

## **О НАПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Розглянута сукупність причин геомеханічного та техніко-технологічного характеру, що обумовлюють стан гірничих виробок, наведені розробки з забезпечення їх стійкості, запропонована технологічна схема нового технічного рівня проведення і кріплення виробок.

## **ABOUT A DIRECTION OF DEVELOPMENT OF STRUCTURE TECHNOLOGY OF A HORIZONTAL AND INCLINED MINE DEVELOPMENTS IN DIFFICULT MINE-GEOLOGICAL CONDITIONS**

The considered set of the reasons of geomechanical and technic-technological character, which cause condition of mine developments given development from maintenance of their stability offered technological circuit of a new technological level of realization and fastening of developments.

Успешное решение проблемы повышения эффективности угольных предприятий невозможно без снижения затрат на проведение и крепление горных выработок. В сложных горно-геологических условиях для этого необходимы более совершенные технологические приемы, конструкции крепления высокой несущей способности, современное оборудование, машины и механизмы, позволяющие обеспечивать безопасность выполняемых работ, надежность сооружаемых конструкций и быстрые темпы строительства. Эта комплексная проблема требует решения ряда задач, основными из которых являются:

- снижение неоправданных значительных переборов пород в сечениях выработок при проходке;
- обеспечение безопасных условий труда людей в призабойной зоне;
- повышение устойчивости горных выработок;
- соблюдение проектных параметров грузонесущих элементов комбинированных конструкций крепления;
- повышение темпов сооружения выработок.

Обычно при разработке пород забоя проводимой выработки происходит увеличение площади ее сечения, по сравнению с предусмотренной проектом, за счет излишне вынимаемой породы при разрушении обнажаемой поверхности массива взрывом или резами комбайна.

Действующие строительные нормы и правила [1] предусматривают допустимые увеличения проектных геометрических параметров поперечного сечения выработок в проходке в зависимости от его площади и прочности пород в пределах - от 55 мм до 130 мм или от 3% до 12% . Реально переборы породы составляют 250-300 мм сверх проектных размеров [2]. Наибольшие из них, как правило, образуются в сводовой части породного массива, вмещающего выработку, где они в 2-4 раза превышают переборы в боках.

Объем излишне вынимаемой породы характеризуется коэффициентом пере-

боров, который определяется отношением площади фактического сечения к проектному. Значения коэффициентов переборов, полученных в результате обследования выработок и последующего анализа данных различными организациями [2, 3, 4] представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты переборов породы при проведении горных выработок

Наименование организации	Коэффициент переборов
ВНИИОМШС	1,14-1,2
Московский горный институт, ИГД им. А.А. Скочинского	1,22-1,25
Донецкий политехнический институт	1,16-1,26
Южгипрошахт	1,21-1,28
Средние значения	1,18-1,25

Результаты статистической обработки замеров переборов в сечениях показывают, что площадь фактического сечения выработки в проходке превышает проектную: при буровзрывном способе - на 28,3%, при комбайновом способе - на 24,4%, а в среднем - на 26,4% [3]. В итоге на 1 метр средней площади наиболее распространенного арочного сечения выработки в проходке  $S_{пр}=13,0 \text{ м}^2$  вынимается лишней породы, примерно,  $2,86 \text{ м}^3$ , а с учетом коэффициента разрыхления породы (1,8) это составляет  $-5,2 \text{ м}^3$ , что сопряжено с дополнительными затратами труда, средств и задалживанием транспортных артерий шахты.

Переборы породы в последующем также могут приводить к расслоению окружающих выработку пород и чрезмерному росту зоны неупругих деформаций, следствием чего является повышение нагрузки на крепь.

Учитывая, что ежегодно на шахтах Украины проходится около 700 км горных выработок, то объем излишне вынимаемой породы может достигать  $2000000 \text{ м}^3/\text{год}$ , что равносильно созданию 1-3 дополнительных терриконов средних размеров, которые негативно воздействуют на экологический природный баланс окружающей среды и др.

Обеспечить удовлетворительный контакт крепи с окружающими породами при буровзрывных работах можно лишь путем тщательного оконтуривания выработки и плотной забутовки закрепного пространства, что при проведении выработок на шахтах наблюдается крайне редко.

Важной задачей при проведении горных выработок в сложных горно-геологических условиях является обеспечение безопасности выполняемых работ в забое с легко обрушающимися породами кровли, где часто происходят несчастные случаи, травмирование людей и образование завалов, что приводит к нарушению технологического цикла с соответствующими им дополнительными трудовыми и финансовыми потерями. Так, на шахте "Западно-Донбасская" ГОАО "Павлоградуголь" за период с 2000г. по 2001 г. отмечено 15 зон обрушения пород кровли общей протяженностью 242 м. Всего зарегистрировано 63 вывала пород кровли высотой от 1,0 до 20 м на участках протяженностью 2301 м [5].

