{B-1}}}{\left\{ \left(P + \frac{G_{сж}^{ост}}{A-1} \right) : \left(P + \frac{G_{сж}^{ост}}{A-1} \right) \right\}^{\frac{1}{A-1}}} \quad (3)$$

Категория устойчивости пород, являющаяся основанием для выбора типов крепи и ее параметров, определяется смещением контура выработки. На практике расчет ожидаемых смещений выполняется по известным методикам с достаточной точностью. С учетом этого, получена зависимость для определения смещения породного контура при блокированном разрушении выраженного через смещение при свободном разрушении:

$$U_r^B = K_3 U_r^C$$

Приведенная зависимость позволяет выбирать величину локального воздействия, реализация которого приведет к переводу пород приконтурной зоны в более высокую категорию устойчивости.

Построены графики изменения коэффициента уменьшения зоны нарушенных пород от коэффициента блокирования K_B . Этот коэффициент определяется повышением остаточной несущей способности пород $G_{сж}^{ост}$, достигаемой принятыми способами локальных воздействий.

Физические основы способов и средств повышения устойчивости горных выработок базируется на обобщении теоретических и экспериментальных данных по влиянию локальных воздействий на процесс разрушения приконтурных пород. Обоснование способов и разработка основных требований к ним и к средствам реализации способов выполнены с учетом достижения эффекта блокирования свободного разрушения слабеметаморфизованных пород.

Большая группа способов основывается на применении анкерных

крепей различной конструкции, поэтому их обоснование положено в основу выполненных исследований.

Принято считать, что снижение нагрузок на базовую конструкцию обусловлено тем, что часть из них воспринимает на себя анкерная крепь. Так при расчете анкерной крепи в сочетании с рамной несущая способность этих крепей просто суммируется совершенно не учитывая взаимного влияния крепей и изменения характера разрушения приконтурного слоя.

В то же время выполненными исследованиями установлено, что повышение остаточной несущей способности происходит не только при увеличении усилия закрепления анкера. Наблюдается также зависимость величины остаточной несущей способности пород $\sigma_{ост}$ от коэффициента перекрытия поверхности. Так, уже при увеличении площади перекрытия до 4 % поверхности происходит повышение остаточной несущей способности до 20 % предела прочности $\sigma_{сж}^0$. Показано, что целесообразно увеличивать площадь перекрытия поверхности пород элементами, конструктивно связанными с анкерами и взаимодействующими с ними в процессе работы. Применительно к горным выработкам угольных шахт такими элементами могут служить рамы поддерживающей крепи. С учетом полученных результатов сформулированы требования к рамно-анкерной ограниченно-податливой крепи горной выработки.

Повышение устойчивости выработок может быть достигнуто также упрочнением пород инъекцией скрепляющих растворов. При этом речь идет о повышении прочности естественно или искусственно нарушенных пород. Предел прочности упрочненных пород $\sigma_{сж}^{упр}$ не превышает предела прочности ненарушенных $\sigma_{сж}^0$ и составляет не более 80 % $\sigma_{сж}^0$. Растворы проникают по трещинам раскрытием до I МКМ и образуют пространственную конструкцию, взаимодействующую с блоками породного массива. В зависимости от свойств применяемых растворов они могут иметь или не иметь адгезию с породой, однако эффект

блокирования разрушения имеет место и в том и в другом случае, но его значение может существенно отличаться. Количество нагнетаемых растворов (до 5% от объема пород) и характер их взаимодействия с массивом позволяет сказать, что имеет место локальное воздействие на приконтурные породы.

При запредельном деформировании породы, упрочненные инъекцией цементно-песчаных растворов, ведут себя как пластичные материалы с пределами текучести от 1 до 7 МПа, деформирование в предельном состоянии продолжается достаточно долго без разрыхления и существенного снижения несущей способности. Деформирование пород, упрочненных полимерными растворами, подобно деформированию ненарушенных пород, но численные значения предела прочности $B_{сж}^{упр}$ меньше, а остаточная прочность $B_{сж}^{ост}$ больше, чем у аналогичных ненарушенных пород. Применение способа инъекции приконтурных пород позволяет в большей или меньшей степени изменить их остаточную прочность и, тем самым, повлиять на процесс разрушения вмещающего массива.

