

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

ДОНЕЦКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

БУГМА ИВАН ИВАНОВИЧ

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ ДОНБАССА

Специальность: 05.15.02. "Подземная разработка
месторождений полезных ископаемых"

Д и с с е р т а ц и я

на соискание ученой степени кандидата технических наук
в форме научного доклада

Д о н е ц к - 1992

Работа выполнена в комбинате "Дуганкшахтострой"

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
заслуженный деятель науки Украины
кандидат технических наук, старший
научный сотрудник

К.Ф. Сапицкий

А.Л. Селезень

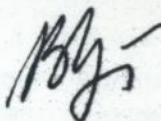
Ведущее предприятие - Производственное объединение по добыче
угля "Дуганскуголь"

Защита состоится "9" октября 1992 года
в 1240 часов на заседании специализированного совета Д.068.20.02
при Донецком ордена Трудового Красного Знамени политехническом
институте: 340000, Донецк, ул. Артема, 58

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Донецкого
политехнического института.

Автореферат разослан "21" сентября 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
профессор, докт. техн. наук



В.И. Черняев

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00816249 (U)

Актуальность работы. Горногеологические условия угольных районов (Луганский, Свердловский, Антрацитовский, Краснодонский и Стахановский) Донбасса, где интенсивно ведут горнопроходческие работы шахтостроительные управления комбината "Луганскшахтострой", характеризуются глубиной ведения горных работ 540 м (Луганский) - 1200 м (Свердловский), прочностью пород на сжатие (МПа) от 33 (все районы) до 125 (Свердловский и Антрацитовский). Породы слабообводненные, в большинстве случаев склонные к пучению, слаботрещиноватые (исключая зоны разрывных геологических нарушений). Среднегодовая протяженность сооружаемых горизонтальных и наклонных выработок составляет 14000-19600 м, из них 95% в породах прочностью на сжатие 40-80 МПа при стоимости сооружения 1 м выработки 3,4-4,0 тыс.руб. (в ценах 1991 г.г.). Среднегодовой объем ремонтных работ составляет 3500 м (25% от сооружаемых выработок), а протяженность выработок, где производится подрывка почвы - 5600 м (40% сооружаемых). Затраты на ремонт выработок до сдачи их в эксплуатацию достигают 3-3,5 тыс.рублей (в ценах 1991 г.). Объем ремонтных работ и связанное с ним отвлечение трудовых и финансовых ресурсов в значительной степени зависят от достоверности прогноза устойчивости породных обнажений выработки, надежности нормативных документов, на основе которых выполняется проектирование и решаются вопросы их поддержания.

В настоящее время 90% выработок на строящихся и реконструируемых шахтах Донбасса крепятся металлической податливой крепью, а такие конструкции крепи как бетонная, набрызгбетонная, анкерная имеют ограниченный объем применения. Опыт поддержания выработок показывает, что обеспечить их эксплуатационное состояние можно лишь путем использования несущей способности породного массива, вмещающего выработку. Все это требует применения дополнительных мероприятий, которые позволяют активно воздействовать на напряженно-деформированное состояние вмещающего массива с целью вовлечения его в совместную работу с крепью. Это может быть достигнуто своевременным применением способов охраны, путем включения их в технологические и технические решения, выбором рациональной постоянной крепи, совершенствующих практику сооружения и поддержания горных выработок и обеспечивающих безопасность ведения горных работ.

Работа выполнена в период многолетней производственной деятельности автора в шахтостроительных организациях Луганского региона Донбасса, многие угленосные районы которого являются сложными в решении вопросов сооружения и обеспечения эксплуатационного состояния горных выработок.

Цель работы – разработка и внедрение способов охраны горных выработок на основе использования несущей способности породного массива, обеспечивающих повышение их устойчивости на больших глубинах.

Идея работы – заключается в установлении характера и последовательности развития геомеханических процессов во вмещающем выработку массиве, позволяющих обосновать способы управления этими процессами, обеспечивающие повышение устойчивости горных выработок.

Методы исследований. В работе использован комплексный метод исследований, включающий: системный анализ факторов, влияющих на сооружения горных выработок и их состояние в период эксплуатации; инструментальные исследования смещений породных обнажений выработок и вмещающего их массива, изменений его структурного состояния; промышленные испытания и внедрение разработанных технологических и технических решений и способов, обеспечивающих снижение затрат на поддержание выработок и повышение безопасности труда.

Аналитические исследования имели цель обобщения шахтных исследований для разработки методических положений прогноза качественных и количественных характеристик проявления геомеханических процессов при сооружении и поддержании горных выработок в период развития добычных работ.

Научные положения и технические решения, разработанные автором и их новизна. Установлены и экспериментально подтверждены характер и последовательность деформирования вмещающего выработку массива, отличающиеся тем, что впервые даны численные значения смещений, характеризующие проявления каждой из последовательностей.

Впервые установлена зависимость развития деформаций в глубину массива, вмещающего горную выработку и работоспособности постоянно крепи, характеризуемой межремонтным периодом, от величины пучения пород в ней.

Впервые разработан и внедрен комплекс технологических и технических решений, обеспечивающих повышение устойчивости горных выработок на различных этапах их эксплуатации, в зависимости от характера деформирования вмещающего массива на данном этапе.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена: представительными статистическими данными многолетней практики сооружения и поддержания (в том числе в зонах непосредственного влияния очистных работ) горных выработок в непрерывно усложняющихся условиях по мере увеличения глубины их расположения от 300–700 м до 540–1200 м; достаточным объемом инструментальных наблюдений за смещениями пород на контуре выработки и в массиве (более 2500 замеров); хорошей сходимостью результатов качественного и количественного прогноза геомеханических процессов на контуре выработки и в массиве (с учетом влияющего действия разработанных технологических и технических решений) с данными инструментальных наблюдений и конечным результатам поддержания горных выработок; успешными результатами промышленных испытаний и внедрения новых решений, направленных на повышение эффективности горнопроходческих работ, устойчивости породных обнажений выработок и безопасности труда.

Научное значение работы заключается в установлении зависимости величины смещений контура выработки от последовательности и характера деформаций вмещающего массива, на основании чего разработаны способы повышения устойчивости выработок и определены их рациональные параметры.

