

УДК 622.268.6:622.023.68

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОД ПОЧВЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ НАЛИЧИИ В ЕЁ ТЕКСТУРЕ ПРОЧНОГО СЛОЯ

Вербицкая Н. М., студент гр. ВД-17,
Касьяненко А. Л., канд. техн. наук, доц., науч. рук.
(ГОУВПО «ДонНТУ», г. Донецк, ДНР)
KasyanenkoAL@aol.com

Проведен анализ способов обеспечения устойчивости пород почвы горных выработок и рассмотрены особенности их применения (достоинства и недостатки) при наличии в текстуре почвы прочного слоя пород. Анализ показал, что эффективность рассматриваемых способов с точки зрения особенности их применения при наличии в текстуре почвы прочного слоя пород, будут эффективны за счет использования его несущей способности, а сам прочный слой будет выполнять функцию как элемента обратного свода крепи, тем самым обеспечивая устойчивость почвы горной выработки.

Ключевые слова: горная выработка, устойчивость почвы, прочный слой пород, эффективность.

Опыт отработки угольных пластов Донецко-Макеевского района Донбасса показывает, что на сегодняшний день из-за деформирования пород почвы около 65 % горных выработок находятся в неудовлетворительном состоянии. При наличии в текстуре пород почвы прочного слоя происходит его разрушение с образованием крупных породных блоков, при поддирке которых необходимо применять буровзрывные работы, что увеличивает энергозатраты на разрушение пород и снижает темпы работ более чем в 5 раз. Анализ состава углевмещающих пород Донецко-Макеевского района, что 26,3 % случаев в непосредственной близости от почвы угольного пласта встречается прочный слой, что осложняет ремонтные работы и повышает их стоимость [1].

Исходя из вышеизложенного, задачей данной статьи является анализ способов обеспечения устойчивости пород почвы

горных выработок с точки зрения особенности их применения при наличии в текстуре почвы прочного слоя пород.

Для анализа известных способов обеспечения устойчивости пород почвы, воспользуемся предложенной классификацией [2], приведенной на рисунке 1, в которой рассматриваемые способы делятся на пассивные и активные.

