

UDC 622.281

<http://dx.doi.org/10.15407/mining10.01.009>

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАНАТНЫХ АНКЕРОВ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ СЛОИСТЫХ ПОРОД

Ю. Халимендик<sup>1</sup>, А. Барышников<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Кафедра маркшейдерии, Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина\*Ответственный автор: e-mail [as\\_nmu@mail.ru](mailto:as_nmu@mail.ru), тел. +380662213439

## SUBSTANTIATION OF CABLE BOLTS PARAMETERS FOR SUPPORTING MINE WORKINGS IN CONDITIONS OF LAMINATED ROCKS

Yu. Khalymendyk<sup>1</sup>, A. Baryshnikov<sup>1\*</sup><sup>1</sup>Mine Surveying Department, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine\*Corresponding author: e-mail [as\\_nmu@mail.ru](mailto:as_nmu@mail.ru), tel. +380662213439

### ABSTRACT

**Purpose.** The development of approaches to substantiation of the cable bolts installation parameters for the mine workings support in conditions of laminated rocks, taking into account the geometric parameters of the rocks disintegration zone.

**Methods.** The parameters of the rocks disintegration zone in the roof of a single mine working and a mine working in the area affected by longwall work are determined by in-situ investigations.

**Findings.** The existing approaches to the cable bolt installation parameters are considered. The rock deformation mechanism around a single mine working is introduced. The results of the experimental supporting of mine working with roof bolts in conditions of Western Donbass are analyzed. The results of studying rock mass deformation in the roof of the gateroad in the area affected by longwall work are presented.

**Originality.** The deformation of the rock mass around a single mine working occurs in the form of wedges extruding laminated rocks in the soil and the roof. Behind longwall face, the zone of rocks disintegration is formed at a height of 6 m in the roof and the overlying strata sag by up to 0.2 m without delaminating.

**Practical implications.** Taking into account the geometric parameters of the rocks disintegration zones, the installation parameter of cable bolts for the mine working roof support are substantiated. Experiments proved that increase in of the cable bolt installation density reduces intensity of the gateroad roof rock deformation at the face – end.

**Keywords:** cable bolt, laminated rocks, mine working, rock disintegration zone, in-situ investigations

### 1. ВВЕДЕНИЕ

С увеличением глубины ведения горных работ применение только традиционных видов подпорной крепи, например металлической арочной, уменьшает эффективность сохранения достаточного сечения выработки (Zborshhik, 2015). Поэтому для взаимодействия с контуром выработки и влияния на свойства породного массива были разработаны усовершенствованные системы анкерного крепления (Bulat & Vinogradov, 2002).

Отличительной особенностью анкерной крепи является непосредственное воздействие на породный массив (Standart..., 1998; Brady & Brown, 2013). Ее применение доказало свою эффективность на горнодобывающих предприятиях во всем мире. Наличие

слабых слоистых боковых пород осложняет применение анкерных систем.

Согласно исследованиям (Shirokov, Lider & Pisljakov, 1976) такие условия являются наименее благоприятными для ее применения и требуют тщательного обоснования параметров ее установки. В свою очередь, для выработок современных высокопроизводительных шахт актуально увеличение сечения свыше 15 м<sup>2</sup>, например, для обеспечения проветривания добычных участков. Это приводит к увеличению ширины выработок, что в указанных условиях способствует интенсивному расслоению пород кровли и образованию зон разрушения значительных размеров. Таким образом, обоснование параметров установки анкеров необходимо для крепления выработок в условиях слабых слоистых пород.

## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для предотвращения развития процесса увеличения зоны нарушенных пород вокруг выработок применяются системы двухуровневого анкерования с обычными штанговыми анкерами и анкерами глубокого заложения (длина от 3 м) (Tadolini & McDonnell, 2010; Razumov, Grechishkin, Samok & Pozolotin, 2012; Sasaoka et al., 2014; Khalymendyk, Brui & Baryshnikov, 2014). Анкера глубокого заложения обычно канатные (КА), которые выполняются в виде троса, состоящего из гибких стальных жил, что позволяет применять их с длиной больше высоты выработки.

Принцип работы КА заключается в “подшивании” пород прогнозируемой зоны разрушения (дезинтеграции) к ненарушенным или менее нарушенным породам вышележащей толщи (Tadolini & McDonnell, 2010; Khalymendyk, Khalymendyk & Baryshnikov, 2014). Основными технологическими параметрами установки КА является длина, обеспечивающая их закрепление в минимально деформированных породах и плотность установки при известной несущей способности одного анкера. Для обоснования этих величин необходима оценка геометрических параметров зоны дезинтеграции пород, для чего в практике применяются несколько подходов:

- статистическая теория вывалов;
- теория свода естественного равновесия;
- математическое моделирование;
- натурные наблюдения.

