

УДК 622.25/26



**В. В. МИРОНОВ,**  
технический директор ООО  
«Шахтостроительная компания  
«Донецкшахтопроходка»



**Е. Н. ХАЛИМЕНДИКОВ,**  
первый зам. генерального  
директора – главный инженер  
ПАО «Шахтоуправление  
«Покровское»,  
канд. техн. наук

## Применение технических и технологических новаций при сооружении горных выработок

проведению горизонтальных и наклонных капитальных и подготовительных выработок, сооружению подземных бункеров и камер любой площади сечения и конфигурации, монтажу (демонтажу) горношахтного оборудования в подземных условиях.

В настоящее время компания выполняет работы по сооружению выработок и камер околоствольного двора, проведению горизонтальных и наклонных горных выработок, а также по оснащению для проходки двух вертикальных стволов на объектах ПАО «Шахтоуправление «Покровское». Совместно со специалистами шахты в полном объеме выполнен пусковой комплекс скипового ствола № 2 блока № 10, сооружается комплекс главного водоотлива нового блока.

● **Новая технология транспортировки и укладки готовой бетонной смеси в выработки околоствольного двора в условиях эксплуатации блока № 10.** Освоение значительных объемов строительно-монтажных работ по проведению и креплению выработок и камер околоствольного двора горизонта 815 м особенно затруднено в условиях эксплуатации блока № 10 с суточной добычей более 8 тыс. т. Это потребовало внедрения новых схем подачи готовой бетонной смеси к месту производства работ. Существующие схемы приготовления

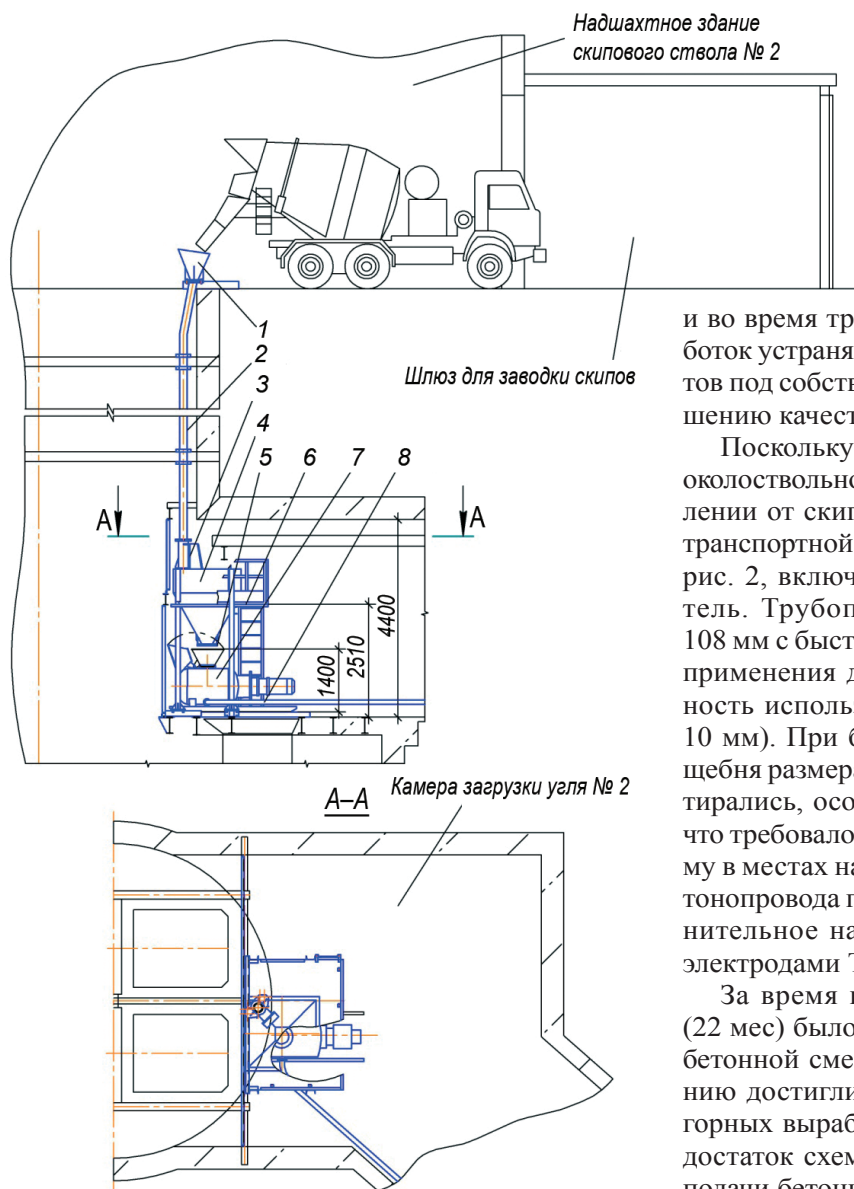
бетонной смеси непосредственно перед ее укладкой за опалубку, а также доставка в шахту готовой смеси контейнерами не обеспечивали забой необходимым количеством, что негативно сказывалось на темпах крепления выработок монолитным бетоном. Было принято решение спускать бетонную смесь с поверхности по ставу труб диаметром 168 мм, смонтированному в скиповом стволе № 2.