В настоящее время на шахтах Украины травматизм от обрушения пород

кровли на участке выработки от забоя до постоянной крепи составляет 20,6% от всего травматизма при обвалах и обрушениях в капитальных и подготовительных выработках [6]. Основной причиной травматизма в проходческих забоях, является отсутствие эффективных технологических приемов, удобных и надежных защитных средств, которые могли бы обеспечить безопасное нахождение людей в призабойной зоне при выполнении операций проходческого цикла.

В соответствии с требованиями "Правил безопасности в угольных шахтах" п.2.2.6, возведение постоянной крепи, а также уборка породы после взрывных работ в подготовительных выработках производится под защитой временной крепи. В слабых и неустойчивых породах выработки должны проводиться с применением передовой крепи, щитов или какими-либо спецспособами.

За последние десятилетия не появилось новых эффективных решений по защите проходчиков от вывалов и обрушений пород из кровли выработок и до сих пор используются простейшие конструкции временных предохранительных крепей, используемых на момент уборки породы и монтажа крепи, например, призабойная временная предохранительная крепь, состоящая из 2-х металлических выдвижных балок - консолей [7].

Поскольку, применяемые в настоящее время конструкции временной предохранительной крепи не предотвращают расслоение и последующее обрушение пород кровли в незакрепленной призабойной части выработки, а лишь защищают людей от падения небольших кусков породы, то возникает необходимость в разработке и создании технологического способа и специального оборудования, позволяющих в горизонтальных и наклонных горных выработках предотвращать расслоение и обрушение пород из кровли и тем самым создавать безопасные условия для работающих там людей.

С осложнением горно-геологических условий возникает необходимость в повышении устойчивости горных выработок за счет увеличения несущей способности крепей.

В угольной отрасли Украины основным типом крепления выработок на сегодняшний день является металлическая крепь из СВП, которой крепится свыше 90% всех выработок. За последние десятилетия несущая способность этой крепи в сложных горно-геологических условиях работы увеличилась до 2 раз за счет увеличения плотности установки рам и применения более тяжелых спецпрофилей. Расход металла на 1 м выработки составляет 0,5-1,2 т, соответственно и стоимость увеличилась в 1,5-2,0 раза. Однако, в связи с низкой несущей способностью металлических рам и рядом других существенных недостатков как в конструкции, так и в характере ее работы, имеет место большой процент деформированного крепления. Ежегодно перекрепляется до 10% поддерживаемых выработок, а требующих ремонта увеличивается на 2-3%, для чего привлекается дополнительно до 20%, численности подземных рабочих [7].

Основной причиной неудовлетворительной работы металлокрепи является неравномерность и асимметрия приложения к ее контуру нагрузок, что приводит к появлению больших изгибающих моментов в элементах конструкций, обуславливающих недопустимые деформации крепи. Неравномерность распре-

деления нагрузки на крепь вызывается неплотностью забутовки по ее периметру, различием механических характеристик отдельных арок, несовпадением моментов срабатывания замков податливости и др. В результате равнодействующая от нагрузки, воспринимаемая одной аркой, отклоняется от центральной плоскости арки так, что элементы крепи наряду с обжатием продольной силой и изгибом в плоскости арки испытывают также скручивающие воздействия и изгиб из этой плоскости, что существенно меняет напряженное состояние элементов крепи, изготовленных из тонкостенных прокатных профилей, слабо сопротивляющихся скручиванию и пространственной изгибно-крутильной деформации.

В сложных горно-геологических условиях глубоких горизонтов шахт Донбасса металлическое крепление из СВП в самостоятельном виде практически исчерпало свои возможности. Увеличение плотности установки арок крепи не приводит к существенному снижению смещений пород и повышению устойчивости выработок. Однако, благодаря своим достоинствам (податливости, освоенности производством, возможности повторного использования и др.) эта крепь еще долго будет оставаться основным типом крепи горных выработок.