В основе статистической теории (Heme & Ag, 2006) лежит фиксирование высоты вывалов горных пород в штреках в определенных горно-геологических условиях и математический анализ полученных данных. Глубина анкерования принимается более средневзвешенной высоты вывала.

Теория свода естественного равновесия получила распространение в зарубежных методиках расчета параметров установки двухуровневой анкерной крепи (Pozolotin, Rozenbaum & Renev, 2013). Глубина установки КА должна превышать высоту свода. Достоинством данной методики является простота расчетов. Недостатком является то, что теория свода естественного равновесия соответствует условиям малых глубин и одиночной выработки (Pozolotin, Rozenbaum & Renev, 2013). Исследования (Biliński & Kostyk, 1992; Esterhuizen & Barchak, 1992; Prusek, 2008; Khalymendyk, Khalymendyk & Baryshnikov, 2014) показывают, что пространственная форма разрушения пород в кровле выработки отличается от свода естественного равновесия и представляет собой нарушенную зону – зону дезинтеграции пород.

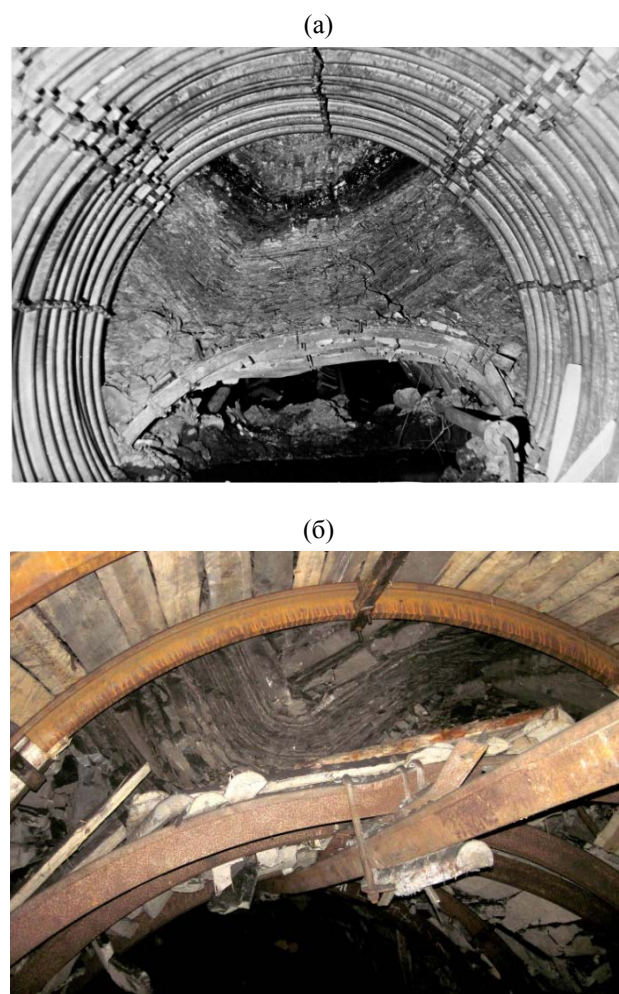
Математическое моделирование (Bondarenko, Kovalevs'ka & Fomychov, 2012; Bondarenko, Kovalevs'ka & Svystun, 2013; Pivnjak, Shashenko, Sdvizhkova & Simanovich, 2013) предоставляет варьирование широким диапазоном горно-геологических условий при решении задач определения зон повышенных напряжений в массиве. Определение зоны разрушения пород производится на основе критерия прочности. От выбора критерия прочности и входя-

щих в него параметров зависит достоверность определения геометрических параметров зоны дезинтеграции пород, кроме того, для приемлемой точности получаемых результатов необходима тщательная калибровка модели с использованием данных натуральных измерений (Prusek, 2008).

Инструкция по проектированию комбинированного рамно-анкерного крепления горных выработок (Standart..., 2014) устанавливает длину канатных анкеров не менее ширины выработки в проходке.

Наиболее достоверным способом обоснования параметров КА являются натурные наблюдения за деформированием массива пород кровли выработки при помощи глубинных реперов, видеоэндоскопии скважин и т.д. (Peters, Gorka & Bigby, 2011; Khalymendyk, Khalymendyk & Baryshnikov, 2014).

