

УДК 622.833

**ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЫРАБОТОК  
В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА**

**А. В. Солодянкин, С. Н. Гапеев, М. А. Выгодин**

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»

просп. Д. Яворницкого, 19, г. Днепр, 49005, Украина.

E-mail: alex.solodyankin@mail.ru

**С. А. Воронин, С. В. Мкртчян**

ПАО «ДТЭК Павлоградуголь»

ул. Ленина, 76, г. Павлоград, 51400, Украина. E-mail: voroninsa@dtek.com

Приведены результаты исследований геомеханических процессов в массиве пород вокруг протяженной выработки. Показана возможность проведения заполнения закрепного пространства на разных этапах сооружения выработки. Рассмотрена эффективная технология повышения устойчивости выработок путем заполнения закрепного пространства твердеющими смесями пневматическим способом. Приведены результаты внедрения новой технологии заполнения закрепного пространства при сооружении капитального квершлага шахте «Самарская» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

**Ключевые слова:** устойчивость выработки, шахтные исследования, заполнение закрепного пространства, тампонаж, торкретирование.

**ЕФЕКТИВНІ СПОСОБИ ПІДТРИМКИ ВИРОБОК  
В СКЛАДНИХ УМОВАХ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

**О. В. Солодянкин, С. М. Гапеев, М. О. Вигодин**

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

просп. К. Маркса, 19, м. Дніпро, 49005, Україна.

E-mail: alex.solodyankin@mail.ru

**С. А. Воронін, С. В. Мкртчян**

ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»

вул. Ленина, 76, м. Павлоград, 51400, Україна. E-mail: voroninsa@dtek.com

Наведено результати досліджень геомеханічних процесів в масиві порід навколо протяжної виробки. Показана можливість проведення заповнення закріпного простору на різних етапах спорудження виробки. Розглянута ефективна технологія підвищення стійкості виробок шляхом заповнення закріпного простору сумішами, що твердіють пневматичним способом. Наведені результати впровадження нової технології заповнення закріпного простору при спорудженні капітального квершлагоу шахти «Самарська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

**Ключові слова:** стійкість виробки, шахтні дослідження, заповнення закріпного простору, тампонаж, торкретування.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Постоянное увеличение глубины и ухудшение условий ведения горных работ требуют обоснованного подхода к выбору крепи, а также дополнительных мероприятий, обеспечивающих надежную и безопасную эксплуатацию протяженных выработок.

Угледобывающий регион Западного Донбасса характеризуется очень сложными условиями отработки угля. Это обусловлено наличием слабых вмещающих глинистых пород, резкой потерей их прочности при наличии влаги, интенсивным пучением пород почвы, наличием геологических нарушений. В связи с этим при строительстве и эксплуатации выработок возникают серьезные проблемы.

Выбор тех или иных способов и средств обеспечения устойчивости выработок должен быть основан на особенностях развития геомеханических процессов при ведении горнопроходческих работ.

Опыт эксплуатации глубоких шахт показывает, что наибольший эффект в повышении устойчивости выработок дают мероприятия, направленные на создание взаимодействующей системы «крепь-массив»: частичное или полное заполнение закрепного пространства, упрочнение массива вяжущими веществами либо анкерами и др. В настоящее время имеется целый ряд решений, позволяющих обеспечивать устойчивость капитальных выработок [1–5]. Однако в каждом конкретном случае необходимо учитывать специфику геомеханических условий, что предполагает проведение соответствующего комплекса исследований.

Целью исследований, изложенных в статье является обоснование эффективных технологий крепления капитальных выработок, обеспечивающих надежную и безопасную эксплуатацию, а также снижение затрат на ремонтные работы.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** С целью определения технологических параметров способа повышения устойчивости выработок в условиях шахт Западного Донбасса были выполнены детальные исследования закономерностей деформирования породного массива [6].

На рис. 1 и 2 приведены характерные графики смещений пород при проходке магистральных выработок шахты им. Героев космоса.