В настоящее время разработаны и применяются новые усиленные металлические шахтные профили, замки соединения элементов податливой крепи, межрамные ограждения и др. Широкое применение находят ранее использованные и восстановленные элементы крепления. Но одним из наиболее эффективных направлений обеспечения устойчивости горных выработок, в странах с развитой горнодобывающей промышленностью, снижения материалоемкости, трудоемкости и стоимости крепления является вовлечение в работу с крепью несущей способности породного массива. Такими системами крепления с высокой несущей способностью являются комбинированные системы, способные обеспечивать повышение работоспособности металлической подпорной крепи с использованием несущей способности породного массива за счет своевременного заполнения пустот закрепного пространства твердеющими материалами соответствующей прочности. При этом обеспечивается равномерное нагружение металлической крепи по ее периметру, исключаются сосредоточенные нагрузки на выступах породного обнажения и создаются благоприятные условия для работы металлических арок. Прочность на изгиб такой комбинированной системы возрастает до 3-х раз [8], а несущая способность в 4 и более раз выше несущей способности только металлической арки крепи [9].

Важно, чтобы плотный контакт крепи с породами был обеспечен на ранней стадии развития горного давления. Так, в выработке, где заполнение закрепного пространства выполнялось в забойной зоне [10], смещения пород были вдвое меньшими, чем смещения на участках, где заполнение велось с отставанием более 75 м от забоя. При некачественной забутовке в кровле выработки арочной формы в пределах центрального угла  $60-80^{\circ}$  возникает сосредоточенная нагрузка на верхняк. Изгибающий момент в этом месте в 2-2,5 раза больше по сравнению с расчетным и соответственно снижается несущая способность крепи [11].

НИИОМШСом разработана технология проведения и крепления выработок

с применением комбинированной крепи, которая за счет создания в закрепном пространстве грузонесущей монолитной оболочки с заданными толщиной и прочностью из жестких быстротвердеющих растворных смесей с водоцементным отношением 0,32-0,36 [12] позволяет вовлечь в совместную с крепью работу породный массив. Крепь (рис/ 1) представляет собой конструкцию из металлических ограниченно-податливых арок КМП-А3(АПЗ), изготавливаемых в соответствии с ТУ У 12.000185790.078-96 "Крепи арочные податливые" и извещением АП.01-2000 об изменении технических условий ТУ У 12.000185790.078-96, межрамного ограждения и тампонажного слоя или оболочки из гидравлического твердеющего материала в закрепном пространстве заданной толщины и прочности. На участках быстрообрушающегося породного массива дополнительно может применяться опережающая анкерная крепь.

Меняя технические параметры можно регулировать несущую способность комбинированной крепи посредством:

- смены профиля на более тяжелый или легкий;
- выбора вида конструкции металлокрепи (податливой, ограниченно-податливой, жесткой, с шарнирами, различной формы геометрии и др.);
- подбора плотности установки металлических арок;
- усиления отдельных элементов крепи;
- изменения толщины оболочки и класса прочности твердеющего материала в закрепном пространстве;
- упрочнения приконтурного массива путем анкерования или инъектированием скрепляющего раствора;
- изменения вида межрамного ограждения и др.

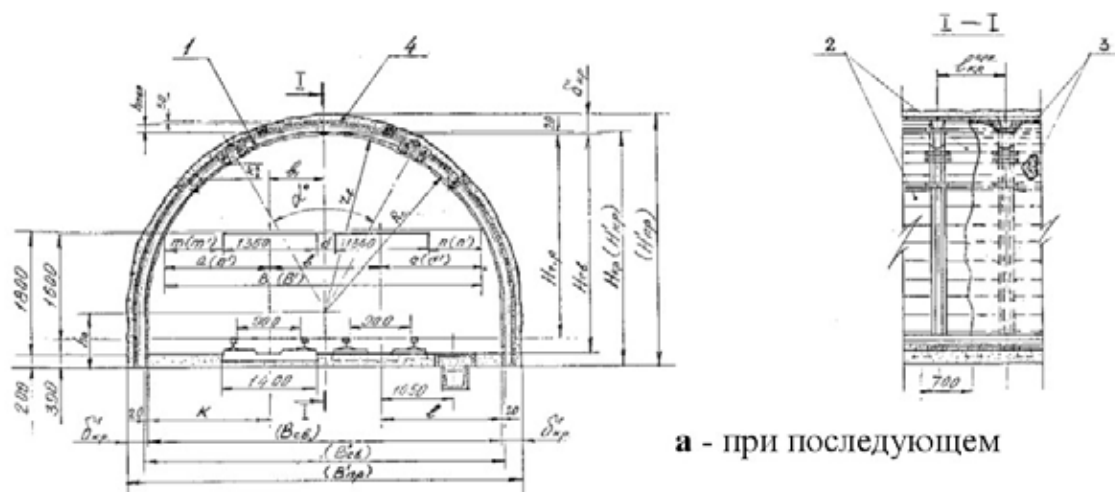
Используя эти и другие приемы можно добиться необходимой несущей способности крепи, экономически целесообразной в каждом конкретном случае.