Характер развития зоны разрушенных пород вокруг выработки зависит от глубины ведения работ, физико-механических свойств пород, формы выработки, исходного поля напряжений в массиве и т.д. Исследованиями (Khalymendyk, Khalymendyk & Baryshnikov, 2014) установлено, что в условиях слабых слоистых пород в кровле и почве выработок образуются клинья выдавливания слоистых пород (Рис. 1 – 3).



**Рисунок 1. Образование клина выдавливания пород кровли: (а) в условиях шахты “Западно-Донбасская”; (б) в условиях шахты “Свято-Андреевская”**

(а)



(б)



Рисунок 2. Образование клина выдавливания пород кровли (а) и почвы (б) в условиях шахты “Белозерская”

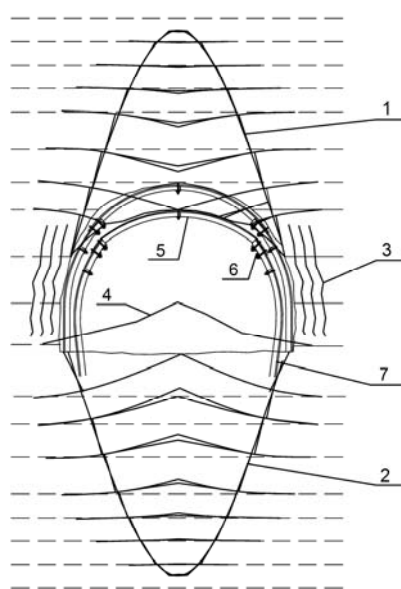


Рисунок 3. Схема деформирования системы “крепь – массив” выработки глубокой шахты: 1 – клин выдавливания в кровле; 2 – клин выдавливания в почве; 3 – разрушение бортов вследствие образования клиньев выдавливания; 4 – поднятие почвы; 5 – опускание кровли; 6 – смещение в замках; 7 – внедрение стоек крепи в почву

В условиях шахты “Степная” (глубина ведения работ – 300 – 490 м, прочность пород – до 25 МПа, выраженная слоистость пород) проводилось экспериментальное крепление участка штрека при помощи анкерной крепи. Для этого применялись штанговые анкера длиной 2.4 м по 7 – 8 штук в ряду, с расстоянием между рядами – 0.8 м.

Через три месяца смещения пород кровли и замков анкеров составили около 0.3 м (Рис. 4) при этом осевые индикаторы нагрузки оставались недеформированными. Это свидетельствовало о том, что высота клина выдавливания пород в кровле превысила высоту анкерования.

Зона разрушения пород кровли в месте вывала (Рис. 5) имеет стенки со смыкание в кровле в форме треугольника с углами к вертикали около 25 – 30°.



Рисунок 4. Состояние кровли 163-го сборного штрека шахты “Степная”



Рисунок 5. Обрушение пород кровли в 163-м сборном штреке шахты “Степная”

С учетом полученного опыта, для удержания пород кровли в прогнозируемой зоне разрушения необходимо применение канатных анкеров. При этом они должны закрепляться вне клина выдавливания, пород кровли, не менее чем на 1/3 своей длины, что обеспечивается их наклоном в сторону неразрушенного массива (Рис. 6).

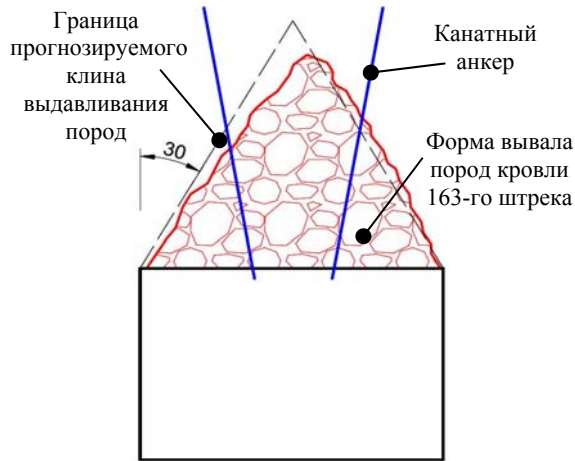


Рисунок 6. Необходимое расположение канатных анкеров, обеспечивающее их закрепление вне прогнозируемого клина выдавливания пород кровли

При этом расчетный вес пород в разрушенной зоне с учетом коэффициента динамичности (Standart..., 2007) должен быть меньше суммарной несущей способности анкеров. Например, для крепления 1 м.п. выработки шириной 6 м необходимо применение не менее 4-х канатных анкеров длиной 6 м.

В зоне влияния опорного давления впереди лавы массив пород подвергается дополнительной пригрузке от зависания вышележащих слоев пород, равной около  $(1.5 - 3) \gamma H$  (Borisov, 1980). Это приводит к интенсификации процессов деформирования пород вокруг выработки.