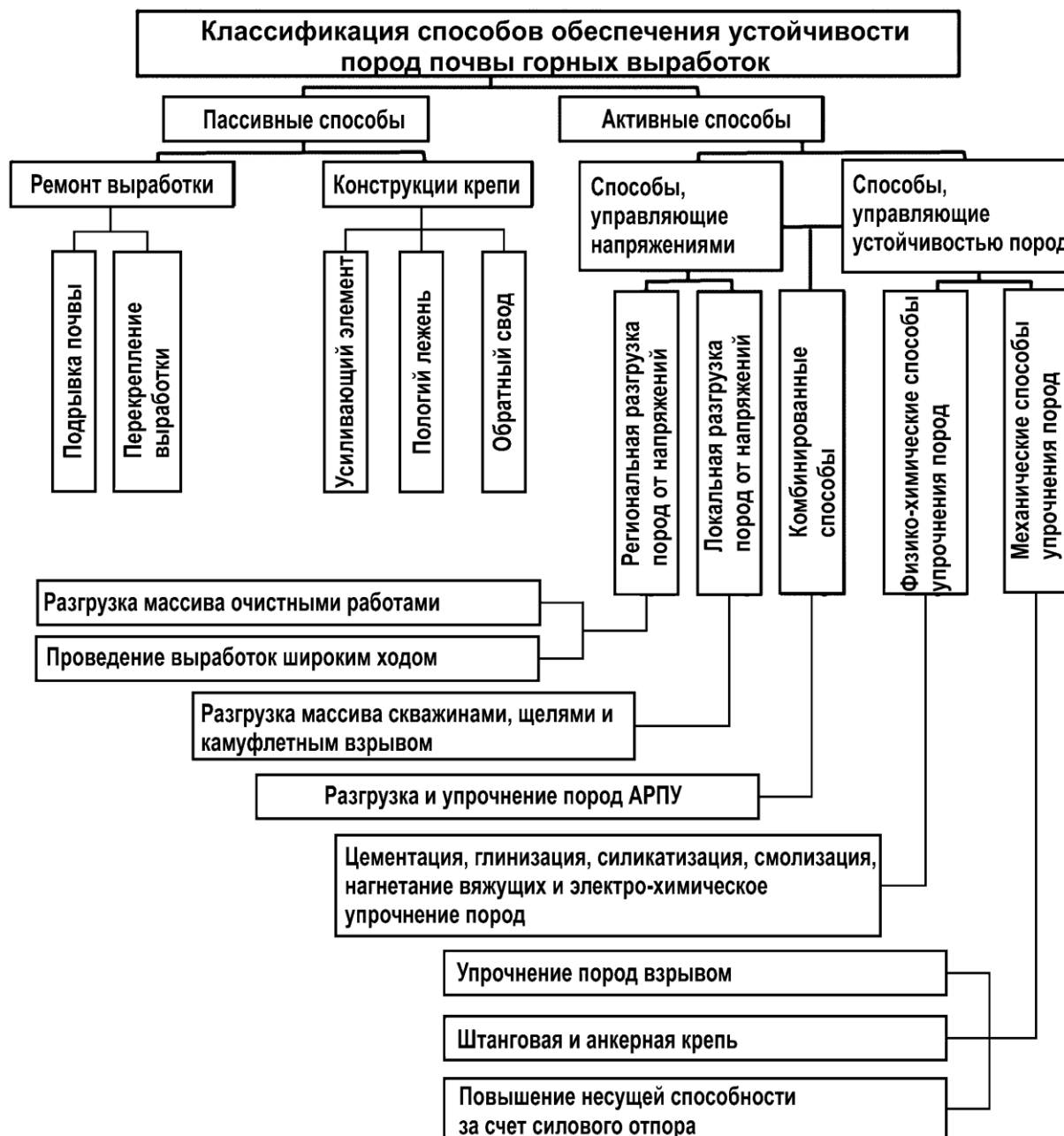


Рис. 1. Классификация способов обеспечения устойчивости пород почвы горных выработок

К пассивным способам относятся: ремонт выработки и применение конструкций крепей с обратным сводом или пологого лежня с возможностью его усиления. К активным относятся способы, влияющие на процесс напряженно-деформированного состояния пород почвы. Они подразделяются на способы управляющие напряжениями и устойчивостью пород, а также комбинации этих способов. Причем эффективность применения каждого способа будет зависеть от узкого круга горно-геологических условий, для которого он разработан. При этом, в одних случаях эффект будет положительным, в других – отрицательным. Так, практика показывает, что применения конструкций замкнутых крепей на больших глубинах, стоимость проведения и поддержания выемочных выработок значительно увеличивается, при этом в случае разрушения элементов этих крепей, усложняет и удорожает ремонтные работы. Подрывка пород является самым распространённым и наименее эффективным способом борьбы с пучением, приводящим еще к большим последующим смещениям пород почвы [3].

Практика ведения горных работ показывает, что при наличии разнопрочных слоёв в текстуре пород меняется характер их деформирования [4], что не учитывается в известных методиках оценки устойчивости и предложенных способах её обеспечения. Исходя из этого, анализ исследований по первой группе активных способов (рис. 1), управляющих напряженным состоянием пород, показал, что их применение существенно осложняется высокой трудоёмкостью и большими затратами на реализацию, сложностью соблюдения особого режима при организации и ведении взрывных работ, узкой областью применения. При этом, менее затратным способом обеспечения устойчивости почвы при наличии в её текстуре прочного слоя, не уделено достаточного внимания.

Так анализ второго направления активных способов, обеспечивающих устойчивость, показал, что физико-химическое упрочнение пород, целесообразно применять в слабых трещиноватых породах почвы [2], где имеется необходимость повышения их устойчивости. Применение данного способа в прочных породах не целесообразно.