На базе этой конструкции предложен параметрический ряд унифицированных сечений горизонтальных и наклонных горных выработок, вошедший в разработанные НИИОМШС совместно с ДонУГИ и Южгипрошахтом документ "Унифицированные типовые сечения горных выработок, закрепленных комбинированным арочным креплением из взаимозаменяемого шахтного профиля. Альбом" УТП 101.00174131.002-2004, который утвержден Министерством топлива и энергетики Украины. Этот документ предназначен для применения его при проектировании и сооружении горных выработок, расположенных вне зоны влияния очистных работ на глубине не более 1500 м в неустойчивых породах III и IV категорий устойчивости по СНиП II-94-80.

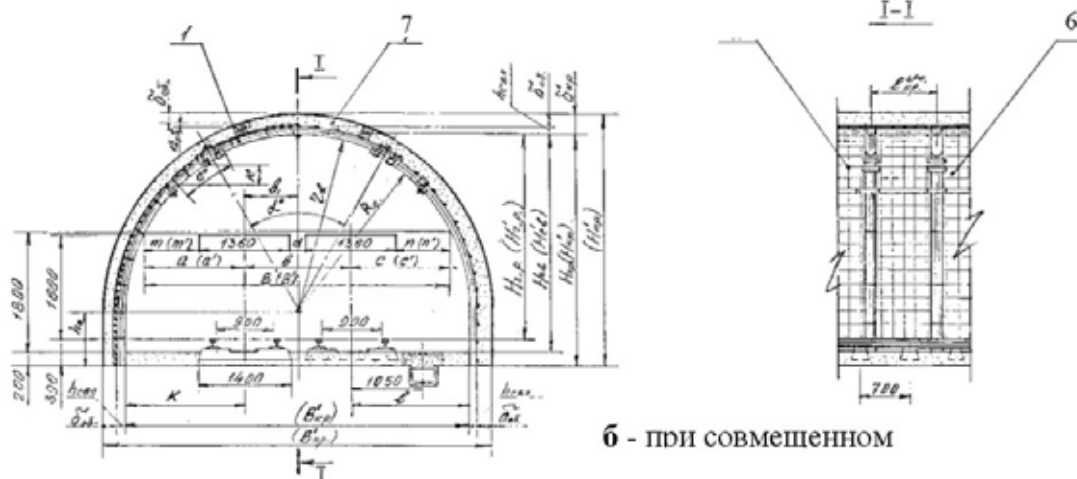
В комбинированных крепях с грузонесущими оболочками из твердеющего материала в закрепном пространстве имеются сложности с обеспечением заданных размеров и допустимых отклонений толщин создаваемых грузонесущих оболочек при сооружении выработок и неуправляемостью (спонтанностью) блокообразования в них при проявлении горного давления.

Так, превышение проектной толщины оболочки всего на 20 мм может привести к перерасходу твердеющего материала примерно на 200 м<sup>3</sup> на 1 км пройденной выработки. Учитывая, что переборы в продольном и поперечном сече-

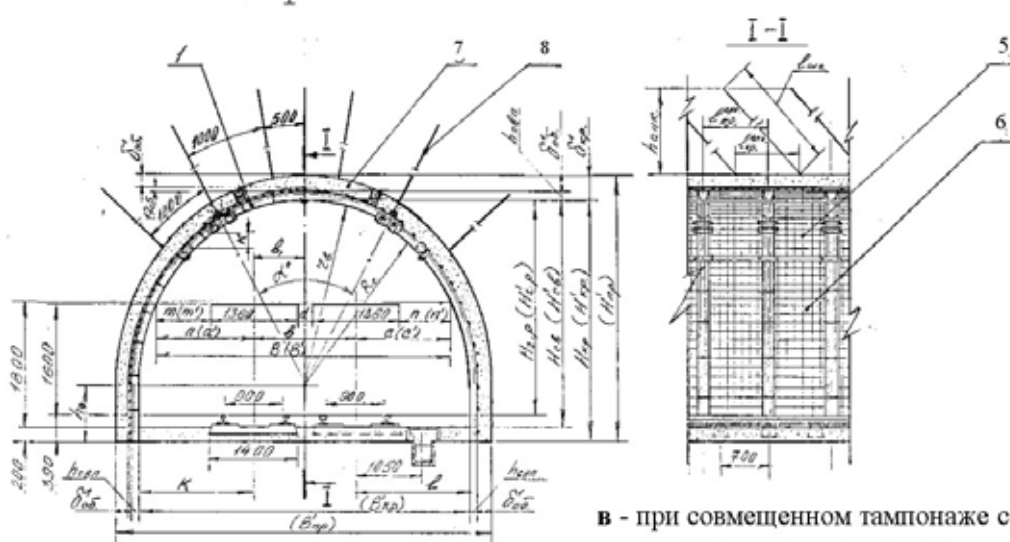
ниях выработки достигают 22% на 1 м проходки, то перерасход твердеющего материала на 1 км может составлять 2900 м<sup>3</sup>.



