

пропонованому вище варіанті прилад легше реалізувати в польовому чи шахтному виконанні. Крім того, його виготовлення та експлуатація мають бути значно дешевшими.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Усаченко Б.М., Яланский А.А., Паламарчук Т.А., Сергиенко В.Н. Научные и приборные разработки для геофизической экспресс-диагностики состояния шахт, карьеров и гидротехнических сооружений. – Горный вестник Узбекистана. - № 2, 1998. – С. 84 – 86.
2. Пат. Франції 2133283, МКВ E21C 39/00. Methode et dispositif de classification á partir de sondages par percossion applicable notamment á la reconnaissance des dalles et blocs dangenz dans les mines; G. De Montille (Фр.); Agence National de Valorisation de la rechnerche (Фр.). - № 7113320; Заявлено 15.04.71; Оpubл. 24.11.72.
3. Пат. 3937065 США, МКИ<sup>5</sup> G01N 29/04. Delamination detector; W. Moore and G. Swift (США). - № 7113320; Заявлено 15.05.72; Оpubл. 27.10.73; НКИ 73-67.
4. Ямщиков В.С. и др. Физические основы акустического метода определения дефектов связи упругих слоев с основанием. /Ямщиков В.С., Сидоров Е.Е., Бауков Ю.Н.// Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1979. - № 3. – С. 110.
5. Яланский А.А. Особенности геофизического экспресс-контроля породного массива методом спектрального анализа // Материалы конференции «Проблемы гидрогеомеханики в горном деле и строительстве» 8 – 10 октября 1996 г. в г. Киеве. – К., 1996. - С. 104.

**УДК 622.831:622.016 22**

С.П. Мусиенко

### **ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ТАМПОНАЖА**

Розглянуті геомеханічні та гірничотехнічні аспекти підвищення стійкості гірничих виробок з застосуванням тампонажу, наведено передумови розробки технологій створення різноглибинної, різнонаправленої та різножорсткої породобетонної оболонки.

### **THE GEOMECHANICAL AND MINING ASPECTS OF INCREASE OF THE EXCAVATIONS STABILITY BY CEMENTATION**

It is examined the geomechanical and mining aspects of increase of the excavations stability by cementation, and it is demonstrated the prerequisites of making of the concrete-rock casing which has a various depth, a various direction and a various rigidity.

Многообразие условий сооружения горных выработок обуславливает необходимость анализа и обобщения параметров процессов протекающих вблизи горных обнажений. В первую очередь необходимо знать механизм разрушения и количественные показатели состояния приконтурных пород с точки зрения использования свойств пород для поглощения деформаций смещающегося массива, а также возможности вовлечения их в охранный конструктив крепи путем использования несущей способности массива пород с учетом возможной модификации их свойств и управления процессом разрушения.

Результаты шахтных натуральных наблюдений за смещением пород и формированием зоны неупругих деформаций (ЗНД) вокруг выработок, полученные различными исследователями, позволяют расширить представления о механизме деформационных процессов в породном массиве.

По мнению Б.М. Усаченко, смещение пород на контуре выработок доступно прямому измерению и отражает в себе результат всей сложной совокупности проявлений горного давления: процессов разрушения, релаксации напряжений и ползучести, выветривания и старения пород, влияния технических, гравитационных сил и очистных работ, т.е. всего комплекса факторов, которые не всегда поддаются учету на теоретическом уровне [1]. Натурные наблюдения по глубинным замерным станциям, проведенные Л.К. Нейманом и О.М. Мельниковым, показывают, что в условиях глубоких шахт доля упругих и пластических деформаций пород в окрестности выработок не превышает 10%. Основные смещения пород в полость выработок, по данным авторов, происходят за счет увеличения объема пород при их разрушении [2].

