

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.12.4.004

УДК 622.236.4 (075.8)

© Ю.А. Масаев, А.П. Политов, В.Ю. Масаев, О.Ю. Аксенова, 2019

### Ю.А. МАСАЕВ

канд. техн. наук, доцент,  
профессор КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: masaev-62@mail.ru



### А.П. ПОЛИТОВ

канд. техн. наук, профессор  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: pap.spssh@kuzstu.ru



### В.Ю. МАСАЕВ

канд. техн. наук, доцент,  
доцент КГСХА, г. Кемерово  
e-mail: masaev-62@mail.ru



### О.Ю. АКСЕНОВА

канд. техн. наук, доцент,  
заведующая кафедрой КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: olesya\_aksenova42@mail.ru



## НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

*Основной этап строительства угольной или рудной шахты — сооружение вертикальных стволов, открывающих доступ к полезному ископаемому. Сложность проходки вертикальных стволов заключается в том, что их глубина достигает многих сотен метров, и при этом они пересекают различные горные породы, отличающиеся по ряду факторов, значительно затрудняющих процесс проходки и эксплуатации таких горных выработок. Наряду с проходкой вертикальных стволов, при переходе к отработке нижних горизонтов широко применяется углубка вертикальных стволов. Рекомендуются в статье новые разработки при сооружении и эксплуатации вертикальных стволов направлены на повышение производительности и безопасности труда рабочих и на экономию затрачиваемых средств.*

Ключевые слова: ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТВОЛ, УГЛУБКА СТВОЛА, РАССТРЕЛ АРМИРОВКИ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ ПОЛОК, ГЕРМЕТИЗАТОР СТЫКОВ БЕТОННОЙ КРЕПИ.

Сооружение вертикальных стволов при строительстве и реконструкции горнодобывающих предприятий является важным этапом, поскольку только после их возведения возможно начать горнопроходческие работы по подготовке к выемке полезных ископаемых; отработка технологии проходки таких горных выработок в Кузбассе осуществляется на протяжении многих десятилетий.

На первых угольных коях начали добывать уголь во второй половине XIX в., но добыча и подъем угля на них осуществлялись вручную, позднее конными воротами; и лишь в начале XX в. стали строить шахты с вертикальными стволами.

Вертикальные стволы проходят на глубины многих сотен метров и при этом пересекают горные породы с различными условиями залегания, физико-механическими и химическими свойствами, степенью обводненности и действующими напряжениями. Все эти факторы значительно усложняют процесс проходки и эксплуатации таких горных выработок, поэтому нормативная скорость их проходки находится в пределах 40–50 м/мес., а стоимость строительства вертикальных стволов составляет 20–25 % от полной стоимости строительства горнодобывающего предприятия; продолжительность строительства, в зависимости от горно-геологических и горно-технических условий — от 30 до 60 % общего времени строительства. Самый активный период проходки вертикальных стволов угольных шахт в Кузбассе был в конце 80-х–начале 90-х годов XX в. На период 1989–1995 гг. было запланировано пройти или углубить 51 вертикальный ствол на 35 угольных шахтах. Общая глубина всех пройденных стволов составляла 15044 метра, и в 1989 г. уже осуществлялась проходка 19 вертикальных стволов глубиной от 279 до 670 м, диаметром от 6,0 до 8,5 м [1].

Вертикальные стволы возводятся не только в угольных шахтах, но и на рудных месторождениях, где условия резко отличаются от угольных месторождений из-за сложности

залегания рудных тел и физико-механических свойств вмещающих горных пород, коэффициент крепости которых достигает  $f = 18–20$  и более по шкале проф. Протодяконова М.М. Кроме того, породы пересекаются крупными тектоническими разломами, имеющими зоны смятия, а с увеличением глубины разработки, начиная с 600 м и более, наблюдается осложнение геомеханической обстановки из-за перераспределения напряжений при нарушении сплошности породного массива. Все это приводит к различным геодинамическим проявлениям, в том числе и горным ударам. Так, например, на Таштагольском железорудном месторождении при ведении горных работ за период с 1987 г. по 2011 г. произошло 18296 динамических явлений, из них 2083 при производстве взрывных работ.