а - при последующем



б - при совмещенном



в - при совмещенном тампонаже с опережающими анкерами

1 - металлическая ограниченно-податливая крепь; 2 - железобетонная затяжка; 3 - набрызгбетон; 4 - тампонажный слой; 5 - затяжка ОРЗ; 6 - рулонный гидроизолирующий материал; 7 - оболочка из твердеющего материала; 8 - анкерная крепь.

Рис/ 1 - Сечения горных выработок (а, б, в) с комбинированными конструкция крепления ОПК-А3.

Уменьшение толщины оболочки, например, на 20 мм (рисунок 2) приведет к снижению несущей способности конструкции на 10... 30%, к последующему быстрому её деформированию, и, в конечном итоге, к необходимости усиления крепи или полному перекреплению выработки или отдельных ее участков.

В развитие существующей комбинированной крепи и технологии её возведения НИИОМШСом выполнены перспективные проработки нового технического уровня технологии проведения и крепления горизонтальных и наклонных горных выработок для сложных горно-геологических условий с применением механизма гладкостенного оконтуривания породного контура выработки в проходке и возведения комбинированного крепления с металлической крепью и грузонесущей оболочкой из твердеющего материала в закрепном пространстве с управляемым блокообразованием.

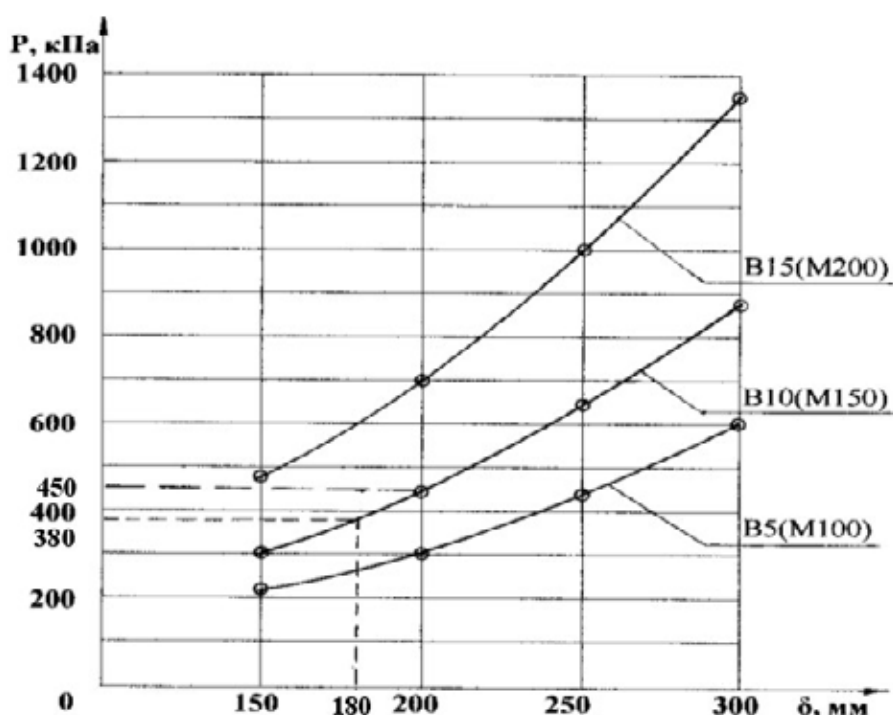


Рис. 2 – Несущая способность (P) монолитной оболочки из твердеющего материала в зависимости от толщины (δ) и класса прочности материала на сжатие В.

Предлагаемая технология и механизм позволяют: не загромождать рабочее пространство призабойной зоны выработки, осуществлять гладкостенное оконтуривание сечения выработки в проходке по породам крепостью от  $f = 2$  до  $f = 8$  по Протодьяконову, создавать в закрепном пространстве металлокрепью грузонесущую оболочку из твердеющего материала заданной толщины и прочности; обеспечивать безопасность ведения проходческих работ в забое. Механизм состоит из: ведущей, ведомой и хвостовой частей щита, перекрывающих рабочий участок призабойной зоны выработки, соединенных между собой гибкими связями и передвигающихся с помощью гидродомкратов. Гладкостенное оконтуривание пород до проектного сечения выработки в проходке осуществляется гидро- или пневмо- скалывающими или другими устройствами, распо-

ложенными впереди ведущей части щита. Выемка породы на заходку проводится как комбайновым, так и буровзрывным способами не на полное проектное сечение, а несколько меньшее, с оставлением по наружному контуру сечения выработки слоя породы определенной высоты, который скалывается или срезается по мере движения ведущей части щита вдоль выработки, чем и обеспечивается гладкостенное оконтуривание.