Общепризнанна важность знания литолого-структурных и физико-механических свойств для проектирования, строительства и эксплуатации горных выработок и подземных сооружений. Однако практика показывает, что на период проектирования сооружения данные о свойствах и состоянии пород для одних условий оценены более достоверно, других – менее определенно или условно, некоторые вообще принимаются априорно. К этому добавим, что к моменту применения упрочняющих технологий эти данные могут существенно отличаться от фактических параметров геотехнической системы, поскольку технологические воздействия при строительстве объекта вызывают возмущения в геосреде, приводящие к взаимообусловленным изменениям в литолого-геомеханической системе, которая в свою очередь, оказывает влияние на инженерные конструкции. Это свидетельствует о том, что геотехническая система всегда состоит из природной и технологической компонент, взаимодействие которых, во-первых, происходит в определенных границах формирующей системы взаимосвязей строительной технологии с частью литосферы, а во-вторых, - характер и интенсивность их взаимодействия определяется величиной и направленностью технологических воздействий, а также видом и уровнем ответных реакций литосферы на эти воздействия

Натурные наблюдения, выполненные на шахте им. Героев Космоса в 1 и 2-м западных магистральных откаточных штреках горизонта 370 м и 3-м восточном магистральном откаточном штреке горизонта 470 м, а также на шахте им. Ленинского комсомола Украины в 3-м восточном магистральном штреке гор. 580 м [3] позволили получить данные об изменении литолого-структурных характеристик продуктивной толщи и физико-механических свойств вмещающих пород. Объектом исследования выбраны выработки, охраняемые различными способами, как в нетронутом массиве, так и в охранных угольных целиках, т. е. вне зоны и в зоне влияния очистных работ.

Анализ полученных данных показал, что искусственная трещиноватость массива пород наблюдается на расстоянии от контура выработки до 7 - 7,2 м. По характеру расположения трещин горного давления породный массив был разбит на перемежающиеся вертикальные участки, представляющие собой зоны с различной степенью разрушения пород. Однозначно выделяются три сильно разрушенных зоны пород, которые разделены между собой ненарушенными зонами, характеризующимися высокой сплошностью массива. Характер

формирования трещиноватости массива пород подчинялся определенной закономерности. Зоны сильно разрушенных пород содержат одну или две магистральные (открытые) трещины, пересекающие породное обнажение на всю Ширину каждой зоны сильно нарушенных пород не постоянна и изменяется от 0,4 до 1,8 м. Первая, ближайшая к выработке зона имеет наибольшую мощность 1,5 - 1,8 м. Как правило, она характеризуется и наибольшей степенью разрушения пород. В ее пределах породы разбиты на отдельные блоки, ограниченные вертикальными трещинами с расстоянием 0,1 - 0,3 м. По форме эта зона повторяет контур выработки. Вторая зона деформированных пород определена на расстоянии 2,9 - 3,2 м от контура выработки и отделяется от первой зоны практически ненарушенным массивом шириной 1,2 - 1,7 м. Эта зона имеет несколько меньшую мощность 0,8 - 1,2 м, ограничивается двумя магистральными трещинами, соединенными между собой оперяющимися их трещинами. Третья зона разрушения представлена одной магистральной трещиной и серией оперяющих трещин, ее мощность не превышает 0,4 - 0,6 м. Однако ширина ненарушенного массива пород, отделяющего ее от второй зоны, составляет 1,6 - 2 м, т. е. несколько больше, чем между предыдущими зонами разрушения. Последняя зона искусственной трещиноватости породного массива наблюдается на удалении от контура выработки, равном 7 - 7,2 м.

Важно отметить, что блоки пород, ограниченные трещинами горного давления, были смещены относительно друг друга по вертикали на величину до 5 - 10 мм. Это позволяет предполагать, что механизм разрушения пород в массиве реализуется в виде отрыва и последующего вертикального сдвига [3,4].