Практическое значение работы заключается в следующем: обоснованы и внедрены конструкции крепи и способы охраны горных выработок, обеспечивающие снижение затрат на поддержание на 20–40% за счет применения: временной набрызгбетонной и анкерной крепи, комбинированной крепи АНГ, быстротвердеющих бетонов, укрепления массива горных пород и локальной разгрузки породного массива; разработаны на уровне изобретения и внедрены составы смеси для изготовления сборной блочной крепи, заменители цемента, способ упрочнения массива горных пород, повышающие податливость постоянной крепи, снижающие расход цемента на 15–20% и стоимость поддержания выработок на 10%.

Реализация работы. Основные результаты работы вошли в "Технологические схемы поэтапного поддержания капитальных горных выработок на основе разгрузки породного массива от повышенных напряжений" РД I2.I8.096-90 и внедрены на шахтах Луганского региона Донбасса. Внедрение набрызгбетонной и анкерной крепи на 8 шахтах, локальной разгрузки массива на 2 шахтах, заменителя цемента, быстротвердеющих бетонов и блочной крепи на 4 шахтах позволило получить экономический эффект 4,12 млн.рублей (долевое участие автора составляет 20%).

Апробация работы. Основные результаты работы обсуждались и получили одобрение на: VI семинаре по исследованию горного давления и охране капитальных и подготовительных выработок (г.Новосибирск, 1978 г.); совещаниях шахтостроителей Украины (г.Донецк, 1984 г., 1987 г.); заседаниях секций научно-технического Совета Минуглепрома СССР и УССР (г.Харьков, 1986 г., 1987 г.; г.Донецк, 1986г., 1987 г., 1990 г., г.Луганск, 1988г.); научно-практических конференциях (г.Луганск, 1983 г., г.Днепропетровск, 1989 г.), проектных организациях (г.Киев, 1982 г., г.Днепропетровск, 1989 г., г.Луганск, 1986 г.)

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 24 научных работах, в том числе 4 авторских свидетельства на изобретение.

Автор выражает признательность сотрудникам трестов и стройуправлений, вместе с которыми осуществлялись промышленные испытания и внедрение результатов работы.

Увеличение глубины строящихся шахт усложнило условия поддержания горных выработок, как в период их строительства так и в период эксплуатации. Ежегодно на их ремонт и восстановление в комбинате "Луганскшахтострой" отвлекается до 170 человек, а в предпусковые и пусковые годы в 2 раза больше, что сказывается на снижении объемов проходки и производительности труда проходчиков. Затраты на ремонт до сдачи выработок в эксплуатацию достигают 3-3,5 тыс. руб/м.

При непосредственном участии автора разработаны и внедрены способы повышения устойчивости горных выработок, сооружаемых в сложных горногеологических условиях, заключающиеся в управлении геомеханическим состоянием вмещающего выработку массива путем укрепления его или разгрузки от повышенных напряжений.

В отечественной и зарубежной литературе имеется много исследований, посвященных вопросам повышения устойчивости горных выработок. Благодаря результатам этих исследований в практике используется широкий круг технологических и технических решений, которые в ряде случаев обеспечивают управление геомеханическими процессами в породном массиве. Однако эти решения, в основном разработанные ДПИ, ДПИ, КТМИ, ВНИИОМШСом, имеют узко направленный характер, то есть привязаны к конкретным условиям. Поэтому при изменении горнотехнологических и технических условий горнопроходческих работ требуют дополнительных исследований.

Анализ опыта поддержания горных выработок и результатов исследований (I) позволил установить зависимость состояния выработок от характера деформирования их контура и своевременности применения способов охраны.

Все вышесказанное предопределяет необходимость решения одной из главных задач, заключающейся в установлении последовательности и характера деформирования вмещающего массива и на их основе изыскания надежных способов повышения устойчивости горных выработок.

Для решения поставленной задачи проводились шахтные инструментальные наблюдения за деформированием вмещающего выработку массива №2,3,4,5,6/. Замерные станции были заложены в следующих условиях: глубина ведения горных работ 550-1100 м; предел прочности пород на одноосное сжатие 30-100 МПа; смещения пород почвы 800-2500 мм и кровли 300-800 мм, т.е. в горногеологических условиях, характерных для шахт Луганской области. Замерные станции состояли

из трех замерных пунктов и оборудовались контурными и глубинными реперами, а также скважинами для визуального контроля состояния массива с помощью перископа РВП-456 и прибора для измерения параметров трещиноватости горных пород "КИТ" /7/, а также насечками на элементах крепи для оценки степени деформации постоянной крепи.

Наблюдения на замерных станциях проводились с периодичностью: первый месяц - I раз в неделю, а далее - не менее I раза в месяц. На шахте им. 60-летия СССР замерная станция была оборудована в грузолодской магистральной выработке пл. 66. Наблюдения проводились в течение одного года. В начале исследований, когда смещения породных обнажений со стороны кровли не превышало 100-120 мм, расслоений и трещинообразования во вмещающем массиве зафиксировано не было. При смещениях 120-140 мм было отмечено расслоение пород в глубину от контура на 0,75-1,0 м. При смещениях 200-250 мм глубина расслоения пород увеличилась до 1,5-2,0 м. При этом четко наблюдается прогиб пород и частичное появление радиальных трещин, которые интенсивно развивались при смещениях 300-350 мм. Учитывая наличие расслоения пород, такое интенсивное радиальное трещинообразование приводит к отделению части приконтурных пород от массива и деформированию крепи.

Исследования процесса деформирования крепких пород проводились на шахте "Комсомольская". При сооружении квершлага гор. 960 м были оборудованы две замерные станции: первая - при пересечении выработкой слоистых песчаников ($\sigma_{сж} = 58-80$ МПа); вторая - в однородных песчаниках ($\sigma_{сж} = 80$ МПа). На первой замерной станции характер деформаций был следующим:

При смещениях породного контура выработки 90-100 мм наблюдалось расслоение пород без прогиба и радиального трещинообразования. При смещениях 120-140 мм расслоение развивалось в глубину до 1,8-2,0 м. отмечено появление радиальных трещин и прогиб отдельных слоев. При смещениях 160 мм и более наблюдалось интенсивное радиальное трещинообразование с раскрытием трещин 3-5 мм.

