

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-4-58-66

УДК 622.256.7

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ БЕТОННЫХ КРЕПЕЙ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

## IMPROVING THE TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF CONCRETE SUPPORTS FOR UNDERGROUND MINE WORKINGS

**Масаев Юрий Алексеевич<sup>1</sup>,**

кандидат техн. наук, профессор, e-mail: recess@bk.ru

**Masaev Yuriy A., C. Sc. (Engineering), Professor**

**Политов Александр Петрович<sup>1</sup>,**

кандидат техн. наук, профессор, e-mail: politov@mail.ru

**Politov Aleksandr P., C. Sc. (Engineering), Professor**

**Масаев Владислав Юрьевич<sup>2</sup>,**

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: recess@bk.ru

**Masaev Vladislav Y., C. Sc. (Engineering), Associate Professor**

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя 28

<sup>1</sup>T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, ul. Vesenniyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup>Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (Кемеровский университет), 650992, г. Кемерово, пр. Кузнецкий 39

<sup>2</sup>Plekhanov Russian University of Economics (Kemerovo University, branch), 39, Prospect Kuznetsky, Kemerovo, 650992, Russian Federation

**Аннотация.** Важное место в повышении эффективности работы угольных и рудных шахт занимают крепление и поддержание капитальных и подготовительных выработок. Затраты на крепление и ремонт выработок велики и значительно возрастают с углублением горных работ. На поддержании выработок заняты более 15% общей численности подземных рабочих. Значительная часть затрат на крепление и ремонт выработок обусловлена не столько сложными горно-геологическими и производственно-техническими условиями, сколько слабым прогнозом структурно-текстурных элементов строения и прочностных свойств пород и принятым типом и параметрами крепи. Основными направлениями повышения устойчивости горных выработок является более полное использование несущей способности вмещающих пород, расширение области и увеличение объемов применения современных типов крепей. В статье изложены результаты многолетних исследований, направленных на разработку новых решений в области совершенствования технологии возведения бетонных крепей для подземных горных выработок любого назначения, позволяющие улучшить качество закрепления породных обнажений, повысить производительность и безопасность труда рабочих, обеспечить экономический эффект от представленных рекомендаций, в том числе в зонах влияния интенсивного обрушения и сдвижения подработанных пород очистными работами.

**Abstract.** Supporting and maintaining capital and preparatory workings take an important place in improving the efficiency of coal and ore mines. The costs of workings supporting and repair are high and increase significantly with deepening of mining operations. More than 15% of the total number of underground workers are involved in maintenance of workings. A significant part of the cost of mine roads supporting and repair is not so much due to complicated mining-geological and technological conditions, as due to a weak prediction of structural and textural elements of the structure and strength properties of rocks and accepted type and parameters of the lining. The main areas for improving the stability of mining workings are a better use of the bearing capacity of host rocks, the expansion of the area and increase in the use of modern types of supports. The article presents the results of years of research aimed at developing new solutions in the field of improving the technology of construction of concrete supports for underground mine workings of any designation that improve the quality of fixing rock outcrops, increase in productivity and safety of workers work, ensure economic effect of the presented recommendations, including in the areas of intensive rock fall and displacement of rock undermined by coal extraction operations.

**Ключевые слова:** бетонная крепь; бетонная смесь; опалубка для бетона; вертикальный ствол; герметизатор; технология; кровля выработки; щит.

**Keywords:** concrete lining; concrete mix; form for concrete; vertical shaft; packer; technology; roof; shield.

В настоящее время при сооружении горных выработок в угольных и рудных шахтах различного назначения с длительным сроком эксплуатации применяется монолитная бетонная крепь [1-3]. Бетонная крепь применяется также при сооружении тоннелей и других подземных сооружений, используемых в народном хозяйстве [4, 5]. Бетон, как строительный материал, известен и совершенствовался на протяжении многих тысячелетий, а в горном деле его начали использовать относительно недавно – в конце XIX – начале XX в.в [6].

Технология возведения сооружений из бетона на поверхности и в подземных условиях значительно отличается. В подземных условиях существенно роль играет ограниченность пространства, форма и размеры поперечных сечений сооружаемых горных выработок, поэтому в таких условиях существенное значение приобретают конструктивные особенности применяемых опалубок, которые бы обеспечивали качеством и высокую производительность этих трудоемких работ [7-10]. Именно этим проблемам и были посвя-

щены наши разработки.

При возведении бетонной крепи в капитальных горных выработках проектами предусматривается в почве выработки формировать бетонный фундамент. Для этого необходимо производить выемку определенного объема породы с применением взрывных работ вдоль боковых сторон горной выработки. Эти работы требуют значительных затрат труда, а поскольку необходимо применять взрывы зарядов ВВ, то возникают и другие отрицательные факторы. Взрывание зарядов ВВ, кроме дополнительных экономических затрат, приносит некоторую опасность с точки зрения воспламенения пылегазовой атмосферы, создают условия образования системы трещин в боках выработки и за счет этого снижение устойчивости породных обнажений. В некоторых случаях при возведении монолитной бетонной крепи не применяют фундамента, но в этом случае при длительной эксплуатации горной выработки за счет воздействия бокового давления со стороны породного массива может произойти нарушение