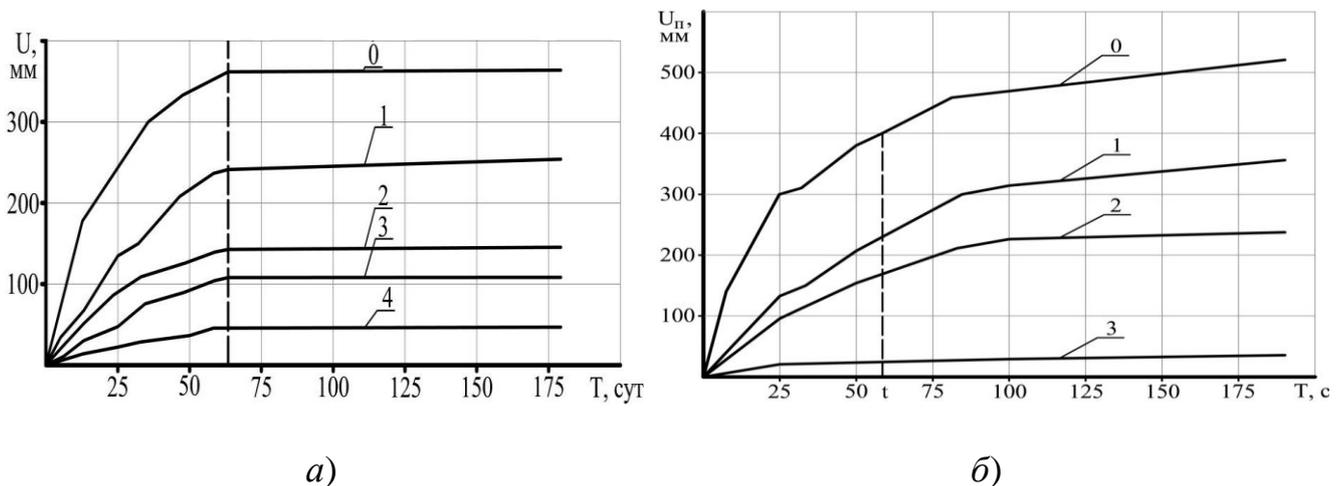


Рисунок 1 – Смещения пород кровли (а) и почвы (б) в восточном магистральном конвейерном штреке гор. 370 м шахты им. Героев космоса:

0, 1, 2, 3 – глубина заложения реперов в м; Т – время проведения тампонажа закрепного пространства, сут.

Анализ результатов выполненных исследований позволил выявить ряд особенностей разрушения приконтурного массива пород в окрестности выработки.

Так, смещения породного контура проявляются через некоторое время после установки постоянной крепи. При этом можно выделить два характерных периода: интенсивных и период установившихся смещений. Продолжительность интенсивного периода составляет 20...50 сут. Скорости смещений породного контура в этот период характеризуются большими величинами, скачкообразными и неравномерными изменениями. Со временем скорость смещений уменьшается, приближаясь к скорости установившегося периода (см. рис. 2). Нагрузки на арки фиксируются через некоторое время после установки крепи. Этот период времени составляет для аргиллитов и алевролитов от 2 до 15 сут., для песчаников – 25...30 сут. и более.

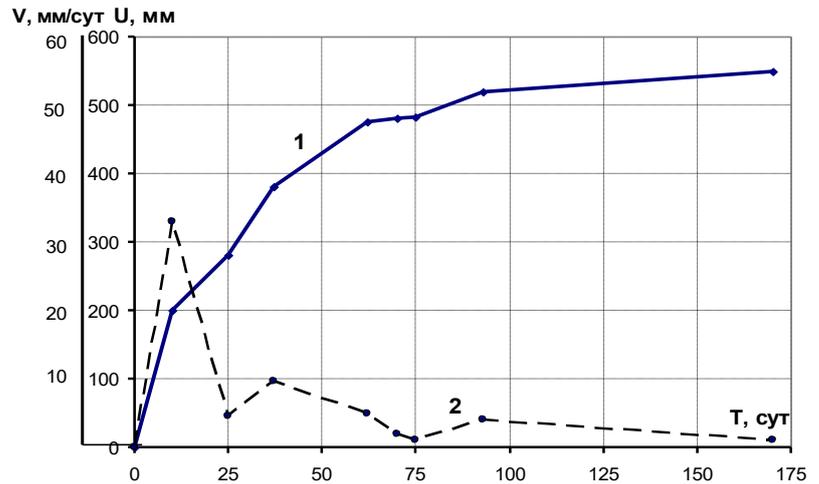


Рисунок 2 – График смещений (1) и скорости смещений (2) пород почвы при эксплуатации квершлага №3 гор. 470 м шахты им. Героев космоса

На завершающем этапе деформирования глубина распространения разрушенных пород вглубь массива достигает: в кровле выработки – 7 м и более, в боках 3...4 м, глубина выдавливания пород почвы 1,5...2,0 м.