Анализ механического упрочнения пород почвы, основанного на сохранении их прочности путем изменения напряженно деформированного состояния пород, за счет приложения различных ви-

дов воздействия, показал, что сохранение прочности пород почвы взрывным способом можно обеспечить только лишь в условиях глин, что не приемлемо для прочных пород.

Анкерное крепление пород почвы обеспечивает устойчивость выработок за счет того, что: слои малоустойчивых пород «пришивают» анкерами к устойчивым нижележащим прочным породным слоям; несколько слоев пород, скрепленных между собой, противодействуют изгибающему моменту сил, как единая составная балка, которая имеет значительно большее предельное сопротивление на изгиб, чем сумма сопротивлений отдельных слоев; «сшитая» анкерами толща пород (рис. 2а) лучше противодействует напряжениям, возникающим в породах почвы, или дополнительно обеспечивают устойчивость химическим анкерованием [5], которое препятствует их расслоению (рис. 2б).

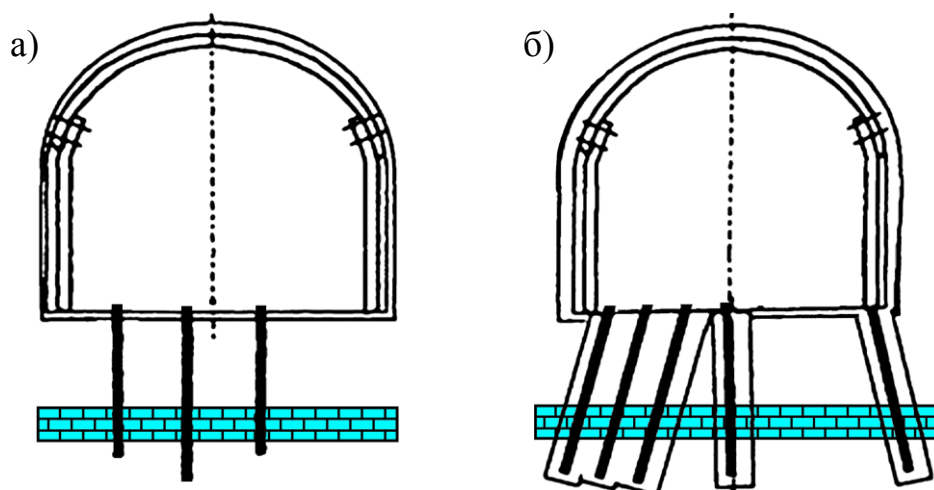


Рис. 2. Механические способы упрочнения, с помощью анкерования почвы, путем: а – «сшивки» прочных слоёв; б – химическим закреплением

Однако, с точки зрения особенностей применения анкерной крепи при наличии в текстуре почвы прочного слоя пород, может иметь отрицательный эффект при интенсивных деформациях, породы разрушаются, происходит выдавливание слоев пород почвы в полость выработки, в которой остались анкера, что затрудняет производить подрывку почвы.

Наиболее перспективным направлением обеспечения устойчивости почвы горных выработок является механические способы

повышения несущей способности пород за счет силового отпора, имеющие ряд преимуществ: простота реализации, локальное воздействие, возможность демонтажа и экономия материальных и трудовых затрат. Рассмотрим основные виды этих способов.

На рисунке 3, показаны два способа механического предотвращения выдавливания пород почвы [6], основанных на применении гибкой поперечной связи ножек арочной крепи спаренными канатами (см. рис. 3а) и укладке между рамами арочной крепи поперечных лежней с 2-мя упорными стойками по его концам (см. рис. 3б).