В однородных песчаниках (вторая замерная станция) процесс расслоения зафиксирован на 30 сутки наблюдений при смещениях 110 мм. При смещениях породного контура 140 мм трещины расслоения распространялись вглубь массива на 1,4-1,5 м и имели ширину раскрытия 5-10 мм. На 60 сутки наблюдений, при смещениях 160 мм, отмечено появление радиальных трещин и в дальнейшем смещения стабилизировались.

Аналогичные результаты были получены и на других замерных станциях и представлены на рис. I.

Анализ полученных данных позволил установить следующие последовательность и характер деформирования вмещающего выработку массива. Смещения породного контура выработки до 110-170 мм протекают без расслоения, прогибов слоев породы и радиального трещинообразования. Изменение степени нарушенности массива при этом не отмечается. После достижения смещениями величины 175-270 мм наблюдается интенсивное расслоение пород и начало развития радиальных трещин. Расслоение характерно как для слоистого, так и для однородного массивов. При слоистом массиве расстояние между плоскостями расслоения определяется контактами напластований. При однородном массиве толщ. а образуемых слоев непосредственно зависит от прочности пород и находится в пределах 0,25-1,5 м.

Глубина развития радиальных трещин не превышает 0,3 м, а ширина их раскрытия - 0,5 м. Смещения породного контура выработки на 250-450 мм характеризуются дальнейшим прогибом слоев и развитием радиальных трещин, глубина которых достигает 0,3-1,0 м, а ширина раскрытия 3-5 мм. Эти трещины распределяются относительно равномерно по периметру выработки, а угол наклона их к продольной оси выработки находится в пределах 80-90°. При дальнейшем росте смещений (более 450 мм) наблюдается интенсивное развитие радиальных трещин, практически не прогнозируемого направления, что обычно приводит к обрушению приконтурного массива и деформации крепи. При этом следует отметить, что при некачественном ведении проходческих работ, обрушение может произойти и на предшествующем этапе деформирования.

Установлена зависимость развития деформаций в глубину массива от величины пучения (при величине пучения 200-600 мм соответственно от 1,5 до 4м) и работоспособности постоянной крепи, характеризующейся межремонтным периодом (при том же изменении пучения межремонтный период снижается с 18 до 4 мес.).

Пучение нарушает режим работы выработки (вентиляцию, транспорт) и способствует повышению деформации пород кровли выработки, что снижает безопасность работ и повышает затраты на поддержание выработок.

Установленные последовательность и характер деформирования вмещающего выработку массива практически не зависят от прочности пород и глубины ведения горных работ. Однако завершенность процесса деформирования, а следовательно устойчивость выработки зависит от величины смещений пород на каждом этапе деформирования, которая непосредственно зависит от прочности пород и их напряженного состо-

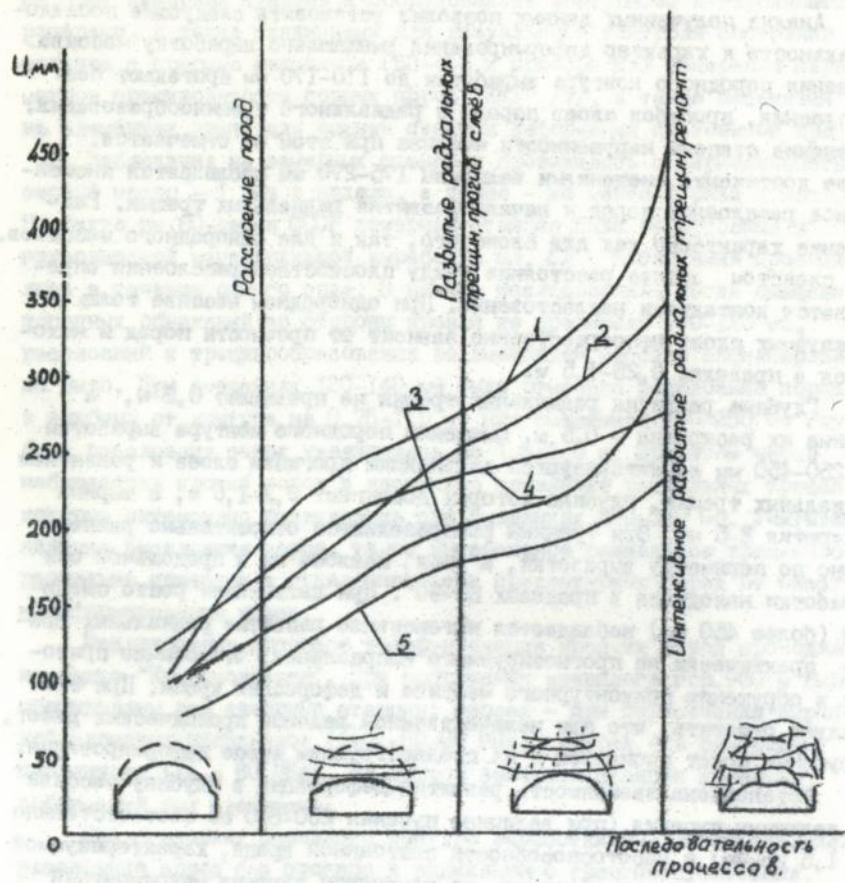


Рис. I Последовательность геомеханических процессов в массиве кровли выработки

- 1 - южный магистральный штрек гор. 915 м ш. Суходольская-Восточная, $\sigma_{сш} = 45$ МПа;
- 2 - квершлаг гор. 840 м ш. Новодружеская, $\sigma_{сш} = 48-52$ МПа;
- 3 - квершлаг гор. 900 м ш. Комсомольская, $\sigma_{сш} = 58-60$ МПа;
- 4 - квершлаг гор. 845 м ш. Менжинского, $\sigma_{сш} = 48-60$ МПа;
- 5 - откаточный штрек №25 гор. 790 м ш. им. Вахрушева, $\sigma_{сш} = 65-70$ МПа

ления. Поэтому своевременное применение способов охраны, направленных на увеличение прочности вмещающего выработку массива пород или снижение его напряженного состояния позволит повысить эксплуатационное состояние выработки и снизить затраты на ее поддержание.