В условиях шахты “Самарская” (глубина ведения работ – 170 м, прочность пород – до 15 МПа) проведены исследования деформирования кровли выработки в зоне влияния опорного давления впереди лавы при помощи глубинных реперов (Kuchin & Khalymendyk, 2011). Выработка закреплена рамно-анкерной крепью, глубина анкерования – 2.2 м. На момент первого наблюдения скважины находились на расстоянии 46 м от движущегося очистного забоя (скорость продвижения – 4–5 м/сут). Всего выполнено 11 серий наблюдений со средней периодичностью 1–2 дня.

Анализ вертикальных деформаций толщи породы указывает на наличие двух участков сжатия и растяжения (Рис. 7). Максимальные деформации растяжения сосредоточены в интервале 1–2 м, сжатия – в интервале 8–10 м. Точка смены знака деформаций по всем сериям наблюдений зафиксирована на высоте 7 м.

В 165-м штреке 163-й струговой лавы шахты “Степная” проводился производственный эксперимент по применению канатных анкеров для поддержания выработки при исключении стоек усиления впереди лавы и крепей сопряжения (Khalymendyk, Vrii & Baryshnikov, 2014). Глубина разработки составляла 350 м, боковые породы представлены аргиллитами и алевролитами с прочностью на одноосное сжатие до 25 МПа. Процесс формирования зоны неупругих деформаций изучался с помощью глубинных реперов. Наблюдения за опусканием кровли выработки проводились при помощи нивелирования контурных реперов.

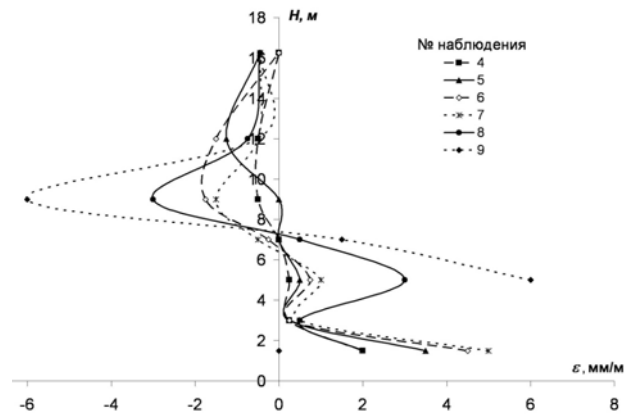


Рисунок 7. Вертикальные деформации пород выработки впереди очистного забоя в условиях шахты “Самарская”

Станции были расположены на двух экспериментальных участках. На первом участке плотность установки составила 0.7 анк/м, на втором участке – 1.4 анк/м. Результаты измерений опускания кровли выработки приведены на Рисунке 8, а скорости опускания – на Рисунке 9.

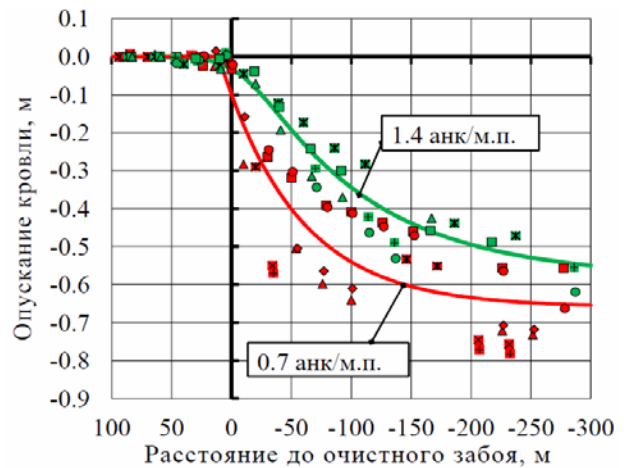


Рисунок 8. Смещения кровли выработки при плотности установки канатных анкеров 0.7 шт/м.п. и 1.4 шт/м.п

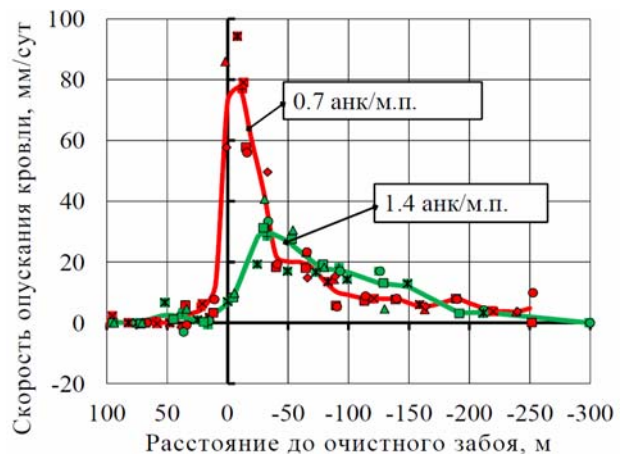


Рисунок 9. Скорости смещения кровли выработки при плотности установки канатных анкеров 0.7 шт/м.п. и 1.4 шт/м.п.