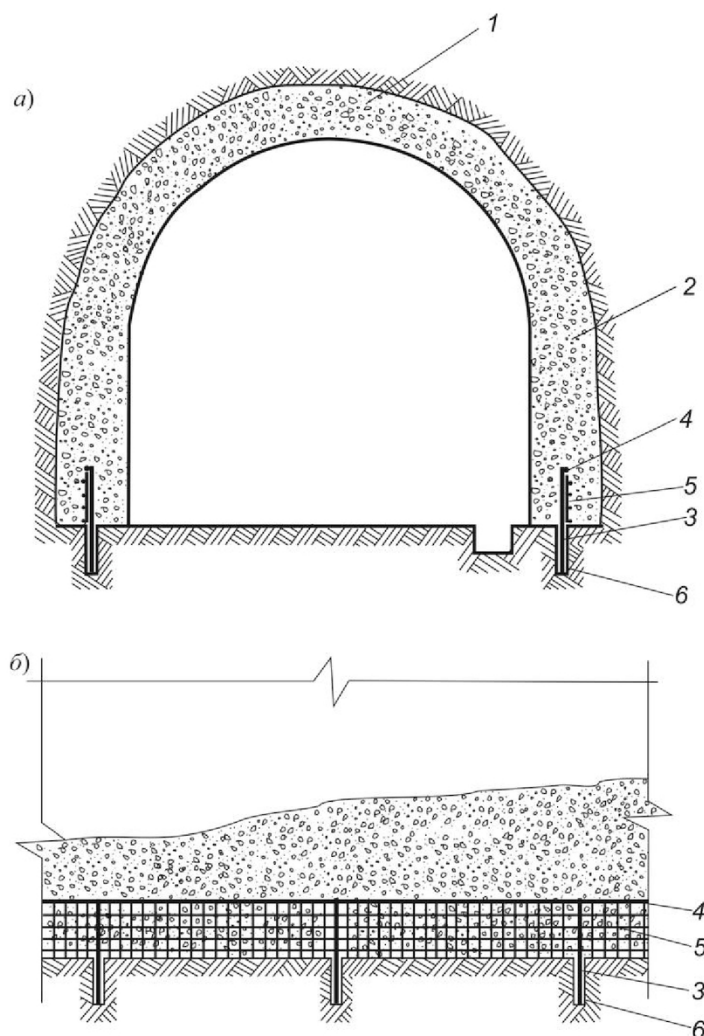


Рис. 1. Бесфундаментная бетонная крепь:  
а – в поперечном сечении горной выработки;  
б – в продольном сечении горной выработки

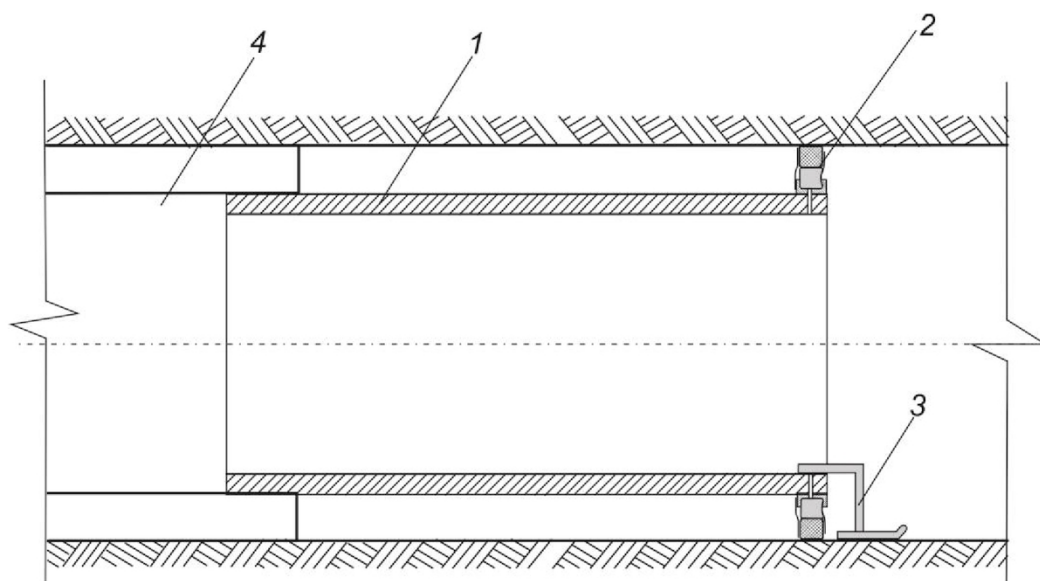


Рис. 2. Опалубка для возведения бетонной крепи тоннелей

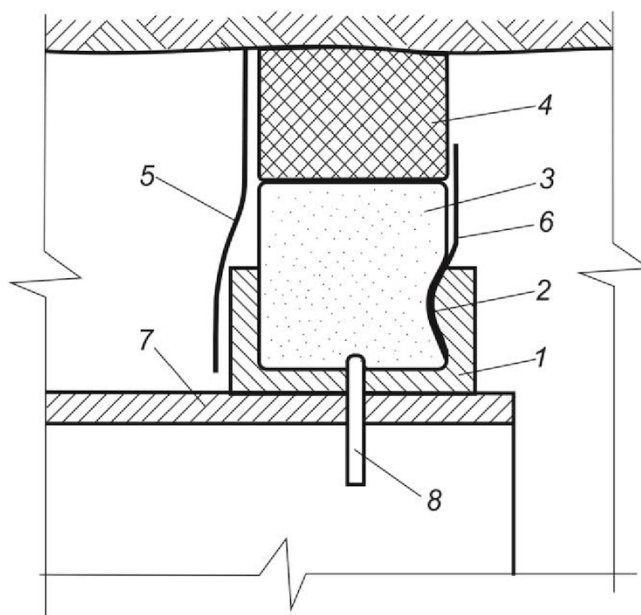


Рис. 3. Торцовый герметизатор опалубки для бетонирования обделки выработок

крепь со всеми отрицательными последствиями.