В этой связи для условий шахт Донбасса были обоснованы и реализованы при сооружении горных выработок способы повышения их устойчивости на основе управления состоянием вмещающего массива с целью использования его несущей способности.

Как показало обследование состояния выработок, примерно, в 40% случаев ремонтные работы связаны с подрывкой пород почвы, при этом породы почвы 60% разрабатываемых пластов склонны к пучению /I/. Для борьбы с пучением пород почвы был обоснован и внедрен способ взрывоцелевой разгрузки породного массива /I,2,4,8,9,10,11/. Сущность способа заключается в искусственном создании в почве с обеих сторон выработки локальных областей пониженных напряжений. Такие зоны разрыхленных пород образуются при взрывании камуфлетных зарядов ВВ в шпурах, расположенных в почве под некоторым углом наклона к горизонту. Благодаря этому же в начальный период сооружения выработки максимальные напряжения перемещаются с контура выработки вглубь массива, что способствует образованию в почве выработки зоны, разгруженной от напряжений с минимальным расслоением пород без радиального трещинообразования.

Разрыхленные породы в локальных областях компенсируют боковые смещения со стороны массива и поэтому породные слои в разгруженной зоне не испытывают продольного сжатия и не смещаются в выработку.

Для определения параметров способа была решена задача о взаимодействии искусственно созданной разгруженной зоны, по величине равной длине разгрузочных шпуров, с нетронутым массивом, который рассматривался как однородная изотропная среда с гидростатическим полем напряжений. Граничные условия были приняты следующими: массив с искусственно созданной разгруженной зоной определенных размеров должен быть в равновесии, а смещения контура почвы в результате образования разгруженной зоны не должны превышать 0,2 м. Полученное решение корректировалось шахтными исследованиями. В результате были получены следующие параметры.

$$e_{ц} = \left(\frac{0,15 \gamma H}{\sigma_{сж}} \right)^{2A} \cdot \frac{B_2}{\cos \alpha} ; \text{ м} \quad (1)$$

где: γ - объемный вес пород, кН/м^3 ; H - глубина заложения

выработки, м; $\sigma_{сж}^M$ - предел прочности пород на сжатие в массиве, МПа; B_2 - ширина выработки вчерне, м; α - угол наклона разгрузочных шпуров к горизонту;

$$A = \frac{\sin \gamma}{1 - \sin \gamma};$$

где γ - угол внутреннего трения.

Масса заряда ВВ в разгрузочных шпурах:

$$Q = \epsilon_{ц} \cdot K \frac{\pi d^2}{4} \cdot \Delta; \text{ кг} \quad (2)$$

где K - коэффициент заряджения; d - диаметр патрона ВВ, м;

Δ - плотность патронирования, кг/м³

Расстояние между разгрузочными шпурами:

$$e = 2(0,66 - 0,92 \cdot 10^{-4} \sigma_{сж} + 0,33 \cdot 10^{-4} u \cdot Q)^{\sqrt[3]{Q}}; \text{ м} \quad (3)$$

где $\sigma_{сж}$ - предел прочности породы на сжатие в образце, МПа;

u - идеальная работа взрыва ВВ, кДж/кг.

Опытно-промышленная проверка и внедрение способа осуществлялись на шахтах "Луганская "Г" ПО "Луганскуголь", им. 60-летия СССР ПО "Свердловскантрацит".

На шахте им. 60-летия СССР по "Свердловскантрацит" способ был испытан при проведении на гор. 585 м бортового хода по пласту угля мощностью 0,9-1,1 м с двухсторонней подрывкой боковых пород. Породы кровли пласта представлены песчано-глинистыми сланцами с $\sigma_{сж} = 42,8$ МПа, мощностью до 10 м. Почва пласта - глинистые сланцы с $\sigma_{сж} = 25,3$ МПа, мощностью 1,5 м и песчаные сланцы с $\sigma_{сж} = 62,4$ МПа, мощностью до 5 м. Выработку проводили буровзрывным способом площадью сечения в свету 9,6 м² и крепили пятизвеньевой арочной крепью. Длина экспериментального участка 60 м. Работы по разгрузке породного массива выполняли в забое выработки одновременно с работами проходческого цикла. Разгрузочные шпуры длиной 2,7 м бурили через 0,8 м, с углом наклона к горизонту 30°. Число одновременно взрываемых разгрузочных шпуров 8, масса заряда ВВ (Т-19) в одном шпуре 600 г.

Для сравнения состояния бортового хода на контрольном и экспериментальном участках были оборудованы замерные станции. За первые 10 суток наблюдений смещение пород почвы составило (рис. 2) на контрольном участке 20 мм (1), на экспериментальном 30 мм (2). Интенсивность смещений на контрольном (3) и экспериментальном участках (4).

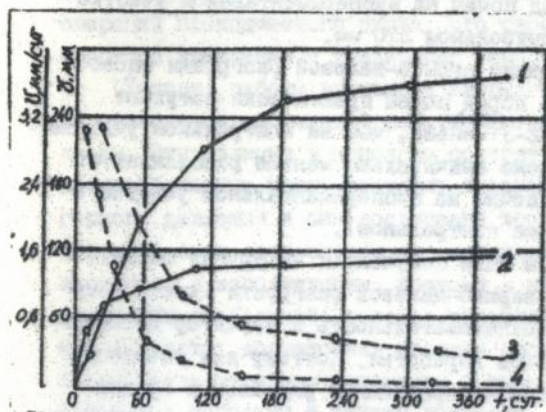


Рис. 2. Характер смещений пород почвы

1; 2 - величины смещений на контрольном и экспериментальном участках

3; 4 - соответственно интенсивность смещений

Это объясняется тем, что на экспериментальном участке в начальный период зона разгрузки в почве выработки образуется быстрее. В последующие 20 суток смещения пород почвы составили на контрольном участке 52 мм, на экспериментальном 40 мм. Общие смещения пород почвы за 60 суток составили: на контрольном участке 140 мм, на экспериментальном 82 мм. Следует отметить, что на контрольном участке смещения продолжали нарастать, не обнаруживая тенденции к затуханию, а на экспериментальном участке наблюдался явно выраженный характер затухания смещений.

Инструментальные наблюдения на экспериментальном участке шахты им. 60-летия СССР продолжались в течение 400 суток. За этот период смещение пород почвы на экспериментальном участке достигало 120 мм, а на контрольном 270 мм.