В условиях шахт Западного Донбасса этот процесс реализуется на расстоянии 30...50 м от забоя и может быть описан функцией влияния забоя выработки  $k(L)$  (рис. 3). Ее значения изменяются от некоторой минимальной величины непосредственно у плоскости забоя  $k(L)_{min} \approx 0.1...0.2$  до  $k(L) = 1$  на расстоянии 30...50 м. Эта функция как-бы снижает гравитационные силы –  $\gamma H$  в пределах влияния забоя, по мере уменьшения которых происходит изменение геомеханического состояния массива с образованием разрушенной зоны.

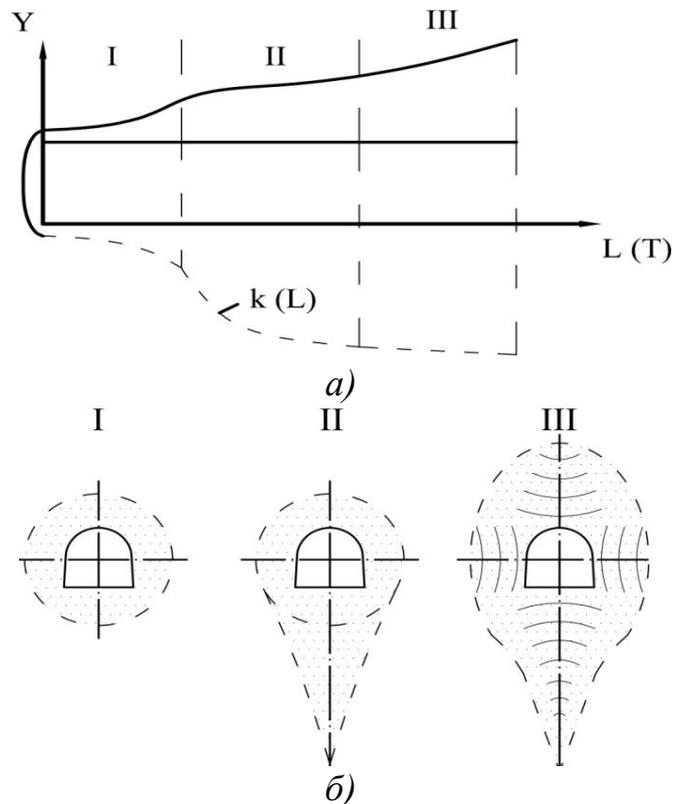


Рисунок 3– Развитие геомеханических процессов по мере перемещения забоя выработки: продольный (а) и поперечный (б) разрезы

В пределах зоны I образуется область неупругих деформаций (ЗНД). В пределах зоны II реализуется вспучивание почвы. В пределах зоны III продолжается деструкция вмещающих пород, сопровождающаяся развитием трещин в боках и кровле выработки, что приводит к росту свода естественного равновесия, где и формируется нагрузка на крепь. По мере удаления от забоя образование зон сопровождается неупругим расширением пород в приконтурной области.

Наиболее эффективным способом повышения устойчивости выработок в условиях Западного Донбасса явился тампонаж закрепного пространства твердеющими смесями, что обеспечивает совместную работу крепи с окружающим массивом. Несущая способность крепи в этом случае увеличивается в несколько раз.

Исходя из технологических соображений, тампонажные работы удобнее проводить на границе зон I-II, либо в пределах зоны II (см. рис. 3). При этом работы по проведению и операции по тампонажу разносятся по длине выработки, что упрощает организацию работ, а призабойная часть не загромождается оборудованием.