В таких условиях сооружение горных выработок, особенно вертикальных стволов, становится сложным процессом; уникальным примером подобных выработок может служить сооружение самого глубокого вертикального ствола в Кузбассе на Таштагольском руднике, глубина которого 1050 м при диаметре в проходке 8 м. Коэффициент крепости пород по шкале проф. Протодяконова М.М. составлял при строительстве от 8 до 12, а у основной массы пород  $f = 10–12$ , в пределах разрабатываемого участка залегали породы, склонные к горным ударам. Кроме этого, проходка ствола осложнялась повышенным водопритоком, который, по данным гидрогеологических исследований, на различных глубинах составлял: нормальный — 150 м<sup>3</sup>/ч, максимальный — 180 м<sup>3</sup>/ч. К тому же, по данным химических анализов, трещинные воды обладали углекислотной агрессивностью, и поэтому для крепления ствола необходимо было применять сульфатостойкий цемент. До глубины ствола 300 м сложностей не возникло, проходка велась в соответствии с проектом. На глубине 550 м, по данным геологической разведки, имелась зона повышенных напряжений, и на глубине 563 м в бетонной крепи ствола образовалась первая

трещина, протяженностью 8 м. Деформации и нарушения крепи имели место до глубины 600 м, а с глубины 764 м стали появляться признаки горных ударов — шелушение породы и бетона, толчки и сотрясения со звуковым эффектом, на глубине 818 м произошло землетрясение интенсивностью 6 баллов. В дальнейшем все указанные геодинамические проявления повторялись. Всего за десять месяцев было зафиксировано 36 случаев проявления звуковых эффектов, шелушений, микроударов, толчков и 5 землетрясений различной интенсивности. Все это повлияло на состояние крепи ствола: на некоторых участках крепи наблюдалось выкрашивание бетона, изгибание арматуры внутри ствола и изменение формы сечения ствола.

Условия сооружения вертикальных стволов при разработке угольных месторождений отличаются от рудных, калийных и соляных месторождений из-за различия условий формирования и залегания пересекаемых горных пород [2, 3]. Таких геодинамических проявлений, как в рудных шахтах не происходит, но при эксплуатации вертикальных стволов, глубина которых достигает 700 и более метров, пройденных в породах с повышенным напряженным состоянием, также возможно проявление деформаций окружающих горных пород и искривление стенок вертикального ствола, что приводит к деформации расстрелов армировки. Для изготовления расстрелов, как правило, используются металлические двутавровые

балки с нижними и верхними горизонтальными полками, которые выполняются составными балками из отрезков различной длины; для обеспечения податливости при боковых деформациях некоторыми авторами было предложено соединять эти отрезки болтами через овальные отверстия в боковых накладках. В вертикальных стволах, предназначенных для скипового подъема рудной и породной массы, имеют место падение просыпи и отдельных кусков, вес которых может достигать 100 и более килограммов. Падение таких кусков с большой высоты на место соединения участков расстрелов может привести к их деформации и разрушению. Для предотвращения этого нами была разработана конструкция расстрела с подвижным защитным козырьком [4], защищающим участки соединения частей расстрелов от падающих кусков пород и руды с одновременным обеспечением податливости участков расстрелов при деформациях стенок вертикального ствола. Расстрел (рис. 1) состоит из двух частей: левой 1 и правой 2, защитного козырька, состоящего также из двух частей — 3 и 4. На верхней полке левой части расстрела 1 расположен защитный козырек, выполненный из металлического уголка 3, одна половина которого жестко закреплена на верхней полке левой части расстрела 1, а вторая половина уголка свободно располагается с возможностью перемещения на верхней полке правой части расстрела 2.

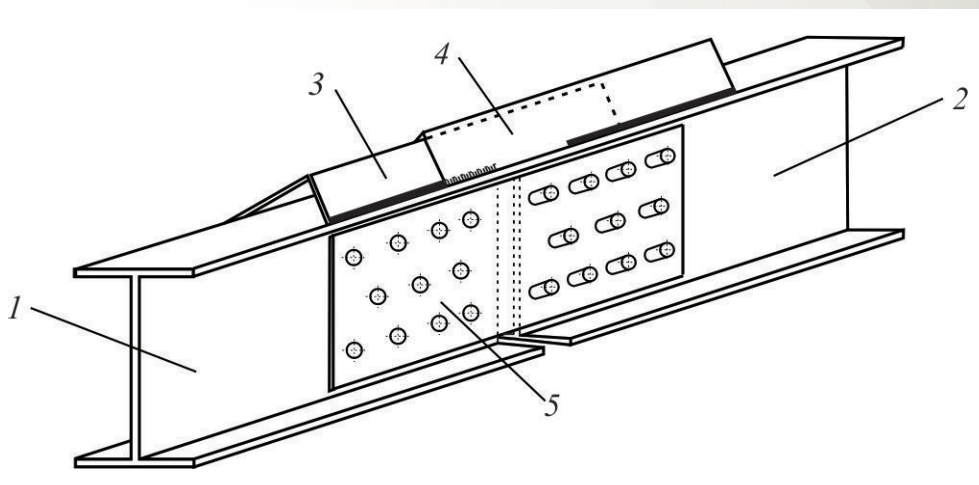


Рис. 1. Расстрел армировки шахтного ствола с подвижным защитным козырьком: 1 — левая часть расстрела; 2 — правая часть расстрела; 3, 4 — защитный козырек; 5 — накладка