Нами была разработана бесфундаментная монолитная бетонная крепь, позволяющая исключить отмеченные недостатки [11].

Бесфундаментная монолитная бетонная крепь для горных выработок (рис. 1) состоит из свода 1, боковых стен 2, опирающихся на почву выработки, в основание которой входят вертикальные стержни 3, скрепленные продольным стержнем 4 и закрепленной на стержнях 3 и 4 металлической сеткой 5.

Возведение бетонной крепи начинают с пробурирования в почве боков выработки шпуров 6 глубиной 250–350 мм на расстоянии 600–800 мм друг от друга по длине закрепляемой части горной выработки. После этого, в шпур 6 размещают

металлические стержни 3 длиной 500–600 мм, по верхним торцам которых пропускают и закрепляют продольный стержень 4 и затем к стержням 3 и 4 закрепляют металлическую решетку 5 из прутьев диаметром 10 мм с размером ячеек 8×8 мм (или более). После этого устанавливают опалубку и заливают бетонную смесь.

Наличие металлической решетки, закрепленной на стержнях, значительно повышает прочностные характеристики основания бесфундаментной монолитной бетонной крепи, ее устойчивость к действию бокового давления горных пород и, в конечном итоге, сроки эксплуатации крепи.

Для возведения монолитной бетонной крепи в выработках круглого поперечного сечения,

например в тоннелях, применяют опалубки, повторяющие профиль закрепляемой горной выработки. С целью исключения недостатков в применяемых опалубках для таких выработок, нами были внесены конструктивные изменения, позволяющие обеспечивать повышение качества и производительности выполнения работ по возведению монолитной бетонной крепи [12].

Предлагаемая опалубка для возведения бетонной крепи тоннелей (рис. 2) включает опалубку-облицовку 1, на наружном торце которой расположен торцевой герметизатор 2, а в нижней части торца опалубки имеются опорные лыжи 3.

Процесс возведения бетонной крепи заключается в следующем. После закрепления участка тоннеля 4, опалубка 1 перемещается в положение следующего закрепляемого участка. При этом, опорные лыжи 3, расположенные на наружном торце опалубки, создают точку опоры и предотвращают опускание наружной части опалубки на почву выработки, обеспечивая тем самым соосность опалубки 1 с горной выработкой 4 и исключая возможность раздавливания торцевого герметизатора 2.

Торцевой герметизатор предназначен для исключения утечки нагнетаемой за опалубку бетонной смеси и закреплен на внешней поверхности наружной части опалубки.

Конструкция торцевого герметизатора опалубки включает [13] металлическую реборду 1 (рис. 3), внутренняя часть 2 наружной стороны которой имеет криволинейную поверхность.

Внутри реборды 1 расположена надувная резиновая камера 3, на внешней поверхности которой имеется эластичная полоска – прокладка из губчатой резины 4 и фартук 5 из пленки эластичного материала. Между поверхностью надувной резиновой камеры 3 и внутренней частью наружной стороны 2 реборды 1 расположен жесткий защитный фартук 6.

Перед нагнетанием бетонной смеси за опалубку, должен быть включен в работу торцевой герметизатор, сущность этого процесса заключается в следующем. После установления в горной выработке опалубки 7, через штуцер 8 нагнетается сжатый воздух в надувную резиновую камеру 3, которая увеличиваясь в объеме прижимает к стенкам горной выработки эластичную полоску – прокладку из губчатой резины 4, к которой прикреплен фартук 5 из пленки эластичного материала, предотвращающий контакт заполняемой бетонной смеси с торцевым герметизатором. Жесткий защитный фартук 6 предотвращает «выпучивание» надувной резиновой камеры 3 за пределы металлической реборды 1 в процессе подачи в нее сжатого воздуха, что обеспечивает сохранение конструктивной формы надувной резиновой камеры 3, плотное прижатие к стенкам горной выработки эластичной полоски – прокладки из губчатой резины 4 и предохраняет поверхность надувной ре-

зиновой камеры от разрушения. После этого производится подача бетонной смеси за опалубку.

Конструктивные особенности опалубки для возведения бетонной крепи тоннелей обеспечивают повышение качества бетонирования и долговечности эксплуатации опалубки.

Для проведения горизонтальных горных выработок была разработана опалубка для возведения бетонной крепи, которая одновременно может выполнять функции временной крепи. Опалубка состоит из переставных секций 1 (рис. 4), на внутренней поверхности нижних торцов которых стационарно закреплены домкраты 2.