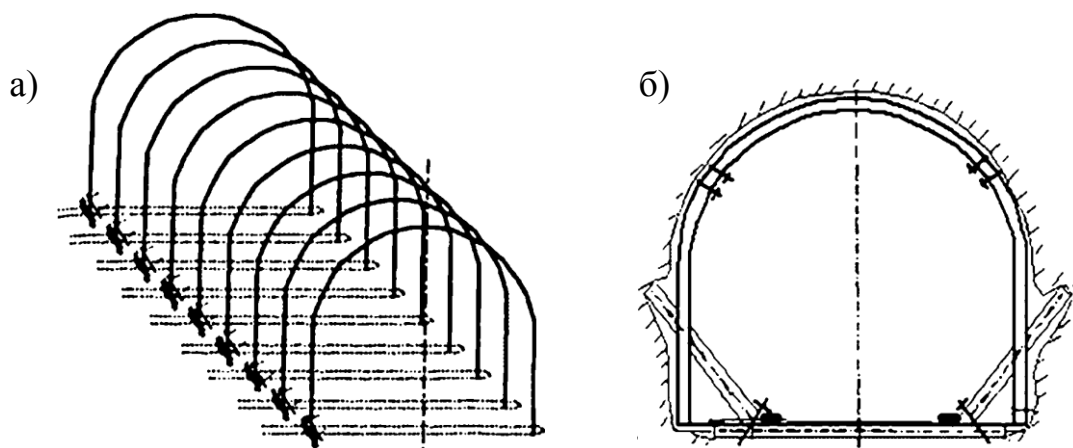


Рис. 3. Способы упрочнения почвы, путем повышения несущей способности пород за счет силового отпора: а) спаренными канатами; б) лежнем с упорами

Первый вариант отпора выдавливанию пород почвы имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что при смещении пород почвы в полость выработки происходит натяжение канатов, и выдавливание ножек крепи в выработку. Второй вариант отпора осуществляется за счет создания по контуру почвы выработки достаточно жесткой конструкции, которая эффективно работает в прочных породах почвы. В условиях слабых пород почвы будет происходить обыгрывание лежней, а вопрос об использовании данной конструкции при наличии прочного слоя породах почвы нуждается в дополнительных исследованиях.

В способах, представленных на рисунке 4, эффективность работы крепи усиления достигается за счет совместного её примене-

нием с компенсационной щелью [7] (см. рис. 4а) и с разгрузочной полостью по центру выработки [8] (см. рис. 4б), что обеспечивает устойчивое состояние почвы, за счет выравнивания напряженного состояния горного массива.

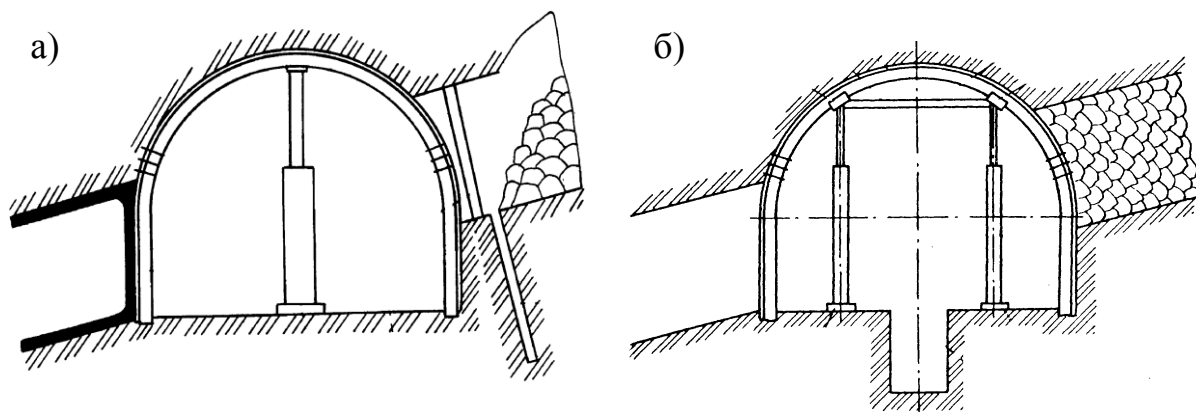


Рис. 4. Способы силового воздействия на породы почвы с помощью: а) крепи усиления с компенсационной щелью; б) парных стоек с разгрузочной полостью

Особенностью способов, представленных на рисунке 5, является применение воздействия геомеханической системы «крепь усиления – массив пород». Так в техническом решении [9], реализация геомеханической системы, обеспечивается индивидуальной крепью усиления наличием опорной плиты в нижней части крепи и использовании опорного «башмака» для соединения верхней части крепи с ее верхняком (см. рис. 5а), что обеспечивает стабильность конструкции. Отличие же способа [10], заключается в установке крепи усиления с опорным элементом, подпирающим основную кровлю (см. рис. 5б), тем самым создается распор и обеспечивается лучшее взаимодействие с породами кровли.