Для увеличения темпов выполнения тампонажных работ, устранения ручных операций, связанных с пикотажем стыков железобетонной затяжки на шахте им. Героев космоса была внедрена технология механизированного пикотажа способом сухого торкретирования с помощью установки АС-1 [7]. Это позволило увеличить скорость тампонажа до 120 м/сут и без отставания от проходки выработки.

Для повышения устойчивости пород кровли до проведения тампонажа в зоне расположения проходческого оборудования (интенсивных деформаций приконтурного массива пород) предусматривается установка анкеров в забое (рис. 4).

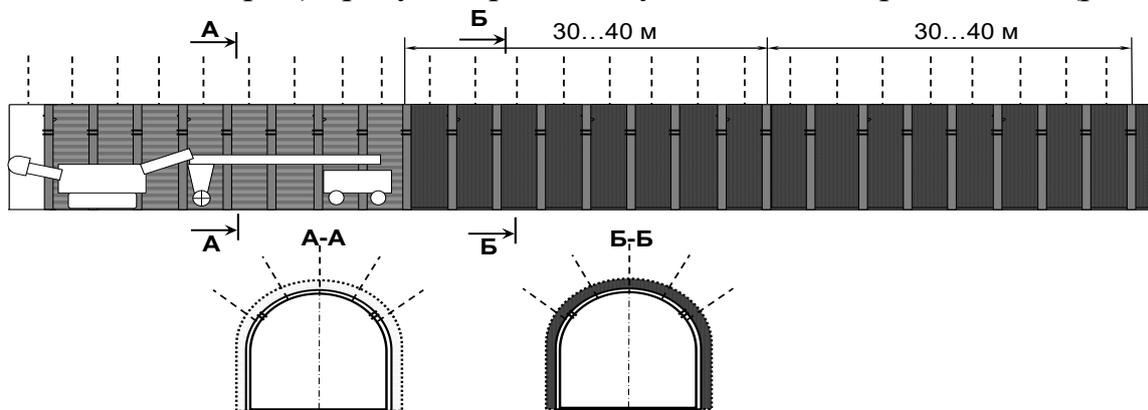


Рисунок 4 – Технологическая схема возведения крепи с тампонажем закрепного пространства и упрочнением пород кровли анкерами

Тем не менее, несмотря на полученные хорошие результаты, следует отметить существенный недостаток рассмотренной технологии.

Заполнение закрепного пространства твердеющими составами и укрепление массива пород производится за пределами технологического комплекса, т.е. на расстоянии 30...40 м от забоя (зона II выработки, рис. 3). На этом этапе вокруг выработки уже сформировалась значительная зона расслоившихся пород, создающих нагрузку на крепь, приводящей к деформациям элементов крепи. В том случае, когда выработка пересекает зоны геологических нарушений, области под- или надработки, возникает вероятность обрушения пород кровли, интенсифицируются процессы деформирования боковых пород, в т.ч. и пучение почвы.

Для сохранения прочности приконтурных пород, снижения сдвижений пород на начальных стадиях пластических деформаций и максимально быстрого создания системы «крепь-массив», целесообразно проводить заполнение закрепного пространства твердеющими материалами непосредственно в забое выработки способом торкретирования и набрызг-бетонирования. Материал посредством торкрет-струи или иным способом подается в закрепное пространство [8].

Способы подачи материала за крепь подразделяются на осевой и радиальный [9]. Радиальное заполнение может осуществляться путем нанесения слоя твердеющего материала на породный контур выработки через затяжку с крупными ячейками. Использование специальной затяжки позволяет проводить работы, как в забое, так и на некотором удобном расстоянии от него. Способ можно реализовать за одну рабочую операцию при небольшой величине зазора между крепью и породой и больше подходит для выработок с комбайновой проходкой. Общим требованием к материалам для закрепного пространства является быстрый рост их прочности, способствующий быстрому вступлению в работу крепей.

Осевой способ подачи твердеющих материалов в закрепное пространство выполняется со стороны забоя выработки после каждого цикла проходки. Способ позволяет практически совмещать проходку с заполнением закрепного пространства. С другой стороны, использование осевого способа подачи материала требует строгой временной увязки с проходческим циклом, что возможно только при надежном и высокопроизводительном пневмозакладочном оборудовании, отлаженных операциях по снабжению и доставке материала.