Каждая отдельная часть щита состоит из прочных коробовых арок, закрытых с наружной стороны металлическими листами, предотвращающими возможные вывалы или осыпание породы из кровли на участке выработки от забоя до установленной постоянной крепи.

Механизм гладкостенного оконтуривания пород в проходке может быть выполнен под различную форму сечения выработки: сводчатую, подковообразную, кольцевую, с выположенным обратным сводом, прямоугольную, трапециевидную, полигональную. Вариант технологической схемы при комбайновом способе проходки выработок представлен на рисунке 3.

В качестве крепи предусмотрена комбинированная конструкция из металлических арок и грузонесущей оболочки из твердеющего материала в закрепном пространстве, в которой блокообразование происходит управляемо с разделением оболочки на блоки правильной геометрической формы. Один из вариантов такой конструкции крепи показан на рисунке 4.

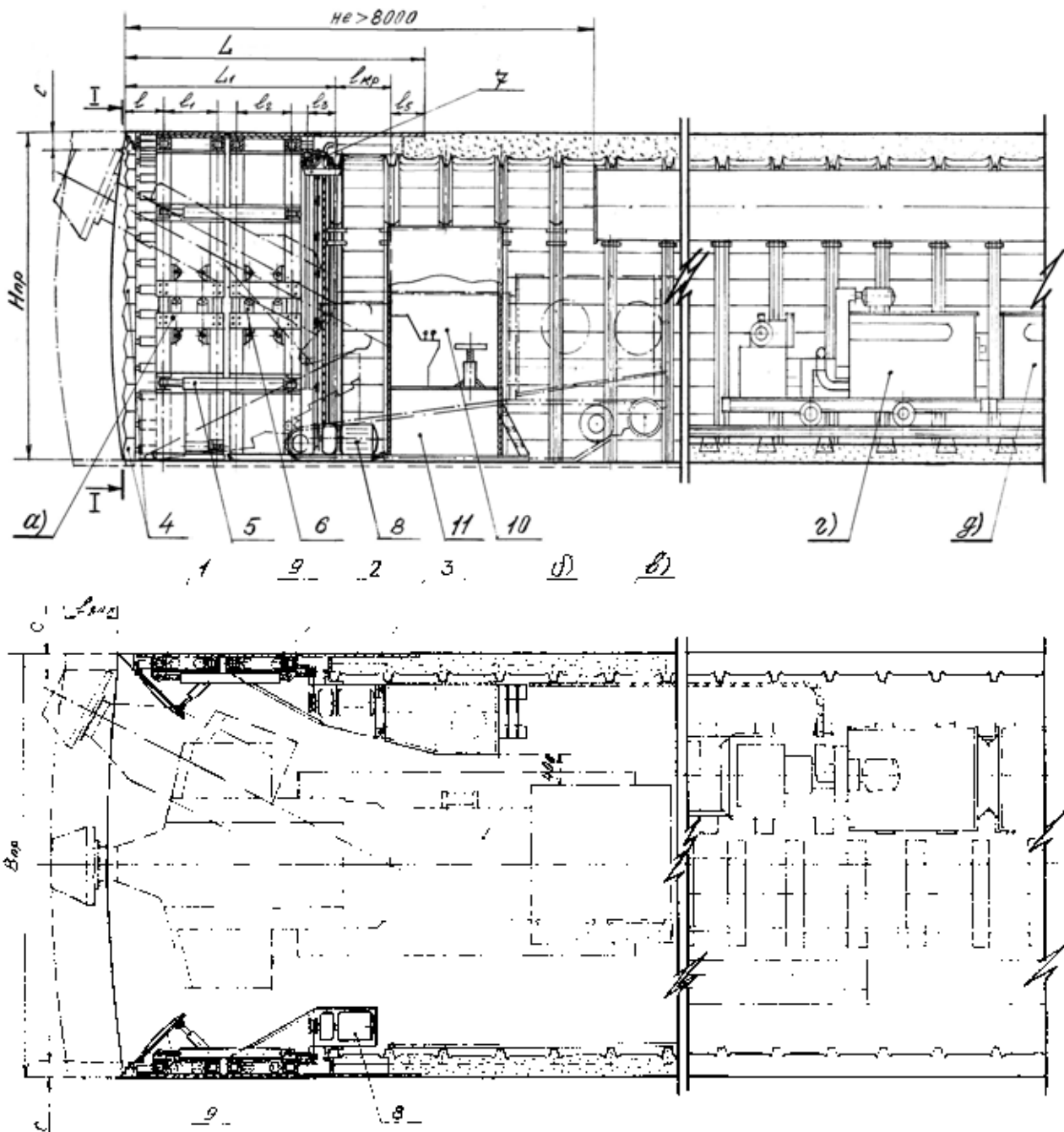
Металлокрепь и грузонесущая оболочка с заданной толщиной возводятся в хвостовой части щита. Грузонесущая оболочка создается с помощью механизированного приспособления вождения сопла, подающего твердеющий материал в закрепное пространство между рамой металлокрепей с гибким межрамным ограждением и породным массивом.