Указанная схема применяется для крепления при проходке вертикальных стволов, однако еще не использовалась в условиях интенсивной эксплуатации скипового подъема. Согласно этой схеме готовая бетонная смесь доставляется от централизованного бетонорастворного узла к стволу в автобетоносмесителях. По вертикальному трубопроводу она поступает в камеру загрузки угля скипового ствола № 2 (рис.1), где установлен пневмонагнетатель СО-241/1 (ПН-600).

Пневмонагнетатель предназначен для приготовления и подачи к месту укладки цементно-песчаных растворов подвижностью от 3 до 5 см и бетонов жесткостью от 16 до 32 с, крупностью фракций до 20 мм, а также для приема, побуждения и подачи готовых растворов. Принцип работы основан на порционной подаче бетонной смеси под действием сжатого воздуха. Для по-

*Описана новая технология транспортировки и укладки готовой бетонной смеси по трубам с поверхности для бетонирования выработок околоствольного двора, рассмотрены технические решения анкерного крепления при проведении горных выработок и пути их совершенствования, освещен опыт сооружения технологических отходов вертикальных стволов в сложных горно-геологических условиях Красноармейско-Западного угленосного района.*

В связи со снижением потребности в вертикальных выработках коллектив ООО «Шахтостроительная компания «Донецкшахтопроходка» успешно диверсифицировал направления своей деятельности, существенно расширив возможности предприятия по



**Рис. 1.** Схема подачи бетонной смеси по скиповому стволу № 2: 1 – приемная воронка; 2 – трубопровод подачи бетонной смеси по стволу; 3 – гаситель скорости; 4 – бункер; 5 – затвор; 6 – площадка с ограждением; 7 – пневмонагнетатель СО-241/1(ПН-600); 8 – трубопровод подачи бетонной смеси по горным выработкам.

и во время транспортировки по сети горных выработок устраняет возможное расслаивание компонентов под собственным весом, что способствует повышению качества монолитной бетонной крепи.

Поскольку работы по бетонированию выработок околоствольного двора ведутся на значительном удалении от скипового ствола (более 300 м), в состав транспортной бетонной цепочки, представленной на рис. 2, включен дополнительный пневмонагнетатель. Трубопровод состоит из труб диаметром 108 мм с быстроразъемным соединением. Практика применения данной схемы показала целесообразность использования щебня мелкой фракции (5 – 10 мм). При бетонировании бетоном с фракциями щебня размерами 10 – 20 мм стенки труб быстро истирались, особенно на поворотах бетонопроводов, что требовало выполнения ремонтных работ. Поэтому в местах наибольшего трения смеси о стенки бетонопровода предварительно производилось дополнительное наплавление металла сталенитовыми электродами Т-590 диаметром 5 мм.

За время применения представленной схемы (22 мес) было доставлено и уложено более 3500 м<sup>3</sup> бетонной смеси, суточные объемы по бетонированию достигли 40 м<sup>3</sup>. Длина трубопровода по сети горных выработок превысила 400 м. Основной недостаток схемы – истирание стенок трубопровода подачи бетонной смеси по стволу и необходимость замены секций трубопровода, что особенно осложнялось из-за отсутствия времени на выполнение ремонтных работ в условиях работы скиповых подъемов.