На верхней полке правой части расстрела 2 расположена вторая часть защитного козырька, выполненного из металлического уголка 4, одна половина которого жестко закреплена на верхней полке правой части расстрела 2, а вторая половина уголка свободно располагается с возможностью перемещения на поверхности металлического уголка 3. Составные части расстрела 1 и 2 соединены боковыми накладками с помощью болтов, при этом одна часть накладок 5 имеет обычное жесткое болтовое соединение, а на другой части накладок 6 отверстия для болтов имеют овальную форму, что позволяет смещаться части расстрела при деформации стенок вертикального ствола.

В практике строительства вертикальных стволов основным материалом крепи является монолитный бетон. В угольной и горнорудной промышленности объем применения бетонной крепи стволов составляет 90–95 %, в горно-химической промышленности — 40–45 %. Бетонная крепь, по сравнению с другими материалами крепи, имеет ряд преимуществ: плотное сцепление с боковыми породами, большой срок службы и огнестойкость. При правильном подборе состава бетона и соблюдении соответствующей технологии возведения крепи она обладает достаточной водонепроницаемостью и коррозионной стойкостью, имеет сравнительно низкую стоимость и обеспечивает условия механизации по ее возведению, гладкая поверхность внутренних стенок крепи обеспечивает низкое аэродинамическое сопротивление движению воздуха по стволу. Для приготовления бетонной смеси широко используют дешевые местные материалы (песок, щебень, гравий).

Бетонная крепь в вертикальных стволах возводится по всему сечению участками, определяемыми высотой опалубки, между двумя соседними заходками. После затвердевания бетона образуется стыковочный шов, наличие которого может привести к определенным последствиям в процессе многолетней эксплуатации вертикального ствола. Возведение бетонной крепи производится в работающем забое, где ведется погрузка взор-

ванной породы и т. д., а в атмосфере присутствует большое количество пылевидных частиц. За счет этого поверхность стыковочного шва загрязняется, в результате чего не обеспечивается надежная герметизация между соседними забетонированными участками, что является причиной проникновения воды из вмещающих горных пород. Это приводит к снижению несущей способности бетонной крепи и возможному разрушению, снижению надежности эксплуатации армирования и оборудования в стволе и, как результат, к возникновению аварий. Чтобы исключить отмеченные недостатки нами был разработан способ герметизации стыковочных швов в процессе возведения бетонной крепи [5]. Для этого была предложена конструкция опалубки, состоящей из секций жесткого каркаса, создающих наружный контур опалубки, и наклонного поддона, на поверхности которого имеется полусферический выступ. После закрепления бетоном участка вертикального ствола 1 (рис. 2), опалубка 4 опускается

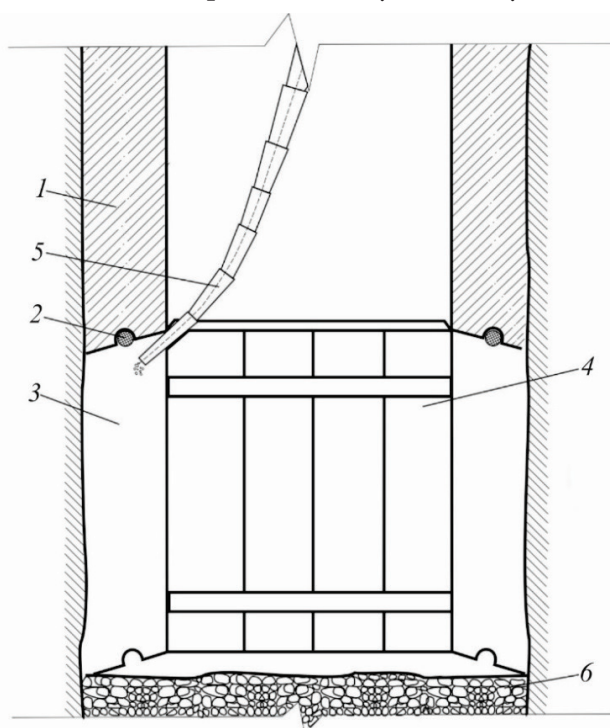


Рис. 2. Возведение бетонной крепи в стволе с герметизацией стыковочного шва: 1 — забетонированная часть ствола; 2 — полусферическая выемка с герметизатором; 3 — заопалубочное пространство, заполняемое бетоном; 4 — опалубка; 5 — разрушенная порода; 6 — трубопровод для подачи бетона