Кроме того, проведение работ по указанной технологии связано с установкой вблизи проходческого забоя пневмозакладочного оборудования, которое вместе с проходческим загромаждает призабойную зону выработки, затрудняя проведение работ, особенно при комбайновой проходке.

В 2015 году в ШУ «Терновское» на шахте «Самарская» при сооружении капитальной выработки был внедрен один из вариантов описанной технологии.

С целью подготовки пласта  $C_{10}^B$  к отработке с горизонта 300 м шахты «Самарская» проводился откаточный квершлаг, пересекающий зону Богдановского сброса. Планируемый срок эксплуатации квершлага – 15 лет. Поддержание выработки будет осуществляться в опасной зоне, пересекаемой сбросом, что связано с риском потери устойчивости квершлага и большими затратами на ремонт.

Проходка квершлага осуществлялась комбайновым способом. Крепление производилось металлической податливой крепью КШПУ-11,7 и анкерами, шаг установки которых варьировался по мере подхода к сбросу от 0,5 до 0,8 м [10]. С целью укрепления приконтурного массива производилась закачка полимерных составов типа «MasterRoc» при помощи инъекционных анкеров «ИРМА» (рис. 5).

Заполнение закрепной части выработки способом торкретирования вначале выполнялось через каждые 2,0 м со стороны забоя торкрет-машиной АС-1П с использованием смесей типа «Текхард-Т». Для максимального снижения расхода торкрет-смеси, выемка породы комбайном производилась с минимальными переборами. Ширина закрепного пространства после укладки железобетонной за-

тяжки на раму составляла 0...10 см. В связи с этим, для более качественного заполнения закрепного пространства между крепью и породным массивом (лучшего проникновения смеси по глубине) шаг тампонирования был уменьшен до 1,0 м. Средний расход сухой смеси составил 1,9 т/м.