Анализ результатов натуральных наблюдений показал, что в зоне опорного давления впереди очистного забоя нет существенного влияния плотности установки канатных анкеров на опускание кровли штрека. При увеличении плотности установки канатных анкеров с 0.7 до 1.4 шт/м.п. скорость развития смещений и расслоений кровли на сопряжении лаваштрек (от 10 м до забоя и 20 м за забоем) снижается не менее чем в 3 раза (Рис. 9). При этом максимум скоростей смещается в сторону завала. Таким образом, канатные анкера позволяют эффективно управлять состоянием кровли на сопряжении.

За очистным забоем зона растягивающих неупругих деформаций формируется до глубины 6 м в кровлю выработки, а смена знака деформации происходит на глубине 7 м в кровлю выработки. На Рисунке 10 приведены максимальные смещения и деформации пород кровли полученные в зоне затухания процесса деформирования выработки.

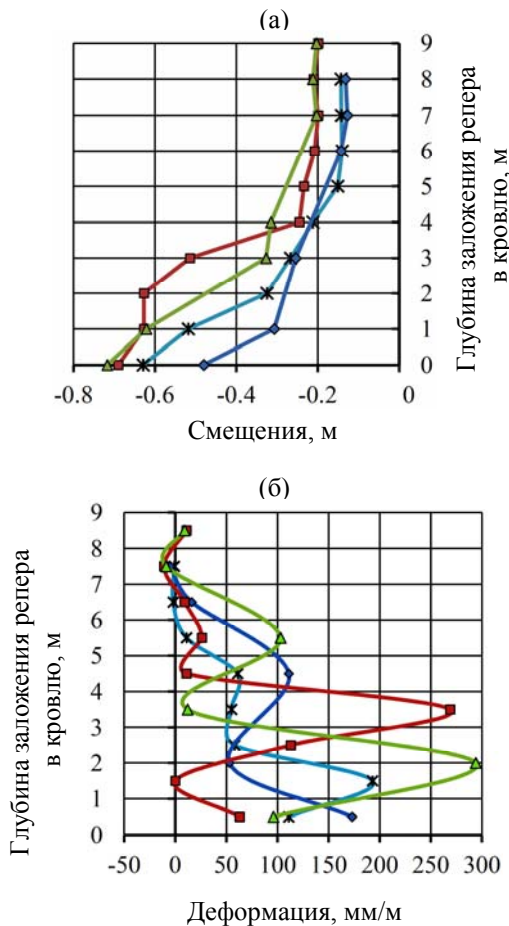


Рисунок 10. Максимальные абсолютные смещения глубинных реперов (а) и деформации породного массива (б), полученные в зоне затухания процесса деформирования выработки за очистным забоем (расстояние за очистным забоем: ▲ – 100 м; × – 217 м; ◆ – 237 м; ■ – 277 м)

Породы выше 6 м в кровлю выработки подвержены минимальным знакопеременным деформациям, которые можно считать упругими. Геометрическим нивелированием зафиксировано опускание этих слоев на величину до 20 см в 100 – 280 м за очистным забоем.

Таким образом установлены (Рис. 11):

- размеры зоны неупругих деформаций  $h_p$  в кровлю выработки;
- породные слои А (после прохода лавы – положение В), подверженные деформациям, которые можно отнести к упругим;
- величина опускания  $a$  упругодеформированных породных слоев.

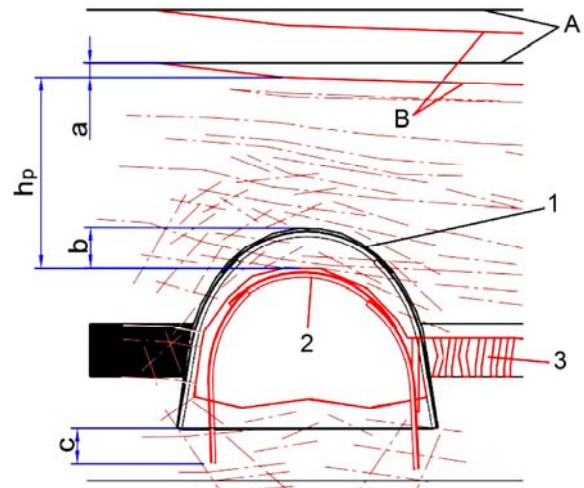


Рисунок 11. Схема деформирования выработки после прохода лавы в условиях слабых боковых пород шахты “Стенная”

Полученный результат относится к условиям, для которых эмпирический показатель глубины ведения горных работ проф. Ю.З. Заславского составляет  $\gamma H/\sigma_{сж} = 0.3 - 0.4$ .