По многочисленным данным натуральных наблюдений [5] участка протяженностью 365 м, вскрытого забоем присечного штрека породного обнажения в боках исследуемой выработки, выявлен характер деформирования массива пород. В боках выработки формируются зоны с различной степенью нарушения углепородного массива. Размеры этих зон и сам характер трещиноватости имеют определенную закономерность. Зоны сильно нарушенных пород отделяются друг от друга практически ненарушенными участками массива. Как правило, наблюдали четыре зоны разрушения:

Наблюдаемые зоны разрушения разделены между собой зонами практически ненарушенных пород, мощность которых в отличие от первых возрастает с удалением от контура выработки. Так, между первой и второй зонами разрушения мощность ненарушенных пород составляла 1,1 - 1,5 м, между второй и третьей 1,4 - 1,8 м, а между третьей и четвертой 1,7 - 2,3 м.

В исследуемой пластовой выработке так же, как и в полевой выработке, блоки пород, ограниченные магистральными трещинами, были смещены по вертикали относительно друг друга. Однако в отличие от полевой выработки в пластовой, пройденной по угольному пласту, использование последнего в качестве маркирующего горизонтального слоя позволило измерить абсолютную величину вертикальных смещений блоков пород в боках выработки. Установлено, что она изменяется от долей сантиметра до нескольких десятков сантиметров [6].

В пределах первой зоны разрушения угольный пласт и вмещающие породы резко изгибаются вниз к почве выработки на величину 0,5-0,6 м, причем с проворотом вертикальных блоков относительно друг друга. Блок ненарушенных пород, заключенный между первой и второй зонами разрушения, смещается по вертикали на 0,2 - 0,3 м, а между второй и третьей на 0,16 - 0,22 м. При этом более близкий к выработке блок смещен вниз по отношению к соседнему, более удаленному. Таким образом, в блоках выработки по направлению к ее контуру имеет место ступенчатое опускание блоков пород [6].

Наблюдениями за деформацией пород в почве выработок установлено, что пучение почвы является результатом сдвижения слоев пород в горизонтальной плоскости, в связи с чем они разрушаются на отдельные блоки и перемещаются в полость выработки, образуя складки в виде шатра [7]. После подрывок почвы процесс деформирования пород вокруг выработки интенсифицируется, а слои пород в почве проворачиваются практически до 90°.

Деформационные процессы предельно напряженных пород вокруг выработки связаны с хрупким разрушением, отрывными явлениями и образованием разнопрочных породных зон. Можно утверждать о своеобразной дезинтеграции горных пород вокруг выработки и, рассмотрев с позиций, высказанных в работах [8, 9]. Вместе с тем в слабых, неустойчивых породах наблюдаемый процесс имеет ряд специфических особенностей. В боках выработки образуются упорядоченные зоны из разрушенных пород с магистральными трещинами и заключенными между ними относительно ненарушенными породами. Под воздействием различных нагрузок в боках выработки блоки пород перемещаются вниз относительно вертикальных плоскостей их ослабления, вызывая смещение вверх в полость выработки пород почвы. Как правило, блоки пород, ближние к выработке, перемещаются на большую величину: вниз в боках и вверх в почве выработки.

Аналогичный характер деформирования происходит и в кровле. Горизонтальная составляющая вектора перемещения пород в боках выработки обуславливает проворот разрушенных блоков пород почвы в сторону полости выработки. Последние, смещаясь внутрь выработки, инициируют опускание вышележащих слоев и блоков пород. Процесс пучения пород почвы сопровождается их складкообразованием и увеличением объема за счет расширения. Таким образом, общий объем пород, переместившихся в полость выработки, состоит из объема вытесненных пород, который эквивалентен объему смещенных вниз породных блоков в боках выработки и объема расширения пород в зоне их сдвижения [6].