Таким образом, применение взрыво-щелевой разгрузки способствует тому, что смещения пород почвы практически затухают через два-три месяца и в 2-3^{раза} меньше, чем на контрольном участке. При этом в разгрузочной зоне значительно меньше расслаиваются породы (расслоение пород почвы на экспериментальном участке в 2 - 2,5 раза меньше, чем на контрольном).

Аналогичные результаты были получены и на других шахтах. Вместе с тем, применение взрыво-щелевой разгрузки практически не оказывает влияния на последовательность и характер деформирования пород кровли и боков выработки. Поэтому для повышения их устойчивости и недопущения образования радиальных трещин (2 и 3 этап деформирования) необходимо создавать систему "крепь-порода" уже в начальный момент проведения выработки. Такое активное вмешательство в процессе деформирования (образования зоны неупругих деформаций) может быть осуществлено за счет применения в забойной части выработки рациональной временной крепи, которая, упрощая технологию крепления в целом, улучшила бы условия поддержания горных выработок и при этом обеспечивала надежную защиту призабойного пространства от возможных обрушений пород или предупреждала эти обрушения. Последнее особенно важно, так как именно в призабойных участках выработок фиксируется до 40-50% случаев травмирования (I2) за счет обрушения пород, распределение которых по процессам проходческого цикла характеризуется следующими данными (I, I2); приведение забоя выработки в безопасное состояние - 10%; бурение шпуров - 17%;

уборка породы - 15%; крепление - 50%; прочие работы - 8%, т.е. наибольшее количество обрушений происходит во время производства работ по креплению. Это объясняется несовершенством конструкций временных крепей и необходимостью их удаления при возведении постоянной крепи, из-за чего проходчики работают в раскрепленном пространстве.

Проведенный анализ технико-экономических показателей конструкций временных крепей показал, что наиболее полно указанным требованиям отвечает временная набрызгбетонная крепь (I,3), применение которой не только улучшает условия поддержания горных выработок, но и позволяет отделить (по месту ведения работ) процесс возведения постоянной крепи от прочих операций проходческого цикла, что способствует механизации процесса крепления и увеличению темпов проведения выработок.

Условия работы временной набрызгбетонной крепи существенно отличаются от условий работы постоянной набрызгбетонной крепи. Эти отличия в основном состоят в том, что временную набрызгбетонную крепь возводят в зоне интенсивного проявления горного давления и она подвержена воздействию взрывных нагрузок, при этом срок службы ее ограничен. Крепь должна быстро вводиться в эксплуатацию, поэтому к ней предъявляют ряд дополнительных требований: высокая прочность набрызгбетона в раннем возрасте; достаточная несущая способность; хорошая сопротивляемость взрывным нагрузкам и высокая прочность сцепления с горными породами в раннем возрасте.

Для обоснования возможности применения набрызгбетонной крепи в качестве временной был выполнен комплекс исследований (I,3,6,13,14), которые показали, что наиболее рациональным для временной крепи составом набрызгбетонной смеси является цементно-песчаный при соотношении компонентов 1:3 и добавлением в качестве ускорителя схватывания фтористого натрия в количестве 4% от массы цемента или силиката натрия - 6%. Этот состав смеси позволит получить набрызгбетон с высокой ранней прочностью (0,75 - 0,9 МПа через I час после затворения), что обеспечивает надежную защиту призабойного пространства выработки от возможных обрушений пород.

В дальнейшем, используя опыт применения быстротвердеющих бетонов при сооружении шахтных стволов (I5), совместно с ВНИИОМШСом были разработаны указания по приготовлению и приме-

нению бетонов и растворов при возведении крепи горных выработок (I6).

При отрыве набрызгбетона от породной поверхности разрушение, в основном, происходит не по контакту его с породой, а по бетону, что подтверждает реальность создания системы "набрызгбетон-порода" сразу после возведения крепи. Величина сцепления (адгезии) через I час после нанесения набрызгбетона равна 0,17-0,18 МПа. Это объясняется проникновением набрызгбетонной смеси в мельчайшие трещины и неровности породы. При ширине раскрытия трещин I мм и больше глубина проникновения смеси достигает 16-20 см, что обеспечивает достаточно качественное укрепление приконтурного породного массива. Была получена зависимость глубины проникновения набрызгбетонной смеси от ширины раскрытия трещин:

$$\begin{aligned} k_{ц.п.} &= 32,7 \cdot b - 1,6 \cdot b^2 - 9,6; \text{ мм} \\ k_{ц.} &= 22,5 \cdot b - 0,95 b^2 - 0,9; \text{ мм} \end{aligned} \quad (4)$$

где $k_{ц.п.}$ и $k_{ц.}$ - соответственно глубина проникновения в трещины цементно-песчаного и цементного растворов, мм

b - ширина раскрытия трещин, мм

Полученные результаты полностью подтвердились при проведении шахтных исследований состояния массива горных пород с помощью прибора для измерения параметров трещиноватости (7).

Несмотря на непрерывный рост комбайновой проходки, протяженность выработок, сооружаемых буровзрывным способом, все еще остается преобладающим (I7). В этой связи были проведены исследования сопротивляемости временной набрызгбетонной крепи взрывным нагрузкам. Оценивалось влияние взрывных работ, производимых в забое горной выработки, на сцепление набрызгбетона с породной поверхностью и общее состояние набрызгбетонного покрытия. В результате было установлено, что при возведении временной набрызгбетонной крепи вплотную к забою выработки, от воздействия взрывных работ, крепь деформировалась на участке до 0,5 м. Участки крепи, удаленные от забоя на 0,5 м и более деформаций не имели, а наблюдавшиеся небольшие нарушения набрызгбетонного покрытия, вызванные ударами разлетающихся при взрывных работах кусков породы, легко восстанавливались при креплении очередной заходки. Влияние взрывных работ на величину сцепления набрызгбетона с породной поверхностью не отмечено.