В результате анализа существующих отечественных и зарубежных средств инъекции и скрепляющих растворов с учетом полученных результатов выполненных исследований определены требования к средствам инъекции растворов в массив.

С точки зрения оценки механизма взаимодействия, воздействие тампонажа на приконтурные породы можно рассматривать как локальное, поскольку тампонажный камень не только является промежуточной конструкцией между крепью и породой, но и как показывает исследование затампонируемых пород, растворы проникают в трещины между блоками и отдельностями приконтурных пород и существенно влияют на процесс разрушения указанного слоя, а посредством этого и на разрушение вмещающего массива.

Механизм воздействия набрызгбетона на приконтурные породы

аналогичен воздействию тампонажа закрепленного пространства. Смесь при нанесении проникает в трещины приконтурных пород, омоноличивая его и вовлекая в работу, а последующие слои набрызгбетона, обладающие грузонесущей способностью, образуют поддерживающую конструкцию. При этом набрызгбетон удовлетворительного качества может быть получен при водоцементном соотношении 0,4-0,5, что примерно соответствует пластичности тампонажной смеси 4-6 см и не вызывает заметного переувлажнения пород.

Для шахтных условий разработаны технологии и средства реализации или обоснованных способов повышения устойчивости горных выработок в слабометаморфизованных породах, в частности технология возведения рамно-анкерной ограниченно-податливой крепи, параметры которой представлены во "Временном технологическом регламенте" утвержденном Госуглепромом Украины. Отличительной особенностью крепи, применяемой при такой технологии, является взаимодействие рамы и системы анкеров, осуществляемое посредством обоснованной и разработанной конструкции с узлом податливости, включающего втулку деформируемую головкой анкера. Поперечный размер головки анкера больше размера отверстия втулки на величину

$$\Delta = \frac{2P_a}{\pi K d_b b_b} \quad , \quad (4)$$

где P_a - несущая способность анкера; d_b - внутренний диаметр втулки; b_b - предел прочности материала втулки; K - коэффициент, зависящий от формы и качества взаимодействующих поверхностей, при толщине стенки втулки от 5 до 10 мм и угле деформирования от 30° до 40° принимают равным 1,1-1,5.

Разработаны и утверждены на отраслевом уровне инструкции, включающие результаты, полученные при выполнении этих исследований. Инструкция по расчету облегченных видов крепей с анкерами

содержит методы определения параметров анкерной крепи, работающей как самостоятельно, так и в сочетании с другими видами крепи в различных геомеханических условиях, регламентирован порядок выбора и расчета параметров технологии возведения анкерной крепи в породах I категории устойчивости и как упрочняющего элемента комбинированной крепи в породах II-IV категорий. Инструкция по расчету и применению облегченных видов крепей с анкерами в вертикальных стволах, содержит порядок определения параметров облегченной крепи вертикальных стволов с использованием анкеров, как элемента упрочнения массива; границы области применения монолитной бетонной и набрызгбетонной крепей в сочетании с анкерами могут быть определены по методикам, приведенным в приложениях I и 2 к инструкции. Инструкция содержит также описание анкерной крепи, организации работ и техники безопасности при ее установке.

Для механизации работ предложена технология и разработано устройство для возведения равно-анкерных крепей. Особенность технологии заключается в механизированном параллельном бурении двух шпуров и установке в них винтовых или закрепляемых по всей длине отверждаемыми растворами анкеров. Устройство для анкерования (а.с. 1810556) используется как быстрорезное оборудование на комбайны 4ПП-2М.

Способы повышения устойчивости с использованием анкеров и средства испытаны на шахтах ПО "Павлоградуголь".

Разработаны способы воздействия анкерных крепей (а.с. 964169, 1305368), устройство для возведения (а.с. 8664139, 972138, 1305368) и конструкции анкерной крепи (а.с. 1086176). Закрепление анкера непатронированными укрепляющими составами по всей длине повышает эффективность работы анкера, особенно в слабопластичных породах, а применение технологии и оборудования снижает трудоемкость возведения, повышает качество выполняемых работ.