Характеризуя выявленный процесс формирования разнопрочных породных зон, следует указать на некоторые его особенности. Вертикальное зонное расчленение приконтурного породного массива в первоначальный период в большей мере определяется литолого-геомеханической характеристикой пород и условиями их нагружения. В дальнейшем формирование зон в глубь массива (2 - 3 диаметра выработки) помимо указанных факторов зависит также от условий контактирования (сцепление, трение) блоков опускающихся пород

Результаты наблюдений за процессами, происходящими в системе «крепь – породный массив» в вертикальных горных выработках, приведены в работе [10]. Оценивая результаты, полученные В.В. Левитом, можно сделать два важных вывода. Во-первых, места выдавливания и деформации выпора крепи в полость ствола имеют асимметричный характер. Для шахт Донбасса они преобладают примерно с одной зоны (юг и юго-восток). При этом смещения на станции, расположенной ближе к примыкающей горизонтальной выработке, больше и составляют 409 мм. Во-вторых, оценивая направленность смещений, следует отметить, что подтверждается известный вывод о диагональной направленности нагрузок на ствол по отношению к пересечению в плане ствола и горизонтальной выработки. Для полноты анализа заметим, что дирекционный угол сопряжения  $56^\circ$ , азимут залегания пород -  $70^\circ$ , а угол падения —  $8-9^\circ$ . Сужение ствола происходит в направлении «север - юг» с вытягиванием его контура в западном направлении, т.е. коррелирует с дирекционным углом сопряжения. Можно предположить, что примыкающая к стволу горизонтальная выработка проявляет себя как разгрузочная щель. Наблюдения также показывают, что значительные деформации крепи имеют место с северо-западной стороны и проявляются в образовании бетонных навесей. Учитывая сказанное, можно заключить, что максимальное нагружение крепи ствола отмечается в азимуте  $70-100^\circ$ . При азимуте залегания пород равном  $70^\circ$  можно предполагать о существовании оси нагружения восток - запад, т.е. восстание - падение слоев пород. И еще об одной особенности деформирования ствола. В общем, наблюдаемый процесс совместного деформирования крепи и пород соответствует стадиям, описанным в работах Н.С. Булычева, Е. Амштуца [11] и протекает в три стадии: отрыв крепи от тампонажного слоя, деформирование крепи, выпучивание ее в ствол и разрушение. Однако если Е. Амштуц считает процесс деформирования крепи симметричным (переход от участков ствола) и на деформированном контуре ствола выделяет три полуволны, то в нашем случае потеря устойчивости крепи проявляется в многоволновом характере, т.к. ее выбор наблюдался в двух точках. При этом имеет место выполаживание половины ствола, изменение его радиуса и формирование зон отрыва в бетоне вследствие радиального и осевого сжатия. Ствол приобретает некруговую форму. Очевидно, что контакт крепи с породами нарушен, и их взаимодействие определяется трибогеомеханическими эффектами между дробленой породой и разрушающейся крепью.

Совокупный анализ показывает, что по высоте и периметру ствола имеет место чередование фаз нагрузки и деформации крепи, проявляющихся в периодичности горного давления. Важны еще две особенности: 1) зоны приложения сил горного давления имеют тенденцию к дрейфу (квазилоксодромия) по образующей цилиндрической поверхности ствола, что вызывает участки с минимальными скоростями; 2) периодичность, зональность и величина деформаций определяется особенностями трибогеомеханического взаимодействия крепи ствола, нарушенных приконтурных пород и связно-нарушенного массива.