При использовании опалубки в качестве временной крепи, переставные секции 1 приподнимают с помощью домкратов 2 до упора в кровлю выработки (рис. 4, а). В этом положении опалубка поддерживает кровлю выработки и предотвращает выпадение породных кусков в рабочее пространство горной выработки, обеспечивая безопасные условия работы горнорабочих.

Для возведения бетонной крепи в горной выработке, переставные секции опалубки 1 (рис. 4, б) с помощью домкратов 2 опускают так, чтобы их торцы опирались на почву выработки и после этого приступают к заполнению закрепного пространства бетонной смесью. После затвердевания бетона, секции опалубки переставляют с помощью специального перестановщика в новое положение и операции повторяются.

При проходке вертикальных стволов, возведение бетонной крепи существенно отличается от горизонтальных и наклонных горных выработок по конструктивным особенностям, технологии выполнения и условиям эксплуатации. Вертикальные стволы проходят на глубины многих сотен метров и при этом приходится пересекать различные горные породы, отличающиеся геологическими условиями залегания, физико-химическими свойствами, обводненностью и при этом химический состав воды также различен. Все эти факторы значительно затрудняют процесс проходки и эксплуатации таких горных выработок. Не случайно, поэтому, нормативная скорость проходки вертикальных стволов находится в пределах 40–50 м/мес.

В Кузбассе самый активный период проходки вертикальных стволов был в конце 80-х, начале 90-х годов XX в [14]. Графиком проходки вертикальных стволов комбината «Кузбассшахтострой», утвержденным министром угольной промышленности М. И. Щадовым, было запланировано пройти или углубить в период 1989-1995 гг. 51 ствол на 35 шахтах Кузбасса, а общая глубина всех стволов составляла 15044 метра.

В 1989 г. уже осуществлялась проходка 19 вертикальных стволов глубиной от 279 до 670 м и диаметром от 6,0 до 8,5 м (табл.).

Технология возведения бетонной крепи в вертикальных стволах отличается от горизонтальных горных выработок и зависит от многих факторов



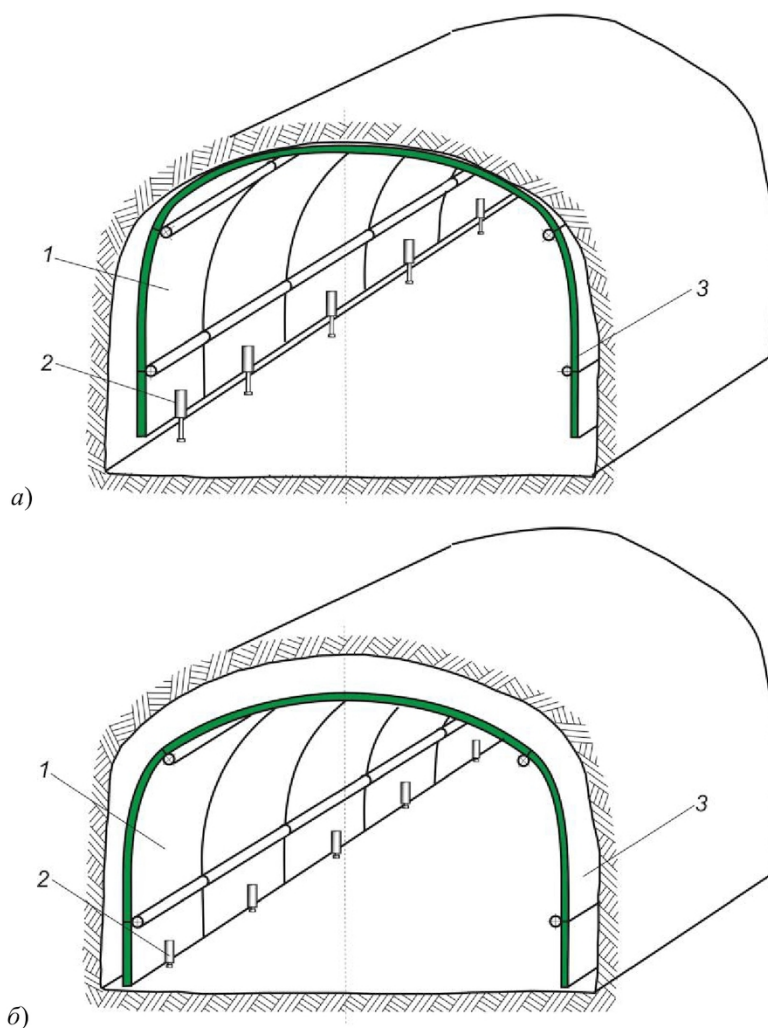


Рис. 4. Опалубка для возведения бетонной крепи горизонтальных горных выработок:  
а – положение опалубки при использовании в качестве временной крепи;  
б – положение опалубки при возведении бетонной крепи

[15]. Бетонная крепь в вертикальных стволах возводится по всему сечению участками, определяемыми высотой опалубки. После заполнения бетоном определенного участка и затвердевания бетона, опалубка опускается на величину заходки и производится заполнение бетоном заопалубочного пространства следующего участка.

В этом случае между двумя соседними участками образуется стыковочный наклонный шов, предопределяемый поверхностью наклонного поддона опалубки, предотвращающего вытекание бетонной смеси из заопалубочного пространства. Наличие стыковочного шва приводит к определенным последствиям в процессе эксплуатации вертикального ствола.