Для устранения этого недостатка в настоящее время бурят технологическую скважину, что позволит разгрузить ствол и сократить длину «бетонной цепочки». В дальнейшем, после выполнения работ по бетонированию выработок околоствольного двора, скважину можно использовать в целях доставки в шахту специального раствора для тампонажа проводимых подготовительных и капитальных горных выработок или для технологических целей. В настоящее время при сооружении объектов шахтоуправ-

**Техническая характеристика СО-241/1(ПН-600)**

Подача, м <sup>3</sup> /ч, не менее	5
Дальность подачи раствора, м, не менее:	
по вертикали	40
по горизонтали	100
Рабочее давление воздуха, МПа, не более	0,68
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин, не более	6
Средний ресурс до первого капитального ремонта, ч	2500

дачи сжатого воздуха используется постоянная сеть, смонтированная в околоствольном дворе горизонта 815 м блока № 10.

Дополнительное перемешивание бетонной смеси с помощью перемешивающего устройства перед



Рис. 2. Схема разводки трубопровода подачи бетонной смеси по сети горных выработок околоствольного двора горизонта 815 м блока № 10.

ления доказана целесообразность повышения роли технологических скважин и неоднократном их использовании, начиная от геологоразведки, монтажа ставов предварительной и последующей дегазации до бетонирования и тампонажа горных выработок, прокладки технологических кабелей и использования скважин в устройстве водоотлива.

**Рациональные схемы крепления капитальных и подготовительных горных выработок.** Кроме вопросов, связанных с бетонированием выработок околоствольного двора горизонта 815 м блока № 10, компания «Донецкшахтопроходка» совместно с техническими службами шахтоуправления «Покровское» решает вопросы совершенствования технологии крепления капитальных и подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях, увеличения несущей способности крепи в комбинации с анкерным креплением для обеспечения их безремонтной эксплуатации.

Сегодня при эксплуатации подготовительных горных выработок на объектах шахтоуправления возникают значительные смещения горных пород в выработанное пространство, которые находятся вне зоны влияния очистных работ, что с учетом неблагоприятных горно-геологических условий влечет

потерю площади поперечного сечения выработок, превышающую 30 – 40 % [1], а в местах сопряжений с очистным забоем – до 50 – 70 %. Это неизбежно приводит к ухудшению вентиляции, безопасности доставки людей и материалов, а также неоднократному выполнению работ по перекреплению.

Защита от возросших нагрузок на рамную податливую крепь, находящуюся в зоне разрушенных пород, для сохранения площади проектных сечений в настоящее время традиционно заключается в увеличении ее несущей способности за счет повышения металлоемкости, что в конечном итоге неэффективно. Способы упрочнения, основанные на нагнетании вяжущих скрепляющих составов в законтурное пространство, требуют значительных трудовых и материальных затрат и не полностью обеспечивают укрепление смещающихся пород.

Кроме нагрузок, вызванных очистными работами, не менее 40 % рамной крепи в условиях шахтоуправления разрушается из-за действия агрессивных подземных вод в течение первых 3 – 4 лет эксплуатации. Исследования показали, что процессы корродирования и пластической деформации про-

филя из-за указанных нагрузок металлических крепей усиливают и ускоряют друг друга по принципу положительной обратной связи. Пластические деформации сопровождаются активацией атомов железа в узлах кристаллической решетки металла, из которого изготовлена крепь, а агрессивные воды ускоряют окисление этих атомов. В связи с этим целесообразно изготавливать рамные крепи с антикоррозийным покрытием. Особенно это актуально для выработок, срок службы которых превышает 5 лет. Однако имеются затруднения с размещением подобных заказов, так как заводы, изготавливающие рамные крепи, еще не готовы производить металлопрокат с покрытием, исключаяющим коррозию металла.

Из-за отсутствия механизации процесса ремонта горных выработок необходимо выполнять операции по снятию деформированной крепи, расколке горного массива до проектных сечений и установке нового комплекта крепи вручную, что нередко сопровождается внезапным обрушением перекрепленного участка либо вывалами пород кровли. Это приводит к значительному увеличению затрат времени и средств на выполнение данных работ.

Для решения ряда вопросов, связанных с восприятием горного давления и снижением смещений пород, проведение и крепление горных выработок на объектах шахтоуправления в течение длительного времени выполняется одновременно с анкерованием законтурного пространства выработок. Однако в процессе подземной угледобычи требуется решать новые задачи, связанные с анкерным креплением.

Основное количество анкеров устанавливают в просветах между крепежными арками и рамами [2, 3], при этом сопротивление анкеров и рамной крепи смещениям разрушенных пород происходит обособленно. Немаловажен также и промежуток времени между установкой анкеров и обнажением забоя проводимой выработки.