Если обратиться к геомеханической трактовке наблюдаемых явлений, то к сказанному в разделе 4 следует добавить следующее. Достаточно оснований, чтобы исследуемую геотехническую систему рассматривать как сложную область, состоящую из трех составных элементов: крепь, приконтурный разрушенный массив (регулятивный элемент) и связно-нарушенный массив. Подтверждением сказанному могут быть данные наблюдений при разборке крепи и ремонте ствола. Установлено, что на протяженных участках ствола зона деформационного возмущения вглубь массива составляет в среднем 3-4 м, т.е. может соответствовать одному радиусу ствола; на сопряжениях она еще больше и иногда достигает 5-7 м. В условиях слабых структурно неустойчивых пород, имеющих высокую реологическую способность, это является причиной дезинтеграции массива и асимметрии нагрузок на крепь ствола. Дезинтеграция массива ближе к стволу проявляется в изгибе, опускании, разрыхлении пород и формировании дробленых зон, блоков, асимметричных треугольных плит, трещинных зон. Деформация массива приводит к расчленению слоистых пород, вызывая преобразование статической литолого-геомеханической системы в динамически активную под влиянием увеличивающихся растягивающих напряжений в слоях. Различные величины прочности пород обуславливают при растягивающих напряжениях разные скорости их деформирования. Это сопровождается дроблением и выносом слабых пород, находящихся ниже и выше прочных слоев, и приводит к изгибу и срезу даже прочных пород. Перемещение пород к стволу и последующее его уплотнение (тиксотропные явления) являются предпосылкой для дальнейшего развития фронта разрушения пород вглубь массива (известное формирование «ложного контура»).

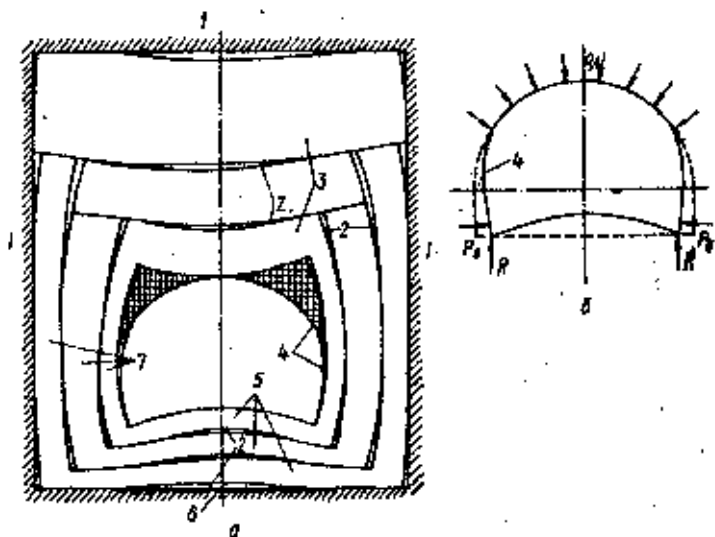
Интенсивность деформационных процессов наиболее высока на участках толщи, сложенной разномошными разнопрочными породами, когда их ассоциация представлена слабыми слоями, залегающими между более прочными породами, и проявляется в послойном расчленении пород, снижении сцепления по контактам, развитии отрывных явлений, изгибе и оседании пород, что вызывает концентрацию и асимметрию нагрузок на крепь ствола.

Изложенные условия и особенности развития деформационных процессов делают правомочной постановку вопроса о выделении вблизи ствола трибогеомеханической активной зоны (ТГАЗ), которая из физико-статической точки зрения имеет грависинергетическую природу и отличается от так называемой зоны неупругих деформаций (ЗНД). ТГАЗ ближе к зоне пластического деформирования пород. В понятийном определении ЗНД присутствуют элементы неопределенности. Понятие ТГАЗ вбирает в себя не только физику процесса деформирования пород, но и дает объяснение процессу взаимодействия крепи и массива.

В отличие от известного определения «зона неупругих деформаций» Левитом В.В. [10] предложено определение «трибогеомеханически активная зона», которое отличается большей определенностью с точки зрения оценки физики деформационных процессов вблизи ствола и создания научно-технических принципов управления ими. Выделено три типа условий по параметрам трибогеомеханически активных зон: I - 1,4-1,6 м; II - 1,8-2,2 м; III - больше 2,2 м.

Установлено, что зона максимального деформационного возмущения от полости ствола вглубь массива может быть равной радиусу ствола, на сопряжениях - его диаметру. Размер зоны влияния вертикального ствола на распределение напряжений в анизотропном массиве с неоднородностями в виде горной выработки равен в среднем двум диаметрам ствола.