Возведение бетонной крепи осуществляется в работающем забое вертикального ствола, когда производится погрузка взорванной породы и другие работы, и в атмосфере всегда присутствует большое количество пылевидных частиц. В связи с этим поверхность стыковочного шва загрязнена этими частицами, за счет чего не обеспечивается

надежной герметизации между соседними забетонированными участками.

В процессе эксплуатации вертикального ствола из окружающих породных слоев, некоторые из которых очень водонасыщены, вода проникает через стыковочные швы, что приводит к разрушению бетона и снижению несущей способности бетонной крепи, снижению надежности эксплуатации армировки и оборудования в стволе и, как результат – возникновению аварийных ситуаций. С целью исключения отмеченных недостатков нами разработан способ герметизации стыковочных швов в процессе возведения бетонной крепи (Пат. 158604 Российская Федерация, МПК Е 21 D 11/10, Е 21 D 5/12. Бетонная крепь для вертикальных стволов / Масаев Ю. А., Политов А. П., Масаев В. Ю. ; заявитель и патентообладатель Кузбас. госудрст. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – № 2014139426/03 ; заявл. 29.09.2014 ; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2 ).

Таблица 1. Проходка вертикальных стволов на шахтах Кузбасса в 1989 г.

№ п/п	Производственное объединение	Шахта	Назначение ствола	Диаметр ствола, м	Глубина ствола, м
1	«Киселевскуголь»	им. 26 съезда	Северный вентиляционный	6,0	348
2	«Ленинскуголь»	Чертинская	Вентиляционный	6,0	364
3	– «» –	Кирова	Вентиляционный № 7	6,5	430
4	– «» –	Кузнецкая	Осевой вентиляционный	7,0	500
5	«Северокузбассуголь»	Березовская	Клетевой	6,5	400
6	– «» –	Бирюлинская	Северный вентиляционный	6,0	554
7	– «» –	Первомайская	Вентиляционный	8,0	564
8	– «» –	ш/у Сибирское	Вентиляционный	7,0	556
9	– «» –	Анжерская- Южная	Клетевой	8,0	612
10	«Южкузбассуголь»	Распадская	Вентиляционный блока № 4	7,0	508
11	– «» –	им. 60 лет СССР	Вентиляционный	7,5	403
12	– «» –	Абашевская	Осевой вентиляционный	8,0	670
13	«Прокопьевскуголь»	Коксовая	Клетевой (углубка)	6,0	418
14	– «» –	Есаульская	Клетевой № 1	8,5	470
15	– «» –	Зиминка	Породоуглубочный	6,0	418
16	– «» –	Есаульская	Антонов. ствол	8,5	590
17	– «» –	Инская	Клетевой № 3	8,5	565
18	– «» –	Красногорская	Клетевой № 2	7,0	480
19	– «» –	Дзержинского	Ствол ГЗК	6,0	279

С этой целью, предложена конструкция опа-

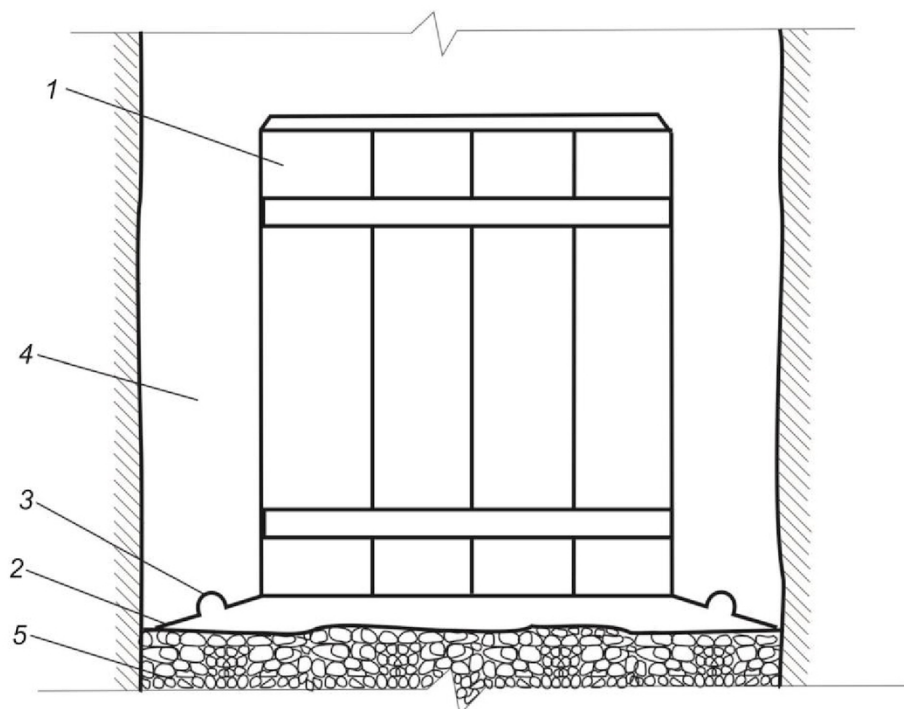


Рис. 5. Опалубка для возведения бетонной крепи вертикального ствола:  
1 – секции опалубки; 2 – наклонный поддон опалубки; 3 – полусферический выступ;  
4 – заопалубочное пространство; 5 – разрушенная порода

лубки, которая состоит из секций жесткого каркаса, создающих наружный контур опалубки 1 (рис. 5), наклонного поддона 2 в нижнем обрезе опалубки 1, на поверхности которого имеется полусферический выступ 3. Между поверхностью опалубки 1 и стенками вертикального ствола находится свободное пространство 4 для заполнения бетонной смесью. В забое вертикального ствола опалубка 1 располагается на разрушенной горной породе 5.