Общим недостатком рассмотренных способов обеспечения устойчивости пород почвы за счет силового отпора их выдавливания является то, что силовое воздействие производится без учета слоистой текстуры пород почвы. В случае же, разнопрочных слоёв в текстуре почвы, силовое усилие передается лишь на её верхний слой и, тем самым создается силовое воздействие лишь на локальный участок почвы. При этом прочный слой, имеющий большую

несущую способность, не может выступать в качестве породного моста, и воспринимать силовое воздействие смещающихся пород кровли и почвы.

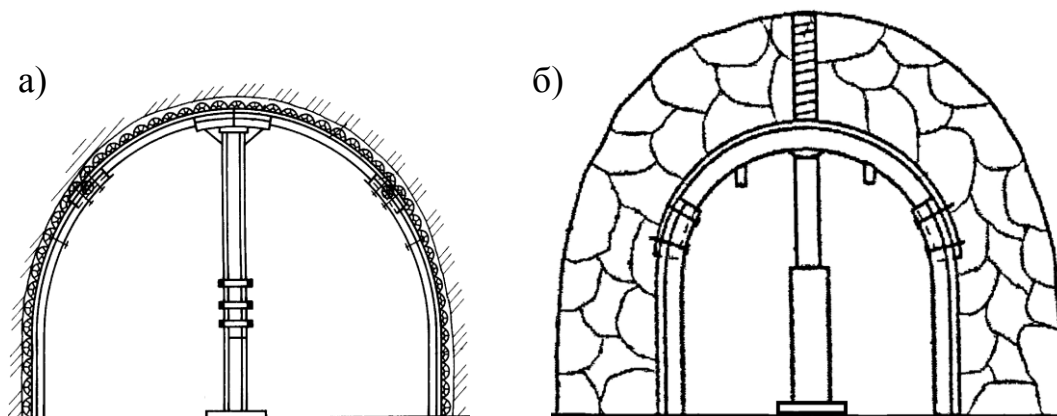


Рис. 5. Способы обеспечения устойчивости пород почвы за счет воздействия геомеханической системы «крепь усиления – массив пород»: а) податливая крепь усиления с поддерживающим элементом верхняка основной крепи и опорной плитой; б) крепь усиления с подпором основной кровли

В целом, прочный слой, находящийся в почве горной выработки, может выступать в качестве элемента крепи, как обратный свод, при условии сохранения его целостности, путем повышения его несущей способности за счет силового отпора. Исходя из выше сказанного, был предложен способ [11], заключающийся в создании системы «прочный слой – крепь усиления – рама основной крепи» с помощью упорно-лежневой крепи усиления. Сущность предложенного способа показана на рисунке 6.

В предложенном способе жесткая связь верхняка крепи и нижнего лежня с крепью усиления, контактирующей непосредственно с прочным слоем, позволяет обеспечить взаимопередачу силового воздействия от смещающихся пород кровли и почвы для противодействия этим смещениям. Эффект от применения этого способа будет достигаться за счет использования на определённом участке по длине выработки с регламентируемыми параметрами в зависимости от напряженно-деформированного состояния, прочностных и литологических характеристик вмещающих пород.