Установлено, что формирование нагрузок на крепь незатампонированных выработок происходит дискретно протекающими во времени расслоением пород кровли, разобщением массива боковых пород на вертикальные слои, выдавливанием пород почвы. В процессе наблюдений вокруг выработок, не подверженных влиянию очистных работ, зафиксированы три, следующие друг за другом, зоны разрушенных пород [12]. Образование каждой зоны происходит так. Деформации пород кровли - это деформации защемленной с продольных торцов плиты под воздействием равномерно распределенной нагрузки. Узлы защемления их поворачиваются и смещаются внутрь выработки, отрывая от массива по трещинам «усыхания» или другим плоскостям ослабления вертикальный слой боковых пород.



1 - ненарушенный массив вмещающих пород; 2 - трещины (пустота); 3 - металлическая арочная крепь; 4 - железобетонная затяжка; 5 выдавливание породы почвы; 6 - вода; 7 - вертикальные слои нарушенного массива боковых пород.

Рис. 1 - Схема деформаций массива горных пород (а) и взаимодействия его с металлической крепью незатампонированных выработок (б)

Под воздействием собственного веса и нагрузок, вызванных деформациями кровли, вертикальный слой, отрываясь от массива боковых пород, деформируется с потерей устойчивости, прогибаясь (выпучиваясь) в сторону массива ненарушенных пород. Контактирование потерявших устойчивость вертикальных слоев с массивом осуществляется в средней части, а нижняя и верхняя части смещаются в выработку, контакт их с ненарушенным массивом отсутствует. На контакте ненарушенных пород с потерявшими устойчивость вертикальными слоями и происходит отпор массива боковых пород. Под воздействием деформирующихся вертикальных слоев породы почвы

выдавливаются в выработку (см. рис. 1), При этом стойки крепи тоже смещаются внутрь выработки и теряют контакт с боковыми породами в своей средней части. В результате образуются «гармошки» из железобетонных затяжек по бокам выработки. Такая схема действия горного давления на крепь снижает ее несущую способность в 2 - 2,5 раза.

Взаимные перемещения верхняка и стоек крепи приводят к передаче вызванных смещениями усилий на крепежные скобы узлов соединения элементов крепи. Стойки, шарнирно поворачиваясь в узлах соединений, работают как элементарный рычаг. При достижении предела несущей способности крепежные скобы разрушаются с отрывом гаек (сначала нижние скобы, затем верхние).

Металлическая крепь в течение  $\Delta t_n$  не испытывает на себе нагрузок и фактически выполняет функции временной ограждающей крепи, обеспечивая безопасность труда при проходке выработки, предохраняя рабочих от падающей с кровли породы. После возведения металлической арочной (или замкнутой) крепи даже при тщательном забучивании закрепного пространства практически не происходит отпора крепи деформирующемуся приконтурному слою пород из-за малой несущей способности забутовки и наличия пустот за ней.

Как показали лабораторные исследования, при нагрузках на крепь 10 - 15 % от ожидаемых объем забученного закрепного пространства уменьшается на 20 - 25%, максимально при уплотнении на 50 - 60%. Толщина закрепного пространства сразу после возведения крепи по натурным замерам в среднем равна 10 см.

С учетом уменьшения объема забутовки на 20% возможные перемещения пород кровли составят 2 - 2,5 см, что соответствует расслоению их на 1,5 - 2 м. Такая высота расслоения обеспечивает нагрузку на крепь (30 - 50 кПа), достаточную для срабатывания узлов податливости. В результате пустотность разрушенных пород кровли увеличивается, отпор крепи массиву ненарушенных пород резко уменьшается, и в процесс деформаций включаются новые слои пород. В 95% всех наблюдений срабатывание узлов податливости осуществляется практически мгновенно. До установления условно жесткого режима работы крепи зафиксировано лишь несколько случаев плавных, медленно протекающих процессов срабатывания узлов.