Одной из основных особенностей временной набрызгбетонной крепи является ее ограниченный срок службы (промежуток времени от момента нанесения набрызгбетонного покрытия до момента введения постоянной крепи). Величина его определяется временем реализации критических смещений контура выработки, т.е. смещений, при которых возможны трещинообразования в набрызгбетонном покрытии. На основании обработки результатов шахтных инструментальных наблюдений была получена зависимость величины критических смещений от ширины выработки:

$$U_{кр} = 3,89 - 0,011B + 0,36 \cdot 10^{-4} B^2; \text{ м} \quad (5)$$

где $U_{кр}$ - величина критических смещений, 10^{-2} м;

B - ширина выработки в метрах, 10^{-2} м.

Как показали шахтные исследования временной набрызгбетонной крепи (шахты "Нагольчанская" I-2 п/о "Антрацит", "Луганская" № I п/о "Луганскуголь"), критические смещения реализуются при слабых породах ($f < 4$) в течение 10-12 суток, породах средней крепости ($f = 4+6$) - 15-17 суток; в крепких породах ($f > 6$) - 25-30 суток.

Для проведения опытно-промышленных испытаний и внедрения набрызгбетонной крепи, под непосредственным руководством автора, в комбинате "Луганскшахтострой" были созданы машины для мокрого набрызгбетонирования МНБ-I и "Наита" (5,6,18,19). Это было вызвано тем, что в настоящее время отечественная промышленность серийно выпускает только машины для сухого способа набрызгбетонирования типа ЕМ и ПЕМ. Существенными недостатками этих машин являются: большое пылевыведение при производстве работ; значительные потери материалов (до 30%) за счет отскока смеси от породной поверхности; необходимость применения компонентов сухой смеси с ограниченной влажностью (до 2%), что требует предварительной сушки песка.

Мокрый способ набрызгбетонирования позволяет практически полностью устранить эти недостатки и улучшает качество набрызгбетонного покрытия.

Машина для мокрого набрызгбетонирования состоит из бетономешалки, растворонасоса, емкости для ускорителя схватывания и трубопровода с соплом. Все узлы машины смонтированы на базе от шахтной вагонетки. После приготовления бетонная смесь подается

растворонасосом в трубопровод, а затем в сопло, к которому дополнительно подводится сжатый воздух, сообщаящий смеси необходимую скорость. Одновременно по другому шлангу в сопло подается добавка ускорителя схватывания в жидком виде.

Временная набрызгбетонная крепь прошла промышленные испытания и была внедрена на шахте "Нагольчанская" I-2 п/о "Антрацит".

Так, при сооружении околоствольного двора гор. 960 м крепь была внедрена на участке протяженностью 490 м. Выработки сечением в проходке 7,6-16,0 м² проводились в песчаниках основной кровли пласта h_g . Песчаник прочный ($\sigma_{сж} = 80-90$ МПа), сильно трещиноватый. К нанесению набрызгбетонного покрытия толщиной 30-40 мм, приступали сразу после производства взрывных работ и проветривания забоя выработки. Наблюдения за состоянием крепи проводились в течение 2 месяцев, деформаций ее при этом обнаружено не было. Применение временной набрызгбетонной крепи позволило заменить постоянную монолитную бетонную крепь, толщиной до 350 мм, на набрызгбетонную, толщиной 80 мм.

Учитывая положительные результаты внедрения временной набрызгбетонной крепи, а также то, что в настоящее время около 80% выработок крепят металлической арочной крепью из СВП, несущей способности которой недостаточно для стабилизации процесса деформирования пород на начальном этапе, была разработана и успешно внедрена комбинированная крепь АНТ (арка, набрызгбетонное покрытие, тампонаж закрепного пространства) (5, 18, 19, 20). Возведение крепи осуществляется в три этапа. Вначале устанавливают арки из спецпрофиля СВП и межрамное ограждение. С отставанием 50-100 м на заходке длиной 40-50 м наносят на поверхность арок и железобетонных затяжек набрызгбетонное покрытие толщиной 10-20 мм.

Тампонаж закрепного пространства производился с отставанием на 50-100 м от места нанесения набрызгбетона. Замоноличенная забутовка также воспринимает часть горного давления и выравнивает нагрузки по периметру арки, значительно улучшая условия ее работы.

Кроме этого, набрызгбетонное покрытие создает продольную жесткость крепи, а в сочетании с тампонажным камнем обеспечивает защиту металла от коррозии и повышает срок службы металлической арки.

Проведенное технико-экономическое сравнение конструкций крепи, для условий выработок окрествольных дворов гор. 750 и 915 м шахты "Суходольская-Восточная" (табл.1) показало, что крепь АНТ по грузонесущей способности близка к металлобетонной, однако трудоемкость ее возведения в 1,7 раза ниже, а стоимость на 20% меньше (в ценах 1991 г.).

Таблица 1

Показатели	Вид крепи		
	арочная из СВП	металлобетонная	АНТ
Несущая способность, кН	до 100	250	220
Прямые нормируемые затраты на крепление 1 м выработки, руб.	254,93	382,16	319,67
Трудозатраты на крепление 1 м выработки, чел/смен	3,37	7,68	4,57

Внедрение комбинированной крепи позволило комбинату "Дуганск-шахтострой" уменьшить объемы ручного труда и увеличить темпы проведения выработок. Вместе с тем, при применении традиционных тампонажных растворов, образующийся тампонажный камень обладает незначительной усадкой, что вызывает концентрацию нагрузок на крепь и приводит к излишнему расходу строительных материалов. С целью устранения этого недостатка был разработан и испытан новый тампонажный раствор (2I), включающий цемент, песок, воду и инертный наполнитель, в качестве которого использовались древесные опилки. Соотношение ингредиентов по весу (в процентах) при этом было установлено следующее: цемент 16-20; песок 17-21; древесные опилки 5-20; остальное вода. Испытания кубиков размерами 60х60х60 мм, при одноосном нагружении позволили получить следующие деформационные характеристики (табл.2).

Таблица 2

Добавки, опилок, вес, %	Относительная усадка, %		Предельные разрушающие напряжения, МПа
	При переходе в неупругое деформирование	В момент разрушения	
5	4	20	10,0
10	6	30	7,0
15	8	40	4,0
20	10	50	1,0

Как видно из таблицы, величина усадок образцов имеют диапазон от 4 до 50%, что позволяет использовать такие тампонажные растворы в сложных горногеологических условиях.