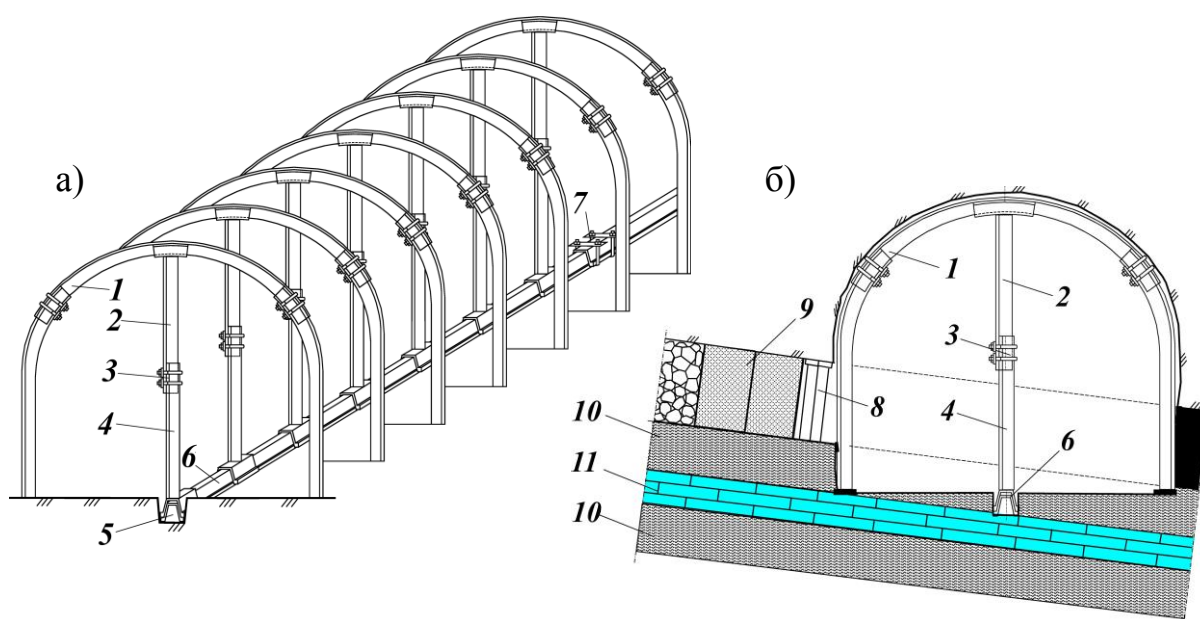


Рис. 6. Общий вид предлагаемого способа: по длине выработки (а) и в её поперечном сечении (б): 1 – крепь выработки; 2 – верхняя часть стойки крепи усиления; 3 – замок крепи усиления; 4 – нижняя часть стойки крепи усиления; 5 – продольная канавка; 6 – продольный лежень в канавке; 7 – замок для соединения отрезков продольного лежня; 8 – деревянные стойки; 9 – жесткое охранное сооружение; 10, 11 – соответственно слабый и прочный слой пород почвы

Выводы. Приведенный анализ показал многообразие известных способов обеспечения устойчивости пород почвы и всю сложность их применения и реализации для всевозможных горно-геологических условий. Проанализированные способы с точки зрения особенности их применения при наличии в текстуре почвы прочного слоя пород, будут эффективны за счет использования его несущей способности, а сам прочный слой будет нести функцию как элемента обратного свода крепи, тем самым обеспечивая устойчивость пород почвы горной выработки. Таким образом, для разработки более эффективных и совершенных способов обеспечения устойчивости пород почвы возникает необходимость комплексного изучения и учета всего многообразия горно-геологических и горно-технических факторов.

Библиографический список

1. Касьяненко, А. Л. Анализ текстуры углевмещающих пород на шахтах Донбасса / А. Л. Касьяненко, В. В. Донских // Современные проблемы охраны труда и аэрологии горных предприятий [Электронный ресурс] : IV научно-техническая конференция молодых ученых, студентов и аспирантов, 24 ноября 2016 г., г. Донецк : сборник научных трудов / ГВУЗ «ДонНТУ», Ин-т горн. дела и геологии, Каф. охраны труда и аэрологии ; редкол.: Ю. Ф. Булгаков и др. – Донецк : ГВУЗ «ДонНТУ», 2016. – С. 33–39.