Переход незатампонированной крепи из режима податливости в условно жесткий с учетом незатухающего расслоения пород кровли приводит к деформациям и разрушениям спецпрофиля. Разрушения характеризуются потерей устойчивости (скручиванием) верхняков, разрывом спецпрофиля в пределах замка свода, вырывом днища спецпрофиля стоек на контакте их с верхняками, смятием стоек с потерей устойчивости их на уровне почвы выработки. Количество разрушенных железобетонных затяжек достигает в этот период 75 - 80%.

Аналогично происходит воздействие горного давления и на жесткие металлические арочные незатампонированные крепи.

Геомеханическое обоснование комплексной комбинированной технологии крепления капитальных горных выработок в сложноструктурных обводненных породах. Три главные предпосылки предопределили необходимость создания



этой технологии: гидрогеомеханическая, горно-технологическая и экономическая. Известно, что 33% строящихся и углубляющихся стволов угольных шахт пересекают водоносные горизонты, когда требуется выполнение специальных работ при проходке: формирование специальных завес в массиве, гидрозащитных ограждений в крепи, тампонаж и др.

Практика строительства шахтных стволов показывает, что важнейшей задачей является крепление шахтных стволов в условиях пород, содержащих высоконапорные воды. В условиях воздействия на стволы горного давления и гидростатического давления имеется необходимость применения дорогостоящих крепей, когда наряду с мощными основными крепями всегда применяется тампонаж закрепного пространства. Последнее вызывает два негативных фактора: дополнительное разупрочнение пород за счет отжима воды из тампонажного раствора в массив и дополнительные нагрузки на крепь. Предварительный тампонаж в этих условиях малоэффективен, а дренирование воды сопряжено с рядом малоэффективных технологических решений. Поэтому в таких условиях наиболее рациональным является тампонаж из полости горной выработки. В основу технологии положена идея, которая заключается в использовании эффекта разноглубинного, геометрически ориентированного приконтурного и глубинного упрочнения трещинно-пористых зон породного массива, используемых как естественно-техно-генные коллекторы. Данная технология имеет геомеханическое, горнотехническое и технологическое обоснование. Геомеханические аспекты рассмотрены выше. Остановимся на горнотехнических и технологических предпосылках.

Существующими тампонажными растворами (цементными и глиноцементными) подавление воды осуществимо при наличии крупных трещин в породах ( $> 0,15$  мм) и а в крупнопористых с коэффициентом фильтрации до  $10^{-1}$  см/с. Для тампонажа таких пород разработаны химические растворы. Однако на практике существует большой диапазон условий строительства стволов, когда коэффициент фильтрации водоносных пород меньше  $10^{-1}$  см/с, а суммарные водопритоки из них превышают  $8$  м<sup>3</sup>/ч при которых обязательным является требование обеспечения остаточного водопритока в ствол не выше  $5$  м<sup>3</sup>/ч (СНиП 3.02.03-84).

С разработкой многоцелевых бетоноукладочных машин типа МБМ, появилась возможность применения для тампонажа жестких цементно-песчаных растворов. Машина имеет такие характеристики: производительность, м<sup>3</sup>/ч - 6; рабочее давление, МПа - 2; максимальное давление, МПа - 6,3; максимальный размер фракции заполнителя, мм - 10; дальность подачи смеси, м - по горизонтали - 100, по вертикали - 20; масса, кг - 1300.

Бетоноукладочная машина МБМ включает турбулентный смеситель, предназначенный для приготовления облегченных, обычных и тяжелых бетонных смесей с содержанием заполнителя (фракцией 0 – 10 мм) до 35%; трехплунжерный насос с клапанным блоком, обеспечивающий отбор материала и создание давления, систему транспортирующую с комплектом исполнительных инструментов.

Масса и габаритные размеры машины позволяют осуществлять ее транспортировку в шахтной клети и шахтным рельсовым транспортом. При необходимости возможно изготовление машины на колесной тележке и ее транспортировка в составе шахтного поезда.