на разрушенную взрывом горную породу, а в торцевой части затвердевшего бетона образуется полусферическая выемка, в которую размещается герметизатор стыковочного шва 2. Герметизатор выполнен в виде жгута, повторяет форму полусферической выемки и полностью заполняет ее по всей окружности ствола. Затем производится следующий этап бетонирования — опалубка устанавливается в требуемое положение, после чего бетонная смесь по трубопроводу 6 подается в заопалубочное пространство 3. Герметизатор 2, в качестве которого применяется «Ватерстоп», под воздействием влаги увеличивается в объеме и надежно герметизирует стыковочный шов.

Наряду с проходкой вертикальных стволов при переходе к отработке нижних горизонтов достаточно широко применяется углубка вертикальных стволов. Работы по углубке вертикальных стволов значительно сложнее, чем при проходке, так как производятся совместно с выполнением горнодобычных работ; при этом усложняются вопросы транспорта, энергоснабжения, проветривания.

Наиболее часто углубка вертикальных стволов применяется на горнодобывающих предприятиях железорудных месторождений. В Кузбассе добыча железной руды ведется на месторождениях, которые были подготовлены в 40–60-х годах прошлого века. При их реконструкции производится углубка вертикальных стволов, шаг углубки достигает нескольких сотен метров. При этом в случае углубки вертикальных стволов, как и при их проходке, производятся те же самые проходческие операции — бурение и взрывание комплекта шпуров, погрузка и выдача взорванной массы горной породы, возведение постоянной крепи и армирование. Все работы приходится выполнять при действующем скиповом подъеме, поскольку полная остановка работы предприятия на длительное время приведет к большим экономическим потерям. При такой организации работ сложно обеспечить безопасность проходчиков в углубляемом стволе при одновременной работе подъемных механизмов — рудных и породных скипов — поскольку не исключено

падение кусков выдаваемой из ствола породы. Для предотвращения таких ситуаций применяются различные предохранительные полки и устройства. Мы предлагаем клиновой предохранительный полок [6], состоящий из верхней наклонной отражающей стенки 1 и нижней наклонной отражающей стенки 2, которые скреплены между собой вертикальной соединительной стенкой 3, имеющей окно, перекрываемое крышкой 4 с подъемным устройством 5 (гидродомкратом). В процессе углубки вертикального ствола крышка 4 перекрывает окно, прижимаясь к нему, чтобы в углубляемую часть ствола не попадали куски или просыпь породы из ствола.

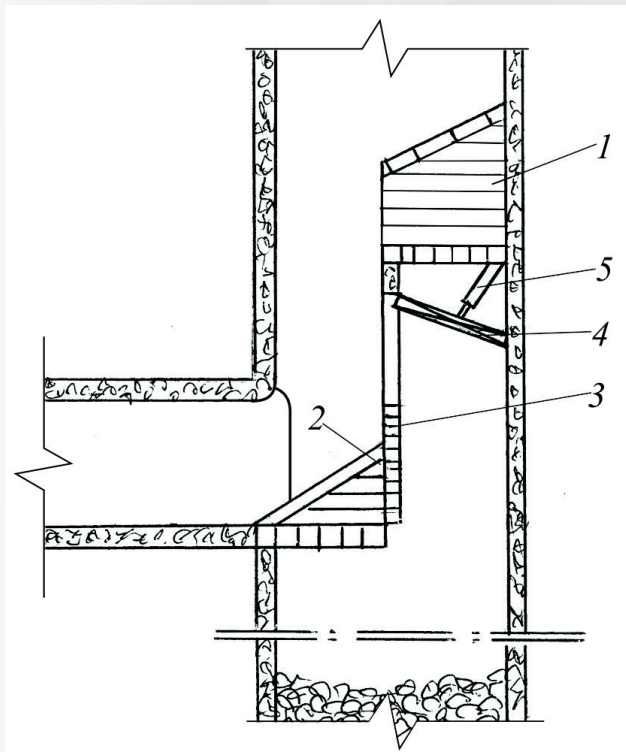


Рис. 3. Клиновой предохранительный полок: 1, 2 — верхний и нижний полок с наклонными отражательными стенками; 3 — соединительная стенка; 4 — крышка окна; 5 — гидродомкрат