Используя данные публикаций (Biliński & Kostyk, 1992; Esterhuizen & Varchak, 2006; Prusek, 2008) и полученные результаты исследований, сформирована упрощенная схема нагрузки на крепь (Рис. 12).

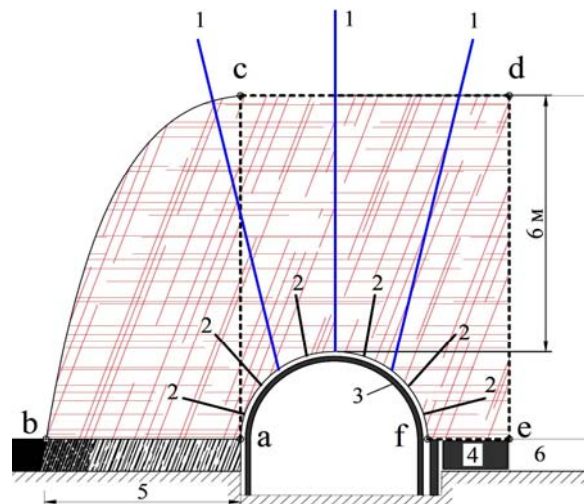


Рисунок 12. Схема нагрузки на крепь выработки за очистным забоем и рекомендуемая схема установки канатных анкеров: 1 – канатный анкер; 2 – штанговый анкер; 3 – рамная крепь; 4 – охранный конструкция; 5 – ширина зона разрушения краевой части пласта (Zabolotnaya, 2015); 6 – выработанное пространство

Вес пород  $Q$ , заключенный в погонном метре области  $acdef$ , формирует нагрузку на крепь штрека и охранную конструкцию. Теперь, зная отпор охранной конструкции  $P_o$ , крепи штрека  $P_u$  и несущую способность канатного анкера  $P_a$ , можем рассчитать плотность установки канатных анкеров на 1 м.п. выработки:

$$n = \frac{(Q - P_o - P_u) \cdot k_d}{P_a} \quad (1)$$

где:

$k_d = 2$  – коэффициент динамичности (Standart..., 2007).

При этом несущая способность анкеров первого уровня не учитывается, так как они выполняют только роль укрепления пород приконтурной зоны и эффективно работают только до подхода лавы. Рабочая длина канатного анкера должна обеспечивать его закрепление в равномерно опускающихся породах глубже контура зоны деформаций растяжения, т.е. выше линии  $cd$  в соответствии со схемой (Рис. 12).

Равномерному опусканию породных слоев выше зоны дезинтеграции противостоять невозможно, так как оно происходит в результате упругого прогиба массива из-за выемки полезного ископаемого.

### 3. ВЫВОДЫ

В условиях слабых слоистых пород деформирование массива пород вокруг выработки вне зоны влияния очистных работ происходит в виде формирования клиньев выдавливания в кровле и почве. За очистным забоем в кровле выработки формируется зона дезинтеграции пород, а вышележащие слои подвержены равномерному опусканию. Использование канатных анкеров по схеме “подшивка прогнозируемой зоны дезинтеграции” позволяет препятствовать развитию разрушения пород кровли выработки. При этом рабочая длина канатного анкера должна обеспечивать его закрепление за пределами прогнозируемой зоны разрушения, а плотность установки определяются методом заданного отпора – исходя из веса пород прогнозируемой зоны разрушения и несущей способности отдельного анкера.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают свою искреннюю благодарность коллективу инженерно-технических работников ш. “Самарская” и ш. “Степная” за помощь в организации и проведении натуральных наблюдений в горных выработках.

### REFERENCES

Bilinski, A., & Kostyk, T. (1992). Wplyw podpory obudowy na ruchy gorotworu w chodnikach przyscianowych przy eksploatacji na zawal. *Komunikat/Glowny inst. gornictw*; N773.