2. Литвинский, Г. Г. Эффективные способы предотвращения пучения пород в шахтах [Текст] / Г. Г. Литвинский, Г. В. Бабиюк, А. В. Быков-Обзорная информация / ЦНИЭИуголь ЦБНТИ Минуглепрома СССР, М., 1985 – 48 с.

3. Развитие теоретических основ управления геомеханическим состоянием дискретного породного массива для обеспечения устойчивости подготовительных выработок глубоких шахт: отчет о НИР (заключ.) / ГВУЗ ДонНТУ; рук. С. В. Подкопаев; исполн.: Г. И. Соловьёв, А. Л. Касьяненко [и др.]. – Донецк, 2012. – 322 с. – Госрег. № 0111U002118.

4. Касьяненко, А. Л. Исследование особенностей деформирования пород почвы выработки, вмещающих прочный слой [Текст] / А. Л. Касьяненко, Г. И. Соловьёв, Н. Н. Малышева // Инновационные перспективы Донбасса: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Донецк, 27 мая 2016 г. Т. 1: Проблемы и перспективы в горном деле и строительстве. – Донецк: ДонНТУ, 2016. – С. 63–70.

5. Касьян, Н. Н. Влияние анкерной крепи на геомеханические процессы в массиве пород вокруг поддерживаемых выработок [Текст] / Н. Н. Касьян, А. П. Клюев, В. И. Лысенко // Донецкий горный институт. – 1996. – №1(3). – С.57–60.

6. Негрей, С. Г. Обоснование параметров механического отпора породам почвы выемочных выработок при отработке лав обратным ходом: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.15.02. / С. Г. Негрей ; Негрей Сергей Григорьевич ; ГВУЗ ДонНТУ. – Донецк, 2007. – 23 с.

7. Пат. 2103514 РФ МПК⁶ E21D 11/14. Способ поддержания горной выработки при разработке пластовых месторождений / Жихарев С. Я., Габов В. В. [и др.] – № 95107617/03, заявл. 12.05.1995, опубл. 27.01.1998 – 3 с. : ил.

8. Пат. 1567786 СССР МПК⁶ E21D 11/14. Способ поддержания горной выработки / Вайгандт А. А., Беликов А. К. – № 4474003/23-03, заявл. 15.08.1988, опубл. 30.05.1990, Бюл. №20. – 3 с. : ил.

9. Пат. 2078932 РФ МПК⁶ E21D 11/14. Штрековая усиливающая крепь / Касьянов В. В., Чиненов В. М. – № 92007399/03, заявл. 18.11.1992, опубл. 10.05.1997. – 3 с. : ил.

10. Пат. 1559175 СССР МПК⁶ E21D 11/00, 13.02. Способ крепления горной выработки / Касьян Н. Н., Ключев А. П. [и др.] – № 4454398/23-03, заявл. 05.07.1988, опубл. 23.04.1990, Бюл. №15. – 2 с.: ил.

11. Касьяненко, А. Л. Обеспечение устойчивости пород почвы выемочных выработок при наличии в их текстуре прочных слоев : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.22 : защищена 26.10.17 / А. Л. Касьяненко ; Касьяненко Андрей Леонидович ; ГОУ ВПО «ДОННТУ». – Донецк, 2017. – 237 с.

Verbitskaya N. M., Kasyanenko A. L.

(SEI HPE «Donetsk national technical university», Donetsk, DPR)

ABOUT THE EFFICIENCY OF USE OF METHODS FOR ENSURING THE STABILITY OF ROCKS OF THE MINING TUNNEL IN THE PRESENCE OF HARD ROCK LAYER IN THE FLOOR STRUCTURE

The analysis of ways to ensure the stability of floor rocks of mining tunnel has been carried out and the peculiarities of their use (advantages and disadvantages) in the presence of hard rock layer in the floor structure have been considered. The analysis showed that the effectiveness of the known methods from the point of view of the features of their use in the presence of a hard rock layer in the floor structure will be effective by using its bearing capacity, and the hard layer itself will function as an element of the back arch support, thereby ensuring the stability of the rock floor mining tunnel.

Keywords: mining tunnel, floor rock stability, hard rock layer, efficiency.