После пробуривания комплекта шпуров в забое углубляемого вертикального ствола, перед их заряданием взрывчатým веществом и взрыванием, крышка 4 с помощью подъемного устройства отводится и открывает окно, обеспечивая выход из тупиковой части полка ударной воздушной волны и газообразных продуктов взрыва, а также предотвращая воз-

возможность разрушения соединительной стенки полка.

Конструкция клинового предохранительного полка наряду с положительными характеристиками имеет и недостатки, заключающиеся в том, что при падении сверху кусков породы или другого груза, особенно с большой высоты, происходит их отскок от наклонной поверхности полка под прямым углом, а затем они ударяются о бетонную крепь верти-

кального ствола. Под действием таких ударов в бетонной крепи могут образовываться трещины, и с течением времени часть бетонной крепи может быть разрушена, что приведет к аварийным последствиям. Для предотвращения таких последствий нами было предложено устройство предохранительного экрана перед наклонной поверхностью предохранительного полка [7] (рис. 4).

Защитный экран изготавливается из от-

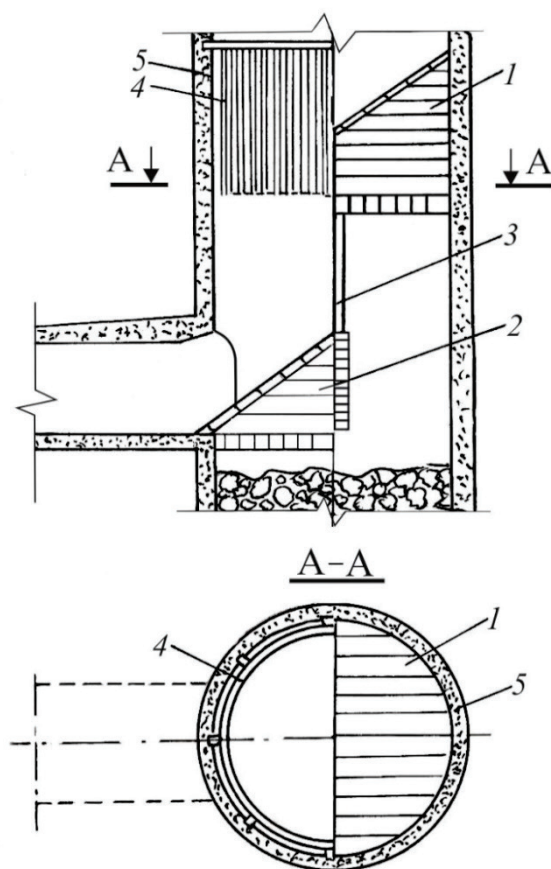


Рис. 4. Предохранительный полка с защитным экраном: 1, 2 — предохранительный полка с наклонными стенками; 3 — соединительная стенка; 4 — защитный экран; 5 — бетонная крепь вертикального ствола

резков рельс, металлических канатов и пр. и подвешивается по периметру сечения вертикального ствола перед наклонной поверхностью предохранительного полка на расстоянии 25–30 см от бетонной крепи. Падающие сверху куски породы или другие массивные предметы, ударяясь о верхнюю наклонную поверхность полка, отскакивают от нее и попадают в защитный экран, который, воспринимая ударную нагрузку, предохраняет от разрушения бетонную крепь вертикального ствола и

гасит скорость падения породных кусков на нижнюю наклонную поверхность клинового предохранительного полка.