По данным инструментальных наблюдений за смещениями пород кровли в конвейерном уклоне блока № 10, смещения кровли, даже при ее анкерование 13-ю сталеполимерными анкерами, достигают 350 мм уже на седьмой-восьмой раме от проходческого забоя, т. е. на расстоянии 4 – 5 м от него.

Одним из приемов повышения несущей способности арочной податливой крепи особенно в условиях сильно разрушенных пород является применение двойного верхняка из шахтного спецпрофиля, усиленного анкерами.

Специалисты ПАО «Шахтоуправления «Покровское», ООО «Шахтостроительная компания «Донецкшахтопроходка» и ДонНТУ ведут поиск новых решений по увеличению эффективности анкерного крепления на основе применения комбинированной рамно-анкерной крепи. Идея заключается в том, чтобы связать все анкеры с рамами стационарной крепи. Данную задачу можно реализовать в шахтных условиях с применением специального узла соединения рамной и анкерной крепей (рис. 3).

Анкер 3 соединяется с рамой 1 через консольную планку 4 [4], которая прикрепляется с тыльной стороны рамы (со стороны породного обнажения) с помощью скобы 2. Порода в процессе расслоения обжимает раму, скобу и консольную планку, которая удерживает скобу перпендикулярно к оси профиля и не допускает перекашивания скобы. От перекаса скобу сдерживает противомомент, генерируемый в консольной планке анкером 3. Вследствие этого скоба не перекашивается и не заклинивает и, кроме того, остается прикрепленной к породе, в то время как сегменты рамы перемещаются (скользят) относительно скобы по очереди, что обеспечивает эффект сверхподатливости.

Продольному скручиванию профиля препятствует шахматная схема установки анкеров в узлах соединения. Без каких-либо дополнительных затрат устанавливают пять узлов соединения: два в замках податливости и три в скобах. Вместо шайб под анкеры в узлах соединения используют консольную планку. Шпурсы под анкеры бурят через отверстия консольных планок как через прицелы или шаблоны, что обеспечивает возведение комбинированной

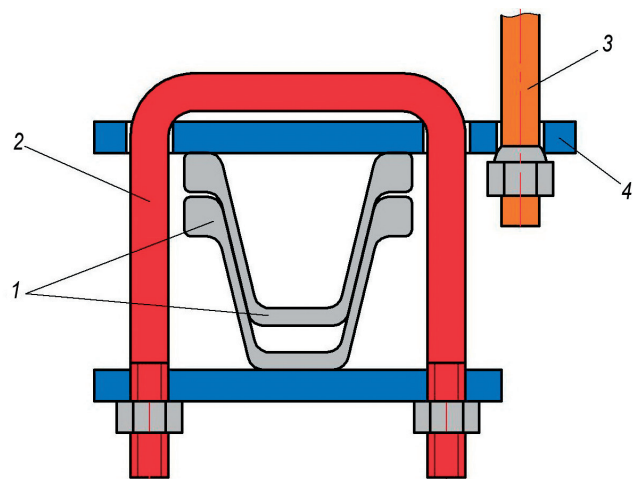


Рис. 3. Конструкция узла соединения рамы с анкером с помощью консольной планки: 1 – рама металлокрепи; 2 – скоба; 3 – анкер; 4 – консольная планка.



рамно-анкерной крепи строго по паспорту. Таким образом, технология не требует дополнительных финансовых и трудовых затрат, не увеличивает время сборки комбинированной крепи.

Вследствие управляемой податливости рамная крепь по мере увеличения проскальзывания и нахлесток сегментов повышает свою устойчивость и несущую способность в несколько раз. Этот эффект обусловлен тем, что, во-первых, по мере проскальзывания рамы в замке нагрузку от горного давления начинает воспринимать двойной профиль из верхняка и стоек, во-вторых, в процессе восприятия рамой горного давления и уменьшения площади поперечного сечения выработки из-за равномерного распределения нагрузок и смещений контура крепи рамная крепь увеличивает свою несущую способность в несколько раз.

Наиболее эффективны в применении канатные анкеры большой длины (5 – 7 м). Их следует обязательно устанавливать непосредственно в проходческом забое и создавать в них предварительное натяжение порядка 50 кН специальным домкратом. Необходимо следить, чтобы гайки на таких анкерах подтягивались до упора с шайбой, тогда канаты работают очень эффективно и в значительной степени перекрывают (компенсируют) многие недостатки, допускаемые при проходке выработки: например, большие переборы площади сечения, составляющие в среднем 350 мм, некачественную установку рам, некомплектность стяжек и элементов замков податливости, отсутствие затяжки, недолив строительной смеси в литую полосу.