Аналогичный состав смеси, но при следующем соотношении ингредиентов (вес, %) можно использовать для изготовления сборной блочной крепи (22): цемент 22-30; песок 16-20; древесные опилки 5-10; остальное вода. Для получения сравнительных данных проводились испытания кубиков, размерами 60х60х60 мм, приготовленных из смеси данного состава и смеси для бетона марки 300. В результате было установлено, что по предлагаемому способу изготовления блочной крепи относительный процент усадки образцов составляет от 15 до 20% при разрушающих напряжениях от 18 до 10 МПа. В то же время величина усадки образцов при традиционном способе изготовления крепи составляет 2,5%, при разрушающем напряжении 19 МПа.

Использование разработанного состава для изготовления сборной крепи по сравнению с существующими материалами обеспечивает следующие преимущества:

- возможность изготовления блочных крепей с различными характеристиками податливости;
- крепи, изготовленные таким способом, обладают однородным строением, что обеспечивает равномерное распределение на нее нагрузок и существенно снижает вес крепи;
- возможность изготовления крепей с различными несущими способностями.

С целью снижения стоимости крепления и повышения безопасности работ был разработан и испытан новый способ упрочнения массива горных пород (23), сущность которого заключается в активной разгрузке породного массива от повышенных напряжений и последующим упрочнением. При этом разгрузка массива и его упрочнение осуществляется впереди забоя выработки.

Разработанные способы повышения устойчивости горных выработок включены в утвержденные Минуглепромом СССР "Технологические схемы поэтапного поддержания капитальных горных выработок на основе разгрузки породного массива от повышенных напряжений" (24) и широко используются на шахтах. Так, на шахте "Красный партизан" внедрение крепи АНГ вместо металлобетонной при проведении квершлага № 2 конвейерного моста гор. 790 м и грузовой ветви околоствольного двора гор. 1200 м позволило получить эконо-

мический эффект 840 т.р. и достигнуть экономии: цемента 1913 тн; леса 185 м³; металла 28 тн. На шахте им. 60-летия СССР с внедрением крепи АНТ на гор. 685 м получен экономический эффект 75 тыс. рублей и сэкономлено: цемента - 101 тн; леса 71 м³; металла - 13 тн. Всего в комбинате "Лугансшахтострой" этим видом крепи закреплено более 15 км горных выработок.

Внедрение взрыво-целевой разгрузки пород почвы на шахтах "Луганская" № 1 п.о. "Луганскуголь", имени 60-летия СССР п.о. "Свердловантрацит", "Новодружеская" п.о. "Лисичанскуголь", "Горская" п.о. "Первомайскуголь" и др. позволило получить экономический эффект более 1 млн. рублей. В целом комплекс внедренных на шахтах решений по повышению устойчивости горных выработок имеет также большое социальное значение, поскольку существенно улучшаются условия и безопасность труда горнорабочих.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации даны научно обоснованные технологические разработки и технические решения, заключающиеся в использовании способов управления геомеханическими процессами и уменьшении их вредного воздействия на сооружение и поддержание горных выработок для эффективного и безопасного ведения горных работ в сложных условиях больших глубин.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Установлен характер и последовательность геомеханических процессов породного массива в окрестностях выработки при ее сооружении и последующей эксплуатации. Последовательность геомеханических процессов характеризуется смещением породного контура выработки, расслоением массива, прогибом отдельных слоев и радиальным трещинообразованием. Научно и количественно обоснованы критерии оценки каждого из этих процессов, позволяющие выбрать и оптимизировать параметры дополнительных мероприятий по управлению ими в конкретных горногеологических и технических условиях ведения горных работ на различных стадиях использования выработок.

2. Установлена целесообразность выполнения дополнительных мероприятий по управлению геомеханическими процессами в начальной стадии их развития (в забойной части выработки), что снижает нарушенность массива и предупреждает вероятность "завалов" выработок.

3. Установлено качественное и количественное влияние пучения пород почвы выработки на глубину развития деформаций пород кровли и работоспособность постоянной крепи, которая оценивалась межремонтным периодом, характеризуемым продолжительностью эксплуатации крепи до первого ремонта.

4. Обоснована и практически реализована локальная разгрузка породного массива, обеспечивающая управление геомеханическим процессом – пучение пород и снижающее его отрицательное влияние на эксплуатационное состояние выработки в период срока ее практического использования. Установлены параметры способа взрывошелевой разгрузки /ВШР/ для конкретных горногеологических и технических условий в зависимости от характера и величины пучения.

5. Обоснован и внедрен способ АРШУ / активная разгрузка и последующее укрепление/, являющийся разновидностью ВШР и предназначенный для предупреждения пучения на участках стационарного оборудования в выработках.

6. Обоснован и практически реализован способ укрепления породного массива, обеспечивающий управление геомеханическими процессами в кровле выработки. Предложены /разработанные на уровне изобретения/ составы тампонажных растворов, снижающие расход цемента на 10–20% и затраты на поддержание выработки на 5–10%. С этой же целью проведены промышленные испытания и внедрены временная набрызгбетонная крепь, комбинированная постоянная крепь АИТ /арка, набрызгбетонное покрытие, тампонаж закрепного пространства/ и сплошная крепь из блоков повышенной податливости. Эти предложения позволяют реализовать вопросы управления геомеханическими процессами в период сооружения выработки.

7. Разработки и рекомендации диссертационной работы реализованы при сооружении и последующем поддержании подготавливающих и подготовительных выработок / в том числе и попадающих в зоны последующего влияния очистных работ/ протяженностью более 15 км. на шахтах "Луганская" №1 п.о. "Луганскуголь", "Самсоновская – Западная" и "Суходольская – Восточная" п.о. "Краснодонуголь", "Красный партизан" и им.60 летия СССР п.о. "Свердловантрацит", "Горская" п.о. "Первомайскуголь" и других, что позволило получить реальный экономический эффект 4,1 млн.рублей в год /долевое участие автора составляет 20%/.

Основные научные и практические результаты диссертации опубликованы в следующих работах.