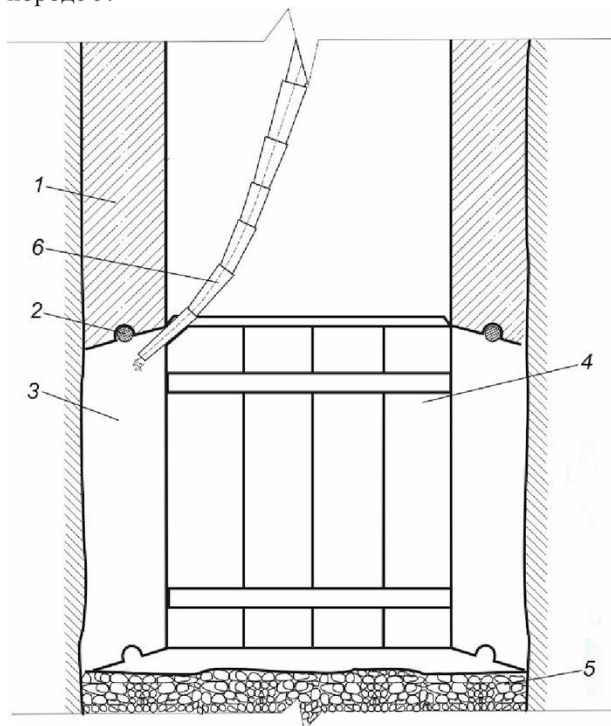


Рис. 6. Схема возведения бетонной крепи и герметизации стыковочного шва в вертикальном стволе: 1 – закрепленная бетоном часть ствола; 2 – герметизатор в полусферической выемке затвердевшего бетона; 3 – закрепленное пространство; 4 – опалубка; 5 – разрушенная порода; 6 – трубопровод для подачи бетонной смеси

Процесс возведения бетонной крепи выполняется в следующем порядке. После закрепления бетоном участка вертикального ствола 1 (рис. 6) и затвердевания бетона, опалубка 4 опускается на разрушенную после взрыва шпуровых зарядов ВВ породу 5. В нижнем торце забетонированного участка после затвердевания бетона образована полусферическая выемка по всей окружности ствола в которую размещается герметизатор стыковочного шва 2, выполненный в форме жгута, повторяющего форму полусферической выемки и полностью ее заполняющий. После этого, опалубка 4 поднимается и устанавливается в требуемое положение для бетонирования следующего участка. Бетонная смесь в закрепное пространство подается по трубопроводу 6. После затвердевания этого участка бетона, герметизатор 2, в качестве

которого применяется «Ватерстоп», способный увеличиваться в объеме при увлажнении, надежно герметизирует стыковочный шов.

Одной из разновидностей бетонных крепей горных выработок является набрызг-бетонная крепь, или как ее называли – безопалубочная бетонная крепь. Сущность ее заключается в нанесении из сопла на поверхность горной выработки бетонной смеси отдельными слоями – сначала 3–5 см, а после его затвердевания следующий слой и т.д. Существенным недостатком, при этом, является то, что до 25 % разбрызгиваемой смеси, а иногда и более теряется в виде отскока от стенок выработки.

Нами был разработан способ возведения набрызг-бетонной крепи (А. с. 1770574 СССР SU E 21 D 11/00. Способ возведения набрызг-бетонной крепи / Ю. А. Масаев, А. В. Угляница, А. И. Петров, А. Ф. Агафонов. – № 4822595/03 ; заявл. 04.05.1990 ; опубл. 23.10.1992, Бюл. № 39), заключающийся в том, что сопло располагают в специальном щите (рис. 7) установленном под углом к поверхности почвы выработки на краю приямка (рис. 8).

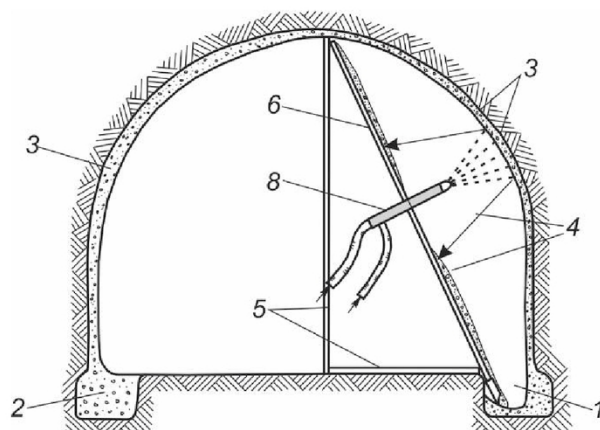


Рис. 7. Нанесение набрызг-бетона на поверхность горной выработки с улавливанием отскока: 1 – приямок; 2 – фундамент крепи; 3 – участок набрызг-бетонной крепи; 4 – отскок бетонной смеси; 5 – опорная рама щита; 6 – щит для улавливания отскока; 8 – сопло;  $\alpha$  – угол наклона щита;  $\beta$  – угол наклона бока выработки

Способ возведения набрызг-бетонной крепи предусматривает улавливание отскачившей от поверхности выработки бетонной смеси и дальнейшего использования ее для фундамента крепи, бетонирования водоотливной канавки и других целей.