Предложенные и внедренные мероприятия целесообразно применять и в комбинации с последующим тампонажем закрепного пространства проводимых выработок, что будет способствовать упрочнению горных пород, подверженных влиянию очистных работ, либо нарушенных вследствие ведения буровзрывных работ. Реализация данной задачи возможна при переходе на трубопроводную технологию подачи строительной смеси с поверхности в шахту с помощью технологических скважин, что также позволит заполнять (тампонировать) переборы площади сечения, допускаемые при проходке.

● **Унификация сооружения устьев и технологических отходов вертикальных стволов в сложных горно-геологических условиях Красноармейско-Западного угленосного района.** Нарращивание объемов угледобычи требует своевременного ввода новых мощностей взамен отработанных лав,

что связано с увеличением границ шахтного поля и сооружением новых стволов.

В настоящее время компания «Донецкшахтопроходка» ведет оснащение для проходки двух вертикальных стволов блока № 11 ПАО «Шахтоуправление «Покровское».

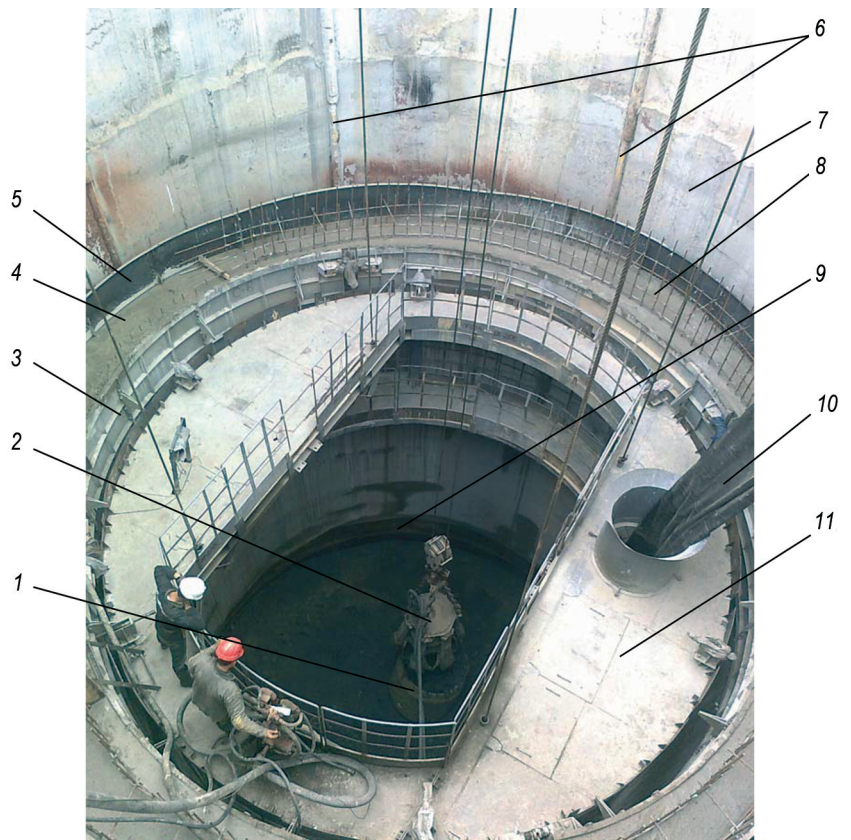
В региональном геолого-структурном отношении поле ПАО «Шахтоуправление «Покровское» находится в западном крыле Кальмиус-Торецкой котловины, на площади Красноармейской моноклинали. Специфическая особенность проходки верхней части стволов данного района – резкая неоднородность наносных осадочных пород, представленных сыпучими породами, суглинками, переслаиванием водонасыщенных алевролита с песчаником, которые при обводнении обладают плавунными свойствами. Точная оценка состояния пород под влиянием воды невозможна, так как породы склонны к размоканию, при увлажнении прочность снижается в 2 – 3 раза, причем некоторые виды аргиллитов теряют ее полностью, что подтверждали исследования в контрольно-разведочных скважинах в месте проходки стволов.

Сложные горно-геологические и гидрогеологические условия района промплощадки блока № 11 (водопритоки, достигающие 40 м<sup>3</sup>/ч, наличие неустойчивых обводненных пород, залегающих до глубины 25,8 м) требовали применения специальных способов проходки устья и технологического отхода вентиляционного ствола № 3. При выборе способа проходки был учтен положительный опыт сооружения технологического отхода на скиповом стволе № 2 блока № 10.