Процесс нагнетания твердеющего материала может совмещаться с выемкой породы при комбайновой проходке или с бурением шпуров по забою при буровзрывном способе. Приготовление твердеющего материала осуществляется за зоной размещения основного горнопроходческого оборудования. Для подачи в закрепное пространство подготовленной смеси твердеющего материала могут применяться комбинированные установки или комплекты оборудования, состоящие из растворосмесителя и насоса, например, лопастными или турбулентными смесителями типа СО-46А, СО-126, СБ-43, НГР, НБЗ-100/40 и другими.

При проходке комбайнами или буровзрывным способом, но в сочетании с механизмом гладкостенного оконтуривания пород, процесс разрушения и трещинообразования в породном массиве вокруг выработки будет развиваться постепенно и более плавно, зона неупругих деформаций и смещения пород контура будут меньшими, чем при проходке выработок существующими способами без механизма гладкостенного оконтуривания.

Опыт строительства шахт показывает, что именно тип крепи, технология и механизация ее возведения определяют скорости проведения выработок, в значительной мере влияют на качество горнопроходческих работ и производительность труда проходчиков.

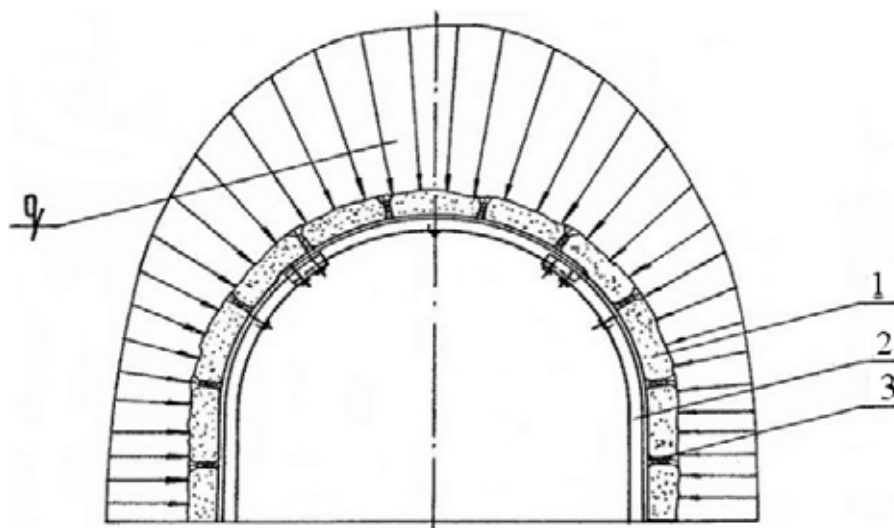




а) механизм гладкостенного оконтуривания пород контура выработки в проходке: 1 - ведущая часть щита; 2 - ведомая часть щита; 3 - хвостовая часть щита; 4 - гидро- или пневмоскальвающие устройства; 5 - гидродомкраты горизонтального движения; 6 - гидродомкраты вертикального движения; 7 - приспособление вождения сопла; 8 - электродвигатель с редуктором; 9 - щитки перемещения породы; 10 - кабина оператора; 11 - маслостанция;

б) комбинированная конструкция крепления выработок с металлической крепью и грузонесущей оболочкой из твердеющего материала в закрепном пространстве с управляемым блокообразованием; в) проходческий комбайн; г) установка для приготовления и подачи твердеющего материала в закрепное пространство типа УМНБ; д) вагонетки с сыпучими материалами (цемент, песок, щебень).