Bondarenko, V., Kovalevs'ka, I., & Fomychov, V. (2012). Features of carrying out experiment using finite-element method at multivariate calculation of “mine massif-combined support” system. *Geomechanical Processes during Underground Mining: School of Underground Mining 2012*, 7-13. <http://dx.doi.org/10.1201/b13157-3>

Bondarenko, V., Kovalevs'ka, I., Svystun, R., & Cherednichenko, Y. (2013). Optimal parameters of wall bolts computation in the united bearing system of extraction workings frame-bolt support. *Mining of Mineral Deposits*, 5-9. <http://dx.doi.org/10.1201/b16354-3>

Borisov, A. (1980). *Mehanika gornyh porod i massivov*. Moskva: Nedra.

Brady, B.H., & Brown, E.T. (2013). *Rock mechanics: for underground mining*. Springer Science & Business Media.

Bulat, A., & Vinogradov, V. (2002) Oporno-ankernoe krepnenie gornyh vyrabotok ugolnyh shaht. Dnepropetrovsk: *IGTM NAN Ukrainy*.

Esterhuizen, E., & Barczak, T. (2006, January). Development of ground response curves for longwall tailgate support design. In *Golden Rocks 2006, The 41st US Symposium on Rock Mechanics (USRMS)*. American Rock Mechanics Association.

Herne, R. A. G., & Ag, D. S. (2006). *Gebirgsbeherrschung von Flözstrecken*. M. Junker (Ed.). Verlag Glückauf.

Khalymendyk, I., Brui, A., & Baryshnikov, A. (2014). Usage of Cable Bolts for Gateroad Maintenance in Soft Rocks. *Journal Of Sustainable Mining*, 13(3), 1-6. <http://dx.doi.org/10.7424/jsm140301>

Khalymendyk, Yu., Khalymendyk, V., & Baryshnikov, A. (2014). Substantiation of cable bolts installation parameters in conditions of soft hoist rocks. *Progressive technologies of coal, coalbed methane and ores mining*, 79-85.

Khalymendyk, Yu., Khalymendyk, V., & Baryshnikov, A. (2014) O deformirovani systemy “krep – massiv” v usloviyah sloistykh porod glubokih shaht. *Naukovi praci UkrNDMI NAN Ukrainy*, (14), 100-112.

Kuchin, A., & Khalymendyk, Yu. (2011). Deformacija massiva gornyh porod vpered dvizhushhegosja ochistnogo zaboja. *Naukovi praci UkrNDMI NAN Ukrainy*, (9), 118-125.

Peters, S., Gorke, T., & Bigby, D. (2011). *Development and optimisation of efficient systems for the monitoring of gateroad support under the influence of rock stress. Final report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Pivnjak, G., Shashenko, A., Sdvizhkova, E., & Simanovich, E. (2013). *Geomehanika strugovoj lavy*. Dnipropetrovsk: LizunovPres.

Pozolotin, A., Rozenbaum, M., & Renev, A. (2013). Metod rascheta parametrov ankernoj krepki glubokogo zalozhenija dlja podderzhaniya gornyh vyrabotok v razlichnyh gornogeologicheskikh i gornotekhnicheskikh usloviyah ugolnyh shaht. *Ugol'*, 1045(4), 32-34.

Prusek, S. (2008). Metody prognozowania deformacji chodnikow przyścianowych w strefach wplywu eksploatacji z zawalem stropu. *Główny Instytut Górnictwa. Prace Naukowe GIG*.

Prusek, S. (2008). Modification of parameters in the Hoek-Brown failure criterion for gate road deformation reduction by means of numerical modeling. *Glückauf*, 9, 529-534.

Razumov, E., Grechishkin, P., Samok, A., & Pozolotin, A. (2012). Opyt primeneniya kanatnyh ankerov dlja sohraneniya i povtornogo ispolzovaniya shtrekov ugol'nyh shaht. *Ugol'*, 1036(6), 10-12.

Sasaoka, T., Shimada, H., Lin, N.Z., Takamoto, H., Matsui, K., Kramadibrata, S., & Sulistianto, B. (2014). Geotechnical issues in the application of rock bolting technology for the development of underground coal mines in Indonesia. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 28(3), 150-172. <http://dx.doi.org/10.1080/17480930.2013.804258>

Shirokov, A., Lider, V., & Pisljakov, B. (1976). Raschet ankernoj krepki dlja razlichnyh uslovij primeneniya. Moskva: Nedra.

Standart KD12.01.01201-98. (1998). *Raspolzhenie, ohrana i podderzhanie gornyh vyrabotok pri otrabotke ugol'nyh plastov na shahtah*. Normativnyj dokument Minugleproma Ukrainy.