Для проходки технологического отхода скипового ствола № 2 при прочих равных условиях был использован метод опускной крепи вместо метода замораживания, применявшегося при проходке устья воздухоподающего ствола № 2. Замораживание рыхлых водоносных пород потребовало бы значительных первоначальных капитальных затрат, времени на бурение, обсадку и образование ледопородного ограждения и значительно усложнило производство всех видов работ.

Таким образом, при проходке технологического отхода вентиляционного ствола № 3 было принято решение применить метод опускной крепи (рис. 4). Однако в отличие от проходки устья скипового ствола № 2 блока № 10 в районе сооружаемого вентиляционного ствола № 3 промплощадки блока № 11 предварительно с поверхности была выполнена цементация первого водоносного горизонта с ожидаемым притоком 40 м<sup>3</sup>/ч в интервале глубин 19 –

**Рис. 4.** Проходка технологического отхода вентиляционного ствола № 3 блока № 11 ПАО «Шахтоуправление «Покровское»: 1 – бадья; 2 – грейфер; 3 – внутреннее кольцо опалубки; 4 – железобетонный цилиндр опускной крепи; 5 – наружное кольцо опалубки; 6 – направляющие трубы; 7 – передовая крепь; 8 – каркасы из арматурной сетки; 9 – режущий башмак; 10 – вентиляционный рукав; 11 – полук-опалубка.



22,2 м. Для этого по окружности диаметром 14 м вокруг ствола было пробурено восемь тампонажных скважин. Общий расход тампонажного раствора по скважинам составил 268 м<sup>3</sup>.

После сооружения шейки ствола и опорного венца на отметке –8,0 м были выполнены работы по монтажу режущего башмака и начато возведение опускного колодца. В качестве материала конструкции цилиндра опускной крепи выбран монолитный железобетон из-за высокой технологичности его возведения и сравнительно невысокой стоимости. Для выполнения работ по сооружению опускной крепи специалисты компании «Донецкшахтопроходка» спроектировали и изготовили двухэтажный кольцевой полук-опалубку диаметром 8 м, ранее не использовавшийся при проходке устьев (см. рис. 4).

Перечисленные выше решения позволили в кратчайшие сроки (27 сут) пересечь участок слабых водонасыщенных пород, а также сократить материальные и технические затраты на сооружение устья. При этом скорость погружения ножа достигала 0,6 – 0,8 м/сут.

Опыт сооружения устьев стволов Красноармейско-Западного угленосного района дает основание утверждать, что в ООО «ШСК «Донецкшахтопроходка» унифицированы схемы проходки устьев методом опускной крепи, которые можно рекомендовать для использования в типовых проектах.

Описанные технические новшества стали возможны благодаря тесному сотрудничеству между самым передовым в Украине угледобывающим предприятием и единственной в стране успешно работающей шахтостроительной организацией. Современные требования к экономическим показателям, операционной деятельности, инновационной политике предприятия определяют направленность действий

инженерно-технических работников и рабочих ООО «Шахтостроительная компания «Донецкшахтопроходка» и ПАО «Шахтоуправление «Покровское» в поиске новых решений по рационализации технологических процессов. Результатом таких решений, в том числе описанных в данной статье, являются снижение стоимости и сокращение сроков строительства новых очередей шахты в условиях постоянного наращивания угледобычи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Касьян Н. Н. Повышение несущей способности разрушенных горных пород путем применения саморасширяющихся составов / Н. Н. Касьян, И. Г. Сахно, С. Ю. Гладкий // Уголь Украины. – 2011. – № 5. – С. 12 – 16.
2. Зборщик М. П. Повторное использование участковых выработок – неотложная задача угольных шахт / М. П. Зборщик // Уголь Украины. – 2011. – № 1. – С. 17 – 21.
3. Ильяшов М. А. Эффективный резерв повышения конкурентоспособности шахтного фонда – повторное использование участковых выработок / М. А. Ильяшов // Уголь Украины. – 2011. – № 1. – С. 22 – 26.
4. Совершенствование комбинированной рамно-анкерной крепи подготовительных выработок / В. В. Назимко, М. А. Ильяшов, А. А. Яйцов [и др.] // Разработка рудных месторождений: науч.-техн. сб. – Кривой Рог, 2006. – № 91.