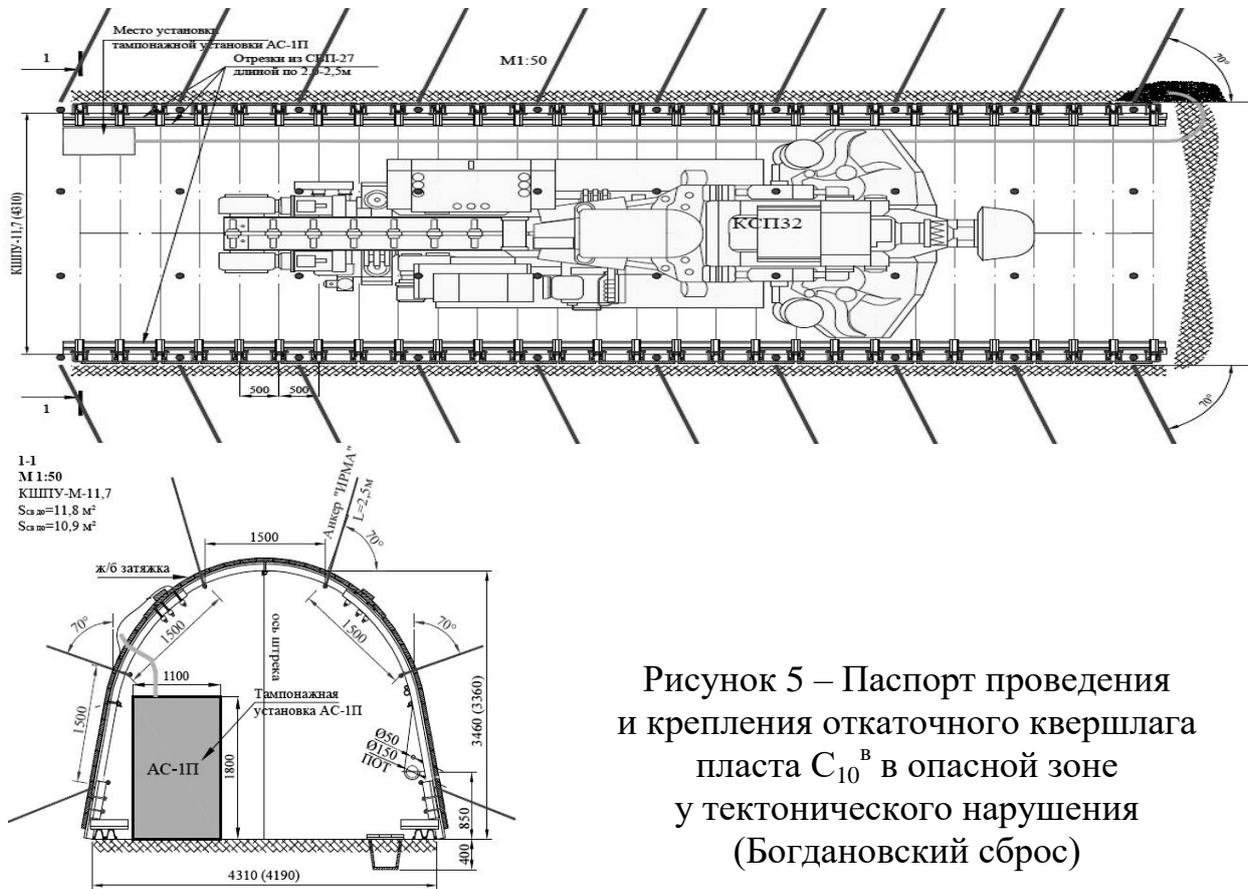


Рисунок 5 – Паспорт проведения и крепления откаточного квершлага пласта  $C_{10}^B$  в опасной зоне у тектонического нарушения (Богдановский сброс)

**ВЫВОДЫ.** Способ торкрет-тампонажа в забое выработки показал себя достаточно технологичным и может применяться в сложных геомеханических условиях поддержания капитальных выработок. Данная технология заполнения закрепного пространства позволяет сохранить высокую прочность приконтурного массива пород, стабилизировать сдвигения пород на начальных стадиях деформаций и максимально быстро создать взаимодействующую систему «крепь выработки-массив». За счет этого повышается устойчивость выработки и снижаются затраты на ее последующее безремонтное поддержание. Недостатком способа является более сложная организация работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2002. – 372 с.
2. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Мартовицкий А.В. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт. – Днепропетровск: Лизунов-Прес, 2012. – 384 с.
3. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Смирнов А.В. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт. – Днепропетровск: ЛизуновПрес, 2015. – 256 с.

4. Мартовицкий А.В. Обоснование комплекса эффективных мероприятий по повышению устойчивости выработок шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 3. – С. 45–53.
5. Логунова А.О. Управление геомеханическими процессами в окрестности подземных выработок с помощью анкерных систем // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2014. – № 1 (13). – С. 88–96.
6. Выгодин М.А., Евтушенко В.В. Применение металло-анкерных крепей на шахтах Западного Донбасса // Уголь Украины. – 1999. – № 8. – С. 36–38.
7. Обоснование рациональных параметров технологии тампонажа закрепного пространства / А.В. Солодянкин, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин, М.А. Выгодин // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2016. – № 1(38). – С. 22–29.
8. Технология заполнения закрепного пространства торкрет-ангидритом для капитальных выработок шахт Западного Донбасса / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, М.А. Поздняков, В.И. Пилюгин // Форум гірників-2012: Матеріали міжнар. конференції. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2012. – С. 94–98.
9. Гетце В. Требования к совершенствованию технологии возведения околоштрековых полос и заполнения закрепного пространства // Глюкауф. – 1980. – № 19. – С. 17–22.
10. Проведение и мониторинг откаточного квершлага при пересечении геологических нарушений в условиях шахты Самарская ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / В.Г. Снигур, В.В. Панченко, К.В. Кравченко и др. // Форум гірників-2016: Матеріали міжнар. конференції. – Дніпропетровськ. – 2016. – С. 62–70.