Отличительной особенностью технологии применения многоцелевой бетоноукладочной машины МБМ является конструктивно обусловленная возможность приготовления или активации используемых растворов и бетонов вблизи места укладки, забор, транспортировку и укладку посредством инжекторов или насадок «активного» бетона. Отсутствие в технологической цепочке зон седиментации цементного теста, позволяет не только укладывать бетон (раствор) различной плотности, но и варьировать такими параметрами как модули упругости и спада, коэффициент Пуассона. Возможность управлять свойствами нагнетаемого раствора в широких пределах, создает предпосылки сооружения породобетонных конструкций, отвечающих требованиям формирования грузонесущей оболочки [13]. Конструктивно грузонесущая оболочка выполняется разноглубинной, разнонаправленной и разножесткой. Расчет параметров грузонесущей оболочки выполняется на базе конкретных данных, полученных, например, в результате приборной диагностики, а практическая реализация – соответствующим расположением и глубиной тампонажных шпуров, нагнетанием в них растворов с требуемыми характеристиками.

Аналогично выполняются работы в горизонтальных выработках. При этом необходимо не только производить заполнение пустот за крепью, но и использовать зоны разрушения вмещающих пород, образующиеся естественным образом, а при необходимости – создавать искусственные коллекторы для продвижения растворов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М. Свойства пород и устойчивость горных выработок. – К.: Наукова думка, 1979. – 135 с.
2. Нейман Л.К., Мельников О.И. К расчету смещений пород в подготовительных выработках. – Вкн.: Горное давление и горные удары. – М.: Труды ВНИИ, 1974. - № 91. – С. 63-66.
3. Шмиголь А.В., Кириченко В.Я., Бучатский С.М., Рева В.Н. Шахтные исследования характера разрушения слабых пород на шахтах Западного Донбасса // Шахтное строительство. – 1987. – № 5. – С. 11 – 12.
4. Усаченко Б.М., Кирничанский Г.Т., Хаит М.Д. Подход к расчету на прочность элементов подземных сооружений // Прикладная механика. – 1986. - № 7. – С. 72 – 76.
5. Усаченко Б.М., Кириченко В.Я., Шмиголь А.В. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса: Обзор // ЦНИИЭИуголь. – М., 1992. – 168 с.
6. Кириченко В.Я., Шмиголь А.В., Рева В.Н. О механизме пучения почвы выработок, сооруженных в слабых породах // Шахтное строительство. – 1988. - № 11. – С. 3 – 5.
7. Комиссаров М.А. Некоторые вопросы поддержания подготовительных выработок в условиях пологих пластов Донбасса / Вопросы охраны и крепления горных выработок. – М., Недра, 1968. – С. 34 – 35.
8. Шемякин Е.И. и др. Зональная дезинтеграция горных пород вокруг подземных выработок. Часть 111 Теоретические представления // Физ.-техн. пробл. разраб. полезных ископаемых. – 1987. – № 1. – С. 3 – 8.
9. Глушихин Ф.П., Шклярский М.Ф., Рева В.Н., Розенбаум М.А. Новые закономерности разрушения горных пород вокруг выработок // Шахтное строительство. – 1986. - № 2. – С. 11 – 14.
10. Левит В.В. Геомеханические основы разработки и выбора комбинированных способов крепления вертикальных стволов в структурно неоднородных породах: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Днепропетровск, 1998. – 463 с.
11. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. Учебник для вузов. – М., Недра, 1982. – 270 с.
12. Выгодин М.А., Евтушенко В.В. Облегченные металлоанкерные крепи горных выработок шахт Западного Донбасса // Шахтное строительство. – 1987. - № 7 – С. 23 – 25.
13. Левит В.В., Мусиенко С.П. Геомеханические предпосылки приконтурного и глубинного управления свойствами пород для повышения устойчивости шахтных стволов // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. 2001. – Вып. 26 С. 117 – 122.