Для этого сопло располагают в середине щита в специальной прорези, позволяющей перемещать сопло, ширина щита принимается на два метра больше ширины полосы набрызг-бетона, т.е. 2,8–3,2 м.



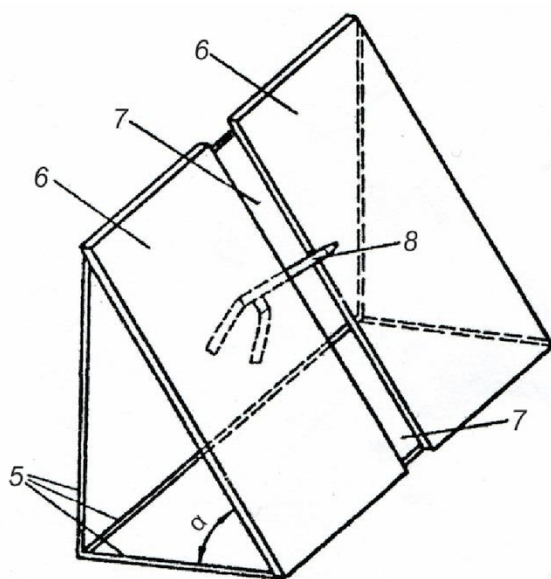


Рис. 8. Щит для улавливания отскока:  
5 – опорная рама щита; 6 – плоскость щита; 7 –  
прорезь в щите для сопла;  
8 – сопло для подачи бетонной смеси; α – угол  
наклона щита

Бетонную смесь наносят на поверхность выработки вертикальными полосами шириной 0,8–1,2 м. После нанесения первой полосы щит передвигают и наносят вторую полосу и т.д. Толщина слоя бетона, наносимого за один прием, принимается по известным рекомендациям и составляет 3–5 см, последующий слой наносят после схватывания предыдущего.

Угол наклона щита принимают из диапазона  $60^\circ \leq \alpha \leq \beta$  с таким расчетом, чтобы щит заданной ширины улавливал отскачившую бетонную смесь как можно с большей части поверхности выработки и половины свода выработки. Повторное использование отскока бетонной смеси позволяет получить значительную экономию денежных средств.

В заключение следует отметить, что внедрение изложенных разработок (защищенных патентами) по совершенствованию технологии возведения бетонных крепей для горных выработок различного назначения разработанных на кафедре «Строительство подземных сооружений и шахт», позволяет повысить качество и долговечность крепи, а значит и устойчивость горных выработок, повысить производительность труда и обеспечить значительный экономический эффект

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерофеев Л.М. Повышение надежности крепи горных выработок/ Ерофеев Л.М., Мирошникова Л.А.// М.: Недра, 1988. 247 с.
2. Михеева А.А. К вопросу повышения прочностной характеристики бетонной крепи подземных сооружений/ Михеева А.А., Борщевский С.В.// Проблемы горного давления, №27, 2015, С.59-73.
3. Голик В. А. Новое направление оптимизации бетонных работ при подземном строительстве / Голик В.А., Страданченко С.Г., Масленников С.А. // Технологии бетонов. № 7-8, 2016, С.33-37.
4. Голик В. А. Требования к бетонам при подземной добыче руд / Голик В.А., Страданченко С.Г., Масленников С.А. // Технологии бетонов. № 7-8, 2015, С.39-41.
5. Жуков А.А. Разработка и адаптация технологии диагностики бетонной крепи шахтных стволов каменных рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), №8, 2016, С.245-254.
6. Каретников В.Н. Крепление капитальных и подготовительных выработок. Справочник/ Каретников В.Н., Клейменов В.В., Нуждихин А.Г.// М.: Недра, 1989. 571 с.
7. Louchnikov V.N. Ground support liners for underground mines: energy absorption capacities and costs / Louchnikov V.N., Sandy M.P., Eremenko V.A. // Eurasian mining, № 1, 2014, p.54-62.
8. Харисов Т.Ф. Обоснование эффективной технологии строительства сопряжений шахтных стволов в сложных горно-геологических условиях / Харисов Т.Ф., Озорнин И.Л. // Проблемы недропользования. № 1(4), 2015, С. 84-90.
9. Disintegration of concrete construction induced by acid mine drainage attack / Ecolu S.O. and other// Journal of the South African institution of civil engineering. Т.: 58, №: 1 у. 2016 p: 34-42.
10. Coulthard M.A. Applications of numerical modelling in underground mining and construction // Geotechnical and geological engineering. Т.17, №3-4, 1999, p.373-385.
11. Пат. 136087 Российская Федерация, МПК Е 21 D 11/10, Е 21 D 5/04. Монолитная бетонная крепь для горных выработок / Масаев Ю. А., Масаев В. Ю. ; заявитель и патентообладатель Кузбас. госуниверситет им. Т. Ф. Горбачева. – № 2013134708/03 ; заявл. 23.07.2013 ; опубл. 27.12.2013, Бюл. № 36.
12. Пат. 144480 Российская Федерация, МПК Е 21 D 11/10. Опалубка для возведения бетонной крепи тоннелей / Масаев Ю. А., Масаев В. Ю. ; заявитель и патентообладатель Кузбас. госуниверситет им. Т. Ф. Горбачева. – № 2014114686/03 ; заявл. 14.04.2014 ; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23.
13. Пат. 143550 Российская Федерация, МПК Е 21 D 11/10. Торцевой герметизатор опалубки для бетонирования обделки выработки / Масаев Ю. А., Карасев В. А., Масаев В. Ю., Костинцев И. К. ; заявитель и патентообладатель Кузбас. госуниверситет им. Т. Ф. Горбачева. – № 2013134708/03 ; заявл. 23.07.2013 ; опубл. 27.12.2013, Бюл. № 36.