Рис. 3 - Технологическая схема проведения и крепления горизонтальных и наклонных горных выработок



1 - образованные блоки; 2 - металлическая крепь из СВП; 3 - рулонная тканевая затяжка с податливыми прокладками;  $q$  - нагрузка.

Рис. 4 – Комбинированное крепление горной выработки.

Нормативные скорости проходки, в соответствии с действующим СНиП 3.02.03-84, для горизонтальных и наклонных горных выработок составляют: при буровзрывном способе - от 60 до 110 м в месяц, при комбайновом (нормы буровзрывного способа увеличиваются на 50%) - от 90 до 165 м в месяц. Средние скорости в реальных условиях проведения составляют: при буровзрывном - от 90 до 130 м в месяц, при комбайновом - от 140 до 170 м в месяц [21].

Предлагаемая технология позволит достичь устойчивых темпов проходки выработок: при буровзрывном способе - от 150 до 200 м в месяц, при комбайновом способе - от 300 до 400 м в месяц и более, проводимых в сложных горно-геологических условиях.

### **Выводы.**

1. Назрела необходимость разработки новых, нетрадиционных конструктивно-технологических решений в области проведения и крепления горных выработок в угольной и других отраслях горнодобывающей промышленности.

2. Необходимо выполнение комплексной научно-исследовательской и проектно-конструкторской работы по созданию более совершенной конструкции комбинированного крепления с металлической крепью и грузонесущей оболочкой из твердеющего материала в закрепном пространстве с управляемым блокообразованием и технологии гладкостенного оконтуривания сечения выработки в проходке, при проведении и креплении горизонтальных и наклонных горных выработок в сложных горно-геологических условиях строительства, позволяющих: обеспечивать безопасность проходческих работ в призабойной зоне; устранять переборы пород за проектным сечением выработок; создавать грузонесущие оболочки с заданными проектными размерами и допустимыми отклонениями; регулировать несущую способность крепи сооружаемых выработок и повышать темпы их проведения.

### 3. Решение рассмотренных вопросов обеспечит повышение технико-экономических показателей строительства и поддержания горных выработок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 3.02.03-84 Подземные горные выработки
2. И.Г. Великий, В.И. Черетянко, В.В. Черкасов, З.М. Чубенко. О механизации забутовочных работ при проведении горизонтальных горных выработок. // Шахтное строительство.-1979. - №7. - 23-24 с.
3. Определение экономической эффективности и основных параметров облегченных конструкций крепей горных выработок, пройденных в упрочненных породах. Пояснительная записка. ЮГШ Харьков, 1979 г. – С. 52.
4. Методические указания по применению податливых забутовочных материалов для заполнения закрепного пространства горных выработок. Временное руководство. ВНИИОМШС Харьков. - 1977.
5. Программа работ по снижению металлоемкости крепления и ремонта горных выработок во исполнение приказа Госуглепрома Украины №19/Д от 12.04.01 г. - К. - Харьков, 2001.
6. Сборник трудов ДНТУ. Выпуск 72.2004. - С. 47.
7. Лысыков Б.А., Большинский М.И. Разработка кафедры по созданию легкого и удобного крепеукладчика простого и надежного резерва повышения безопасности и производительности труда проходчиков. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Гірнично-геологічна". Випуск 72 / Редкол.: Машков Є.О.(голова) та інші - Донецьк, ДонНТУ, 2004 – 198 с.- С. 48.
8. Араупер Х.-В. Управление горным давлением при использовании технологии заполнения закрепного пространства и набрызгбетонирования. // Глюкауф. - 1985.- №2.- С. 6-7.
9. В.П. Друцко, Б.В. Алферов, Ю.С. Шаповал, В.Г. Гнездилов, С.Б. Мирошко. Комбинированная крепь для сложных горно-геологических условий.// Шахтное строительство. - 1990. - № 6. - С. 24-25.
10. Александров А.Н. О вмещении заполнения закрепного пространства на устойчивость горных выработок. // Шахтное строительство. - 1986.- №8. - С.7-10.
11. Максимов А.П., Шашенко А.Н., Роечко А.Н. Влияние качества забутовки на несущую способность металлической арочной крепи. // Шахтное строительство. - 1987.- №3.- С.21-23.
12. Друцко В.П., Алферов Б.В., Шаповал Ю.С., Гнездилов В.Г. Опыт крепления выработок в сложных горно-геологических условиях. //Уголь Украины.-1994,-№7. - С.45-47.
13. Технологические схемы комбайнового проведения горизонтальных и наклонных выработок в условиях строящихся угольных шахт. РТМ 12.58.004-82. - Х.: ВНИИОМШС, 1982. - С. 5.