Применение изложенных новых разработок для сооружения и эксплуатации вертикальных стволов при разработке угольных и горно-рудных месторождений полезных ископаемых позволяет повысить качество производства работ, создать безопасные условия труда, обеспечить бесперебойную работу предприятия и экономию затрачиваемых средств.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масаев Ю.А., Копытов А.И., Политов А.П., Масаев В.Ю. Строительство вертикальных стволов. Буровзрывные работы: учеб. пособие. Кемерово: КузГТУ, 2018. 177 с.
2. Першин В.В., Копытов А.И., Сарычев В.И. Строительство и углубка вертикальных стволов шахт. Новосибирск: Наука, 2014. 350 с.
3. Ольховиков Ю.П. Крепь капитальных выработок калийных и соляных месторождений. М.: Недра, 1984. 238 с.
4. Пат. 182775. Российская Федерация: МПК E21 D 7/00, E21 D 11/38. Расстрел армировки шахтного ствола с подвижным защитным козырьком / Копытов А.И., Масаев Ю.А., Масаев В.Ю. № 2018113234/03; заявл. 11.04.2018; опубл. 31.08.2018.
5. Пат. 158604. Российская Федерация: МПК E21 D 11/10, E21 D 5/12. Бетонная крепь для вертикальных стволов / Масаев Ю.А., Политов А.П., Масаев В.Ю. № 2014139426/03, заявл. 29.09.2014; опубл. 20.01.2016.
6. Пат. 160418. Российская Федерация: МПК E21 D 7/00. Клиновой предохранительный полок / Копытов А.И., Масаев Ю.А., Масаев В.Ю. № 2015144909/03, заявл. 19.10.2015; опубл. 20.03.2016.
7. Пат. 135358. Российская Федерация: МПК E21 D 7/00. Клиновой предохранительный полок при углубке вертикальных стволов шахт / Масаев Ю.А., Копытов А.И., Масаев В.Ю. № 2013134707/03; заявл. 23.07.2013; опубл. 10.12.2013.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.12.4.004

UDK 622.236.4 (075.8)

© YU.A. Masayev, A.P. Politov, V.YU. Masayev, O.YU. Aksenova, 2019

### YU.A. MASAYEV

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Professor KuzGTU, Kemerovo  
e-mail: masaev-62@mail.ru

### A.P. POLITOV

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Professor KuzGTU, Kemerovo  
e-mail: politov@mail.ru

### V.YU. MASAYEV

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor KSAA, Kemerovo  
e-mail: masaev-62@mail.ru

### O.YU. AKSENOVA

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of KuzGTU, Kemerovo  
e-mail: olesya\_aksenova42@mail.ru

## NEW DEVELOPMENTS IN TECHNOLOGY CONSTRUCTION OF VERTICAL SHAFTS

*The main construction phase of the coal or ore mines is the construction of vertical shafts, opening access to mineral resource. The complexity of driving vertical shafts is that their depth reaches many hundreds of meters; at the same time they cross different rocks, which differ in some factors, which significantly complicate the process of driving and operation of such mine workings. Along with the construction of vertical shafts, when you move of the construction the lower horizons is widely used deepening vertical shafts. Featured new development in the construction and operation of vertical shafts were aimed at increasing the productivity and safety of the workers and getting the economy for money.*

Keywords: VERTICAL SHAFTS, DEEPENING SHAFTS, SHOOTING FOR ARMOURING, SAFETY SHELVES, HERMETIZER JOINTS OF CONCRETE LINING.

### REFERENCES

1. Masaev Yu.A., Kopytov A.I., Politov A.I., Masaev V.Y Construction of vertical shafts. Blasting: stud. Manual. Kemerovo: KuzSTU, 2018. 177 p. (In Russ.).
2. Pershin V.V., Kopytov A.I., Sarychev V.I. Construction and deepening of vertical shafts of mines. Novosibirsk: Nauka, 2014. 350 p. (In Russ.).
3. Olhovikov Yu.P. Support capital workings of potash and salt deposits. M.: Nedra, 1984. 238 p. (In Russ.).
4. Pat. 182775. Russian Federation: MPK E 21 D 7/00, E 21 D 11/38. Shooting for armouring shaft with movable protective visor / Kopytov A.I., Masaev Yu.A., Masaev V.Y. No 2018113234/03, stated 11.04.2018; posted 31.08.2018. (In Russ.).
5. Pat. 158604. Russian Federation: MPK E 21 D 11/10, E 21 D 5/12. Concrete shoring for vertical shafts / Masaev Yu.A., Politov A.P., Masaev V.Yu. No 2014139426/03, stated 29.09.2014; posted 20.01.2016. (In Russ.).
6. Pat. 160418. Russian Federation: MPK E 21 D 7/00. Wedge safety shelves / Kopytov A.I., Masaev Yu.A., Masaev V.Yu. No 2015144909/03, stated 19.10.2015; posted 20.03.2016. (In Russ.).
7. Pat. 135358. Russian Federation: MPK E21 D 7/00. Wedge safety shelves with uglubke vertical shafts of mines / Masaev Yu.A., Kopytov A.I., Masaev V.Yu. No 2013134707/0, stated 23.07.2013; posted 10.12.2013. (In Russ.).