Выполнено обоснование средств для повышения устойчивости выработок с применением скрепляющих растворов, разработано технологическое задание на машину бетоноукладочную и изготовлен опытный образец (а.с. 1714146 на смеситель бетоноукладочной машины). Испытания проведены на шахте "Луганская-1" ПО "Луганскуголь". Машина выпускается малыми партиями и в настоящее время эксплуатируется в ПО "Павлоградуголь", "Луганскуголь", "Красноармейскуголь", "Туковуголь" (Россия), в тресте "Кривбассшахтопроходка" и на Аугемовском алебастровом комбинате. Применение машины позволяет механизировать и упростить работы по приготовлению и укладке бетонов и растворов при инъекции, тампонаже, набрызге и опалубочном бетонировании, применять при этом составы с оптимальным водоцементным соотношением.

Разработаны средства инъекции скрепляющих растворов в породный массив (а.с. 660007, 679693). Такие инъекторы позволяют нагнетать составы с малыми сроками отверждения по двухрастворной схеме подачи, что способствует их максимальному проникновению в породы.

Благодаря применению обоснованных и разработанных способов и средств, простых методических и технологических приемов локальных воздействий на приконтурные породы достигнуто повышение устойчивости горных выработок в слабометаморфизованных породах.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается: достаточно большим объемом экспериментальных исследований образцов горных пород выполненных в соответствии с апробированной методикой и действующими нормативными документами; теоретической обоснованностью применяемой модели горных пород для расчета результатов применяемых воздействий; удовлетворительной погрешностью методов определения прочностных свойств образца и массива пород, не превышающей 20 %; положительными ре-

зультатами опытно-промышленной проверки способов и средств блокирования свободного разрушения пород локальными воздействиями и их внедрением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации обобщены результаты теоретических и экспериментальных исследований, решена актуальная научная задача, имеющая важное народнохозяйственное значение, заключающаяся в обосновании способов и средств повышения устойчивости горных выработок в слабобетаморфизованных породных массивах на базе эффектов, достигаемых применением локальных воздействий на приконтурные породы. Итоговые выводы сводятся к следующему:

1. Установлено, что локальные воздействия на приконтурные породы влияют на процесс их запредельного деформирования, повышая остаточную прочность и уменьшая размер зоны нарушенных пород; доказано, что при этом обеспечивается уменьшение смещения породного контура и возможность перевода приконтурных пород в более высокую категорию устойчивости, даже небольшие по величине воздействия изменяют поведение горных пород от псевдохрупного разрушения до пневмопластического течения.

2. Установлено, что эффективность локальных воздействий зависит не только от их интенсивности, но и от площади приложения - постоянные по величине пассивные воздействия при относительной площади приложения нагрузки 4 % позволяют увеличить остаточную прочность до 40 %, а при 24 % - до (70-80) % предела прочности.

3. На базе аналитического решения задачи о влиянии локальных воздействий на процесс разрушения пород, учитывающего изменение остаточной прочности и радиуса нарушенных пород получены зависимости, адекватно описывающие закономерности изменения протекания деформационных процессов при блокировании свободного разрушения

пород.

4. На основе комплекса аналитических и экспериментальных исследований разработан инженерный метод расчета параметров при обосновании способа и средств повышения устойчивости выработки, путем изменения режима деформирования приконтурных пород.

5. Разработаны способы (а.с. 964169, 1305368), средства крепления (а.с. 1086178) и технологические средства (а.с. 669007, 679693, 964169, 972128, 1305368, 1714146) повышения устойчивости горных выработок. Проведена опытно-промышленная проверка разработок, доказавшая их эффективность. Организован выпуск средств по заказу потребителей, а машина бетоноукладочная многоцелевая изготавливается малыми партиями.