тообладатель Кузбас. государт. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – № 2014108799/03 ; заявл. 06.03.2014 ; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21.

14. Штумпф Г.Г. Крепление и поддержание горных выработок: Справочник рабочего / Штумпф Г.Г., Егоров П.В., Лебедев А.В. // М.: Недра, 1993. 427 с.

15. Насонов И.Д. Технология строительства подземных сооружений. Ч.1. / Насонов И.Д., Федюкин В.А., Шуплик М.Н. // М.: Недра. 1983. 352 с.

## REFERENCES

1. Erofeev L. M. Improving the reliability of the mine workings supports/ Erofeev L. M., Miroshnikova L. A.// M.: Nedra, 1988. p. 247.

2. Mikheeva A. A. The problem of improving the strength characteristics of concrete lining of underground structures/ Mikheeva A. A., Borschevskiy S. V.// Problems of rock pressure, №27, 2015, pp. 59-73.

3. Golik V. A., New area of optimization of concrete works in the underground construction / Golik V. A., Stradanchenko S. G., Maslennikov S. A. // Technologies of concrete. No. 7-8, 2016, pp. 33-37.

4. Golik V. A. The requirements for concrete in underground ore mining / Golik V. A., Stradanchenko S. G., Maslennikov S. A. // Technologies of concrete. No. 7-8, 2015, pp. 39-41.

5. Zhukov A. A. Development and adaptation of technologies of concrete lining diagnostics for potash mine shafts // Mining information and analytical bulletin (Scientific and technical journal), No. 8, 2016, pp. 245-254.

6. Karetnikov V. N. Supporting capital and preparatory workings. Directory/ Karetnikov V. N., Klymenov V. V., Nordichi A. G.// M.: Nedra, 1989. p. 571.

7. Louchnikov V. N. Ground support liners for underground mines: energy absorption capacities and costs / Louchnikov V. N., Sandy M. P., Eremenko V. A. // Eurasian mining, No. 1, 2014, p.54-62.

8. Kharisov, T. F. Substantiation of effective technology of construction of mine shaft junctions in difficult mining and geological conditions / Kharisov, T. F., Ozornin I. L. // Problems of subsoil use. No. 1(4), 2015, pp. 84-90.

9. Disintegration of concrete construction induced by acid mine drainage attack / Ecolu and other S. O.// Journal of the South African institution of civil engineering. T.: 58, number: 1 y. 2016 pp: 34-42.

10. Coulthard M. A. Applications of numerical modelling in underground mining and construction // Geotechnical and geological engineering. T. 17, No. 3-4, 1999, p.373-385.

11. Pat. 136087 Russian Federation, IPC E 21 D 11/10, E 21 D 5/04. Monolithic concrete lining for mine workings / Masaiev Y. A., Masaiev Y. V.; Applicant and patentee of the Russian Federation. T. F. Gorbachev State Tech. Univ. No 2013134708/03; Appl. 23.07.2013 ; publ. 27.12.2013, bull. No. 36.

12. Pat. 144480 Russian Federation, IPC E 21 D 11/10. Formwork for the erection of concrete lining in tunnels / Masaiev A. Y., Masaiev Y. V. ; Applicant and patentee of the Russian Federation. T. F. Gorbachev State Tech. Univ. No 2014114686/03 ; Appl. 14.04.2014 ; publ. 20.08.2014, bull. No. 23.

13. Pat. 143550 Russian Federation, IPC E 21 D 11/10. End packer of formwork for concreting of the mine working casing / Masaiev Y. A., Karasev V. A., Masaiev V. Y., Kostenets I. K. ; applicant and patentee of the Russian Federation. T. F. Gorbachev State Tech. Univ. No 2014108799/03 ; Appl. 06.03.2014 ; publ. 27.07.2014, bull. No. 21.

14. Stumpf G. G., Supporting and maintaining mine workings: a worker's handbook / Stumpf G. G., Egorov P. V., Lebedev A. V. // M.: Nedra, 1993. p. 427.

15. Nasonov I. D. Technology of construction of underground structures. Part 1. / Nasonov I. D., Fedyukin V. A., Shuplick M. N. // M.: Nedra. 1983. p. 352.

*Поступило в редакцию 07 июня 2017*

*Received 07 June 2017*