Standart SOU 10.1.0018579.011:2007. (2007). *Pidgotovchi virobki na pologih plastah. Vibir kriplennja sposobiv i zasobiv ohoroni*. Normativnij dokument Minvuglepromu Ukrainy.

Standart SOU 10.1.05411357.012:2014. (2014). *Instrukcija z proektuvannja kombinovanogo ramno-ankernogo kriplennja girmichih virobok*. Normativnij dokument Minvuglepromu Ukrainy

Tadolini, S., & McDonnell, J. (2010). Cable bolts an effective primary support system. In *Proceedings of the 29th Inter-*

*national Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, WV* (pp. 75-83).

Zabolotnaya, Y. (2015). *Regularities of the bearing pressure formation in the vicinity of the system "Longwall – main haulage road" of Western Donbass mines* (Ph.D). National Mining University.

Zborshhik, M. (2015). *Nedostatochnaja effektivnost' primeneniya arochnoj krepki v uchastkovyh vyrabotkah pri besce-likovoj otrabotke. Ugol' Ukrainy*, (6), 36-39.

## ABSTRACT (IN RUSSIAN)

**Цель.** Разработка подходов к обоснованию параметров установки канатных анкеров с учетом геометрических параметров зоны дезинтеграции пород для крепления выработок в условиях слоистых пород.

**Методика.** Натурными исследованиями установлены параметры зон дезинтеграции пород кровли одиночной выработки и выработки в зоне влияния очистных работ.

**Результаты.** Рассмотрены существующие способы обоснования параметров установки канатных анкеров. Приведен механизм деформирования пород вокруг одиночной выработки. Проанализированы результаты эксперимента по креплению выработки анкерной крепью в условиях Западного Донбасса. Приведены результаты исследований закономерностей деформирования пород кровли подготовительной выработки в зоне влияния очистных работ.

**Научная новизна.** Деформирование массива пород вокруг одиночной выработки происходит в виде формирования клиньев выдавливания слоистых пород почвы и кровли. За очистным забоем зона дезинтеграции пород формируется на высоту 6 м в кровлю выработки, а вышележащий массив опускается на величину до 0.2 м без расслоений.

**Практическая значимость.** С учетом геометрических параметров зон дезинтеграции обоснованы параметры установки канатных анкеров для крепления кровли выработок в условиях слоистых пород. Экспериментально установлено, что увеличение плотности установки канатных анкеров приводит к уменьшению интенсивности деформирования пород кровли выработки на сопряжении "лава – штрек".

**Ключевые слова:** канатный анкер, слоистые породы, горная выработка, зона дезинтеграции пород, натурные исследования

## ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

**Мета.** Розробка підходів до обґрунтування параметрів установки канатних анкерів з урахуванням геометричних параметрів зони дезінтеграції порід для кріплення виробок в умовах шаруватих порід.

**Методика.** Натурними дослідженнями встановлено параметри зон дезінтеграції порід покрівлі одиночної виробки та виробки у зоні впливу очисних робіт.

**Результати.** Розглянуто існуючі способи обґрунтування параметрів установки канатних анкерів. Наведено механізм деформування порід навколо одиночної виробки. Проаналізовано результати експерименту з кріплення виробки анкерним кріпленням в умовах Західного Донбасу. Наведено результати досліджень закономірностей деформування порід покрівлі підготовчої виробки у зоні впливу очисних робіт.

**Наукова новизна.** Деформування масиву порід навколо одиночної виробки відбувається у вигляді формування клинів видавлювання шаруватих порід підосви та покрівлі. За очисним забоем зона дезінтеграції порід формується на висоту 6 м у покрівлю виробки, а вищезалгаючий масив опускається на величину до 0.2 м без розшарувань.

**Практична значимість.** З урахуванням геометричних параметрів зон дезінтеграції обґрунтовані параметри установки канатних анкерів для кріплення покрівлі виробок в умовах шаруватих порід. Експериментально встановлено, що збільшення щільності установки канатних анкерів призводить до зменшення інтенсивності деформування порід покрівлі виробки на сполученні "лава – штрек".

**Ключові слова:** канатний анкер, шаруваті породи, гірничі виробки, зона дезінтеграції порід, натурні дослідження

## ARTICLE INFO

Received: 15 September 2015

Accepted: 22 October 2015

Available online: 30 March 2016

## ABOUT AUTHORS

Yurii Khalymendyk, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Mine Surveying Department, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 1/13, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: [khalymendyk@meta.ua](mailto:khalymendyk@meta.ua)

Anatolii Baryshnikov, Assistant Professor of the Mine Surveying Department, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 1/13, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: [as\\_nmu@mail.ru](mailto:as_nmu@mail.ru)