6. Результаты работы внедрены в техническом задании, технологическом регламенте, инструкциях по расчету и применению крепей, утвержденных на отраслевом уровне.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ, ОТРАЖАЮЩИХ ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

1. РД 12.18.089-90. Инструкция по расчету и применению облегченных видов крепей с анкерами в вертикальных стволах Ф.И.Ягодин, И.Г.Косков, В.К.Стеблина, В.А.Прагер, А.И.Лапко, Н.Ю.Баскова, А.В.Будник, М.Р.Ломакина, А.М.Козем, К.А.Ардашев, Н.С.Булычев, Н.Н.Фотиева, Б.В.Ертушенко, А.С.Саммал, Б.М.Усаченко, В.В.Виноградов, С.П.Мусиенко, В.П.Чередниченко, В.С.Правдин, В.М.Туркадзе.- Харьков; ВНИИОШС, 1990.- 75 с.

2. РД 12.18.092-90. Инструкция по расчету облегченных видов крепей с анкерами на основе быстротвердеющих неорганических вяжущих И.Г.Косков, Ю.С.Шаповал, В.П.Дручко, Б.В.Алферов, Ф.И.Ягодин, Г.И.Кремененский, В.Г.Гнездилов, М.Д.Чернокозинский, Л.В.Зенцова, К.А.Ардашев, Ю.М.Басинский, Б.М.Усаченко, В.В.Виноградов, А.В.Меще-

ряков, Ю.Ю.Булич, Б.С.Усаченко, С.П.Мусяенко. — Харьков; ВНИОМПС, 1990. — 58 с.

3. Временный технологический регламент по применению ограничительно-податливой равно-анкерной крепи с заданной несущей способностью. В.В.Виноградов, Б.М.Усаченко, А.А.Еобылев, С.П.Мусяенко, Ю.Ю.Булич, Л.И.Гажемон, В.В.Горожанкин, А.В.Шмиголь, М.А.Выгодин, В.В.Евтушенко. — Днепропетровск; ИГТМ НАН Украины, 1993. — II с.

Статьи и доклады.

4. Глушко В.Т., Малиновская Т.М., Мусяенко С.П. Упрочнение нарушенных горных пород полиэфирной смолой // Безопасность труда в промышленности. — 1979. — № 2. — С. 29.

5. Мусяенко С.П. Управление поведением предельно напряженных пород изменением их прочности и деформационных свойств // Виноградов В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. — К.: Наук.думка, 1989. — С. 129-133.

6. Мусяенко С.П. Геомеханические особенности формирования породобетонных крепей // Там же. С. 171-178.

7. Усаченко Б.М., Мусяенко С.П., Сидоров Б.Г. Разработка и испытания машины бетоноукладочной многоцелевой // Технология и механизация крепления подготовительных и нарезных выработок: Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания. — Кривой Рог: НИГРИ, 1991. — С. 80.

8. Мусяенко С.П. Оценка способов охраны и крепления магистральных штреков // Усаченко Б.М., Кириченко В.Я., Шмиголь А.В. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса: Обзор ЦНИИУголь. — М., 1992. — С. 34-43.

9. Мусяенко С.П. Смывление пород на контуре выработок при их проведении // Там же. С. 43-65.

10. Мусяенко С.П. Податливость крепи горных выработок при слабых боковых породах // Там же. С. 61-74.

II. Мусиенко С.П. Управление разрушением приконтурных пород с помощью анкеров // Управление состоянием предельно-напряженных пород: Сб. научн. трудов / АН Украины. Ин-т геотехн. механики. - К. Наук. думка, 1992. - С. III-III7.

Авторские свидетельства

12. А.с. 669007 СССР, МКИ Е02Д 3/12. Инъектор для нагнетания в грунт двухкомпонентных закрепляющих растворов В.Т.Глушко, Н.В.Симаков, В.П.Нечаев, С.П.Мусиенко и А.И.Бедило. - Оpubл. 25.06.79, Бюл. № 23.

13. А.с. 679693 СССР, МКИ Е02Д 3/12. Инъектор В.Т.Глушко, А.В.Балдин, В.В.Давыдов, С.П.Мусиенко и В.Н.Филиппов. Оpubл. 15.08.79, Бюл. № 30.

14. А.с. 964169 СССР, МКИ Е21Д 20/00. Способ возведения анкерной крепи и устройство для его осуществления. В.Т.Глушко, А.Х.Николенко, С.П.Мусиенко, В.В.Давыдов, И.М.Коган, И.Н.Луцев, Ю.Д.Шварц, Е.П.Зеликович. Оpubл. 10.10.82, Бюл. № 37.