#### REFERENCES

1. Bulat, A.F. and Vinogradov, V.V. (2002), *Oporno-ankernoe kreplenie gornyh vyrabotok ugolnyh shaht* [The support anchor mining workings of coal mines], IGTM NAN Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.
2. Shashenko, A.N., Solodyankyn, A.V., Martovytskyu, A.A. (2012) *Upravlenie ustoychivostyu protyazhennyh vyrabotok glubokih shaht* [Controlling stability of the workings of deep mines], LyzunovPres, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Shashenko, A.N., Solodyankyn, A.V. and Smirnov, A.V. (2015), *Puchenie porod pochvy v vyrabotkakh ugolnyh shaht* [Heaving of bottom rocks in coal mines workings], LyzunovPres, Dnepropetrovsk, Ukraine.
4. Martovitskiy, A.V. (2012), "Justification of a set of effective measures to improve the stability of the mine workings of Private Stock Company DTEK "Pavlogradugol"", *Naukovy visnyk NGU*, no. 3, pp. 45–53.
5. Logunova, O.O. Control of geomechanical processes around excavations using anchor systems, Up-to-date resource- and energy- saving technologies in mining industry. – Research and practice journal: Kremenчук Mykhailo Ostrohradskiy National University: Kremenчук: KrNU, 2014. – Issue 1 (13), pp. 88–96.
6. Vygodin, M.A. and Yevtushenko, V.V. (1999), "The use of metal-roof bolts in mines of Western Donbass", *Coal of Ukraine*, no. 8, pp. 36–38.
7. Solodyankyn, A.V., Kravchenko, K.V., Prokudin, A.Z. and Vygodin, A.M. (2016), "Justification of rational parameters of grouting fixing space technology", *Visti* Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. Випуск 2/2016(18).

*Donetskogo gornichogo institutu*. no 1, pp. 22–29.

8. Shashenko, A.N., Solodyankyn, A.V, Pozdnyakov, M.A., Pilyugin, V.I. (2012), "The technology of filling fixing space shotcrete-anhydrite for capital mines of Western Donbass mines", *Zbirnyk naukovykh prats Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Forum gornyakov"*. [Conference proceedings of the International scientific and technical conference "Forum of Miners"], Dnipropetrovsk, NMU, October 3-7, 2012, pp. 94–98.

9. Goetze, B. (1980), "Requirements to improve the technology of erection of protective stripes and filling the fixing space", *Glukauf*, no. 19, pp. 17–22.

10. Snigur, V.G., Panchenko, V.V., Kravchenko, K.V. (2016), "Implementation and monitoring of crosscut at the intersection of geological disturbances in the conditions of mine Samarskaya PJSC "DTEK Pavlogradugol"", *Zbirnyk naukovykh prats Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Forum gornyakov"*. [Conference proceedings of the International scientific and technical conference "Forum of Miners"], Dnipropetrovsk, NMU, October 5-8, 2016, pp. 62–70.

## EFFECTIVE WAY TO MAINTAIN WORKINGS DIFFICULT CONDITIONS OF MINES WESTERN DONBASS

**A. Solodyankin, S. Hapieiev, M. Vygodin**

State Higher Education Institution «National Mining University»

prosp. K. Marks, 19, Dnipro, 49005, Ukraine.

E-mail: alex.solodyankin@mail.ru

**S. Voronin, S. Mkrtchyan**

PJSC «DTEK Pavlogradugol»

vul. Lenin, 76, Pavlograd, 51400, Ukraine.

E-mail: voroninsa@dtek.com

**Purpose.** The study of deformation characteristics of rock mass around extensive mine workings and study effective ways of fastening of workings in the difficult conditions of Western Donbas mines. **Methodology.** We applied the methods of mine studies the deformation processes that occur in the rock mass around extensive mine working. Based on the analysis of the results and the established features of the deformation process for each stage of exploitation proved effective ways to improve the stability of working. **Results.** We propose a model of deformations of rock mass around extensive mine working. For each stage of the development of deformations offered technology filling the void for support. **Originality.** For the first time carried out comprehensive assessment and marked features of deformation processes in rock mass around extensive mine working for the difficult conditions of Western Donbas mines. **Practical value.** The results of the introduction of two different filling technologies fixing space in the construction of capital developments in the difficult conditions of Western Donbas mines. The decisions that have been proposed will improve the stability of the mine workings, increase the safety of mining operations and reduce repair costs. References 10, figures 4.

**Key words:** stability of working, mine study, filling the void for support, skin grouting, shotcrete.

Стаття надійшла 05.12.2016.