1. К.В. Кошелев, А.Г. Томасов, В.Л. Самойлов, И.И. Бурма
Крепление и охрана выработок в сложных горногеологических условиях, - К.: Техника, 1986 - 110с.
2. Кошелев К.В., Бурма И.И., Куракалов А.Н., Томасов А.Г.
Шахтные исследования способа взрывоцелевой разгрузки породного массива / Уголь Украины - 1979, - №7 - С.24-25.
3. К.В. Кошелев, И.И. Бурма, Ю.А. Петренко, В.Е. Александров
Временная набрызгбетонная крепь. // Крепление, поддержание и охрана горных выработок: Сб. научн. трудов ИГД СО АН СССР - Новосибирск. 1979 г. - С.14-17.
4. К.В. Кошелев, А.Г. Томасов, И.И. Бурма, А.Н. Куракалов
Способ предупреждения пучения пород почвы. // Горное давление в капитальных и подготовительных выработках; Сб. научн. трудов ИГД СО АН СССР - Новосибирск, 1979 - С.14-16.
5. Бурма И.И. Опыт крепления набрызгбетоном горизонтальных и наклонных выработок в комбинате "Луганскшахтострой". // Строительство предприятий угольной промышленности. - М: ЦНИИУголь, 1981 - №7 - С.
6. Бурма И.И., Герасимчук Д.А., Кошелев К.В., Петренко Ю.А.
Результаты промышленных исследований временной набрызгбетонной крепи. // Уголь Украины - 1981 - №3 - С.42.
7. А.С. 1687777 СССР, МКИ В 21С 39/00. Устройство для измерения параметров трещиноватости горных пород / Ю.З. Заславский, А.И. Ефимов, В.В. Ковшов, А.Г. Шарабарин, Е.Б. Дружко, И.И. Бурма, Э.К. Фролов - Опубл. в В.И., 1991 №9.
8. Кошелев К.В., Бурма И.И., Куракалов А.Н., Томасов А.Г.
Совершенствование способов поддержания основных выработок глубоких горизонтов шахт Донбасса. // Строительство предприятий угольной промышленности - М: ЦНИИУголь, 1979, - №12 - С.7-9.
9. Кошелев К.В., Бурма И.И., Куракалов А.Н., Томасов А.Г.
Меры предупреждения вспучивания пород почвы при комбайновом способе проведения выработок. // Тез. докл. распубл. конф., 1979 - Донецк, 1979 - С 26-28.
10. Кошелев К.В., Бурма И.И., Томасов А.Г., Куракалов А.Н.
Охрана выработок способом взрывоцелевой разгрузки массива. // Разраб. месторождений полез. ископаемых: Расп. межвед. научн. техн. сб. Киев. Техника, 1980 - №57 - С.14-17.

11. Кошелев К.В., Бурма И.И., Куракалов А.И., Томасов А.Г. Применение взрывоцелевой разгрузки породного массива. //Шахтное строительство, 1981 - № 7. - С.14-15.

12. И.И. Бурма. Техника безопасности в шахтном строительстве. - К: Буд вельник, 1980. - 76с.

13. Кошелев К.В., Бурма И.И., Петренко Ю.А., Любимов Ю.В. Временная набрызгбетонная крепь основных выработок, сооружаемых буровзрывным способом. //Строительство предприятий угольной промышленности. - М.: УНИИЭУголь, 1980. - № 3 - С.11-12.

14. Бурма И.И., Герасимчук Д.А., Петренко Ю.А., Любимов Ю.В. Крепление горных выработок набрызгбетонной крепью на шахте "Нагольчанская" I-2. //Строительство предприятий угольной промышленности. - М.: ЦНИЭУголь, 1981. - № 1. - С.6-7.

15. Друцко В.П., Бештейн С.А., Бурма И.И., Ишина Е.И. О применении быстротвердеющих бетонов при сооружении шахтных стволов. //Шахтное строительство. - 1985. - № 8. - С.18.

16. Косков И.Г., Бурма И.И., Ягодкин Ф.И., Друцко В.П. и др. Инструкция по приготовлению и применению бетонов и растворов на горных выработках угольных шахт. РД 12130055-87. - Х: ВНИИОМШС, 1987, - с.102.

17. Бурма И.И. Комбайновое проведение горных выработок в комбинате "Ворошиловградшахтострой". //Пути повышения производительности труда в шахтостроительных организациях Украины. - М.: ЦНИЭУголь, 1978. - № 6, - с.6-7.

18. Рева, Бурма И.И. Опыт снижения объемов вспомогательных и ручных работ по проведению подготовительных выработок. //Строительство предприятий угольной промышленности. - М.: ЦНИЭУголь, 1979. - № 12. - с.11-12.

19. Бурма И.И. Скоростная проходка выработок околоствольного двора. //Информационный листок ВЦНТИ, сер.50, Шахтное строительство. - 1984. - № 84 - 222.

20. Бурма И.И. Интенсификация строительного производства в комбинате "Ворошиловградшахтострой". //Уголь Украины, 1986. - № 9. - с.25-29.

21. А.с.922286 СССР, МКИ Е21С 21/00. Тампонажный раствор. /Ю.М. Басинский, И.И. Бурма, М.П. Морозов, В.А. Борисовец /СССР/. № 2971368/22-03; Заявлено 08.08.80; Опубл. 23.04.82. Бюл.№ 15.

22. А.С.934029 СССР, МКИ Е21Д 11/14. Состав смеси для изготовления сборной блочной крепи горных выработок. /Ю.М.Васинский, И.И.Бурма, М.П.Морозов, К.А.Ардашев /СССР/ - № 2970472/22-03; Заявлено - 08.08.80; Опубл. 07.06.82. Бюл.№ 21.

23. А.С.1351275 СССР, МКИ Е21Д 11/10. Способ упрочнения массива горных пород. /Г.Г.Литвинский, И.И.Бурма, Д.А.Герасимчук, Э.В.Самсонов, В.В.Сиротюк /СССР/, - №4038352/22-03; Заявлено 15.01.86; Опубл. 08.07.87. Бюл.№14.

24. К.В.Кочелев, И.И.Бурма, Ю.А.Петренко, А.О.Новиков и др. Технологические схемы поэтапного поддержания капитальных горных выработок на основе разгрузки породного массива от повышенных напряжений. РД.12.18.096-90 - Минуглепром СССР, Донецк-Харьков, ВПИИОМШ, 1990 - 72с.

467473

AB 25.592
AB 25.592