15. А.с. 972128 СССР, МКИ Е21Д 20/00. Нагнетатель для заполнения скважин закрепляющим раствором при установке анкерной крепи В.Т.Глушко, В.В.Давыдов, С.П.Мусиенко, И.Г.Абдульманов, Г.В.Яровой и А.В.Аунапу. - Оpubл. 17.11.82, Бюл. № 41.

16. А.с. 1086178 СССР, МКИ Е21Д 21/00. Анкерная крепь С.П.Мусиенко и Г.В.Яровой. - Оpubл. 15.04.84, Бюл. № 14.

17. А.с. 1305368 СССР, МКИ Е21Д 20/00. Способ установки анкера и устройство для его осуществления Б.М.Усаченко, В.В.Виноградов, С.П.Мусиенко. - Оpubл. 23.04.87, Бюл. № 15.

18. А.с. 1714146 СССР, МКИ Е21Д 11/10. Омеситель набрызгбетонной машины А.М.Селезнев, Б.М.Усаченко, С.П.Мусиенко, В.В.Прохоренко, В.Э.Котляревский, В.Э.Обух и Б.А.Коваленко. - Оpubл. 23.02.92, Бюл. № 7.

19. А.с. 1789711 СССР, МКИ Е21Д 11/10. Устройство для выпол-

нения набрызгбетонных работ В.Я.Кухарь, Ю.В.Вайнов,
Е.В.Кухарев, Л.И.Прокопшина, Б.М.Усаченко, С.П.Мусяненко.
- Публ. 23.01.93, Бюл. N 3.

20. А.с. 1810556 СССР, МКИ Е21Д 11/00. Установка для
анкерования В.Я.Кухарь, Ю.В.Вайнов, О.М.Сыпченко, Б.М.Уса-
ченко, М.А.Выгодин, В.В.Евтушенко и С.П.Мусяненко. - Публ.
23.04.93. Бюл. N 15.

ANNOTATION

Musienko S.P. Development of methods and means for in-
creasing the stability of underground workings in weakmeta-
morphoic rock masses

A thesis (Manuscript) for the competition of the scien-
tific degree of the scientific degree of the candidate of
technical sciences on the specialty 05.15.02 - Underground
mining, and 05.15.11 - Physical processes in mining, Insti-
tute of Geotechnical Mechanics of NAS of Ukraine, Dnepropet-
rovsk, 1995.

There have been found properties and features of alte-
rations in the failure process of side, roof and floor rocks
under the influence of local disturbances, determined the
parameters of technology and main requirements for develop-
ment of the means of increasing the stability of underground
workings. The results of the thesis have been published in
eight papers and defended by nine patents. These results are
also included in industrial methodics and technological mo-
des. Besides, some special techniques have been developed
and introduced in mining.

АННОТАЦІЯ

Мусиенко С.П. Обоснование способов и средств повышения устойчивости горных выработок в слабометаморфизованных породных массивах.

Диссертация (рукопись) на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 - подземная разработка месторождений полезных ископаемых и 05.15.11 - физические процессы горного производства, Институт геотехнической механики НАН Украины, Днепрпетровск, 1995.

Установлены закономерности изменения процесса разрушения приконтурных пород под влиянием локальных воздействий, обоснованы параметры технологии и исходные требования на средства повышения устойчивости выработок, отраженные в 8 статьях и 9 изобретениях. Результаты работы вошли в отраслевые методики и технологические регламенты. разработаны и внедрены способы и технологическое оборудование.

Ключові слова:

шахта, гірські породи, стійкість виробок

АВТОРЕФЕРАТ

Відповідальний за випуск В. Г. Перепелиця

Підписано до друку 23.11.94. Формат 60x84/16. Папір друкарський. Офсетний друк. Умовн. друк. арк. 1,0. Умовн. фарб.-відб. 1,0. Тираж 100. Замовлення N 680. Замовлене. Видавничо-поліграфічне орендне підприємство "Дніпро" ВПОП "Дніпро", 320070, м. Дніпропетровськ, вул. Серова, 7.

447009

AB 33.571

AB 33.571