

УДК 622.268.6

ПОДДЕРЖАНИЕ ВЫРАБОТОК БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ, СОХРАНЯЕМЫХ НА ГРАНИЦЕ С ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ¹**Земляная Ю.В.**¹*Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины***ПІДТРИМКА ВИРОБОК ВЕЛИКОГО ПЕРЕТИНУ, ЩО ЗБЕРІГАЮТЬСЯ НА МЕЖІ З ВИРОБЛЕНИМ ПРОСТОРОМ**¹**Земляна Ю.В.**¹*Институт геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України***SUPPORTING OF ROADWAYS WITH BIG CROSS-SECTION KEPT AT THE BORDER WITH GOAF**¹**Zemlyanaya Yu.V.**¹*Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine*

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос поддержания горной выработки в зоне ее сопряжения с лавой и после ее прохода. В зоне влияния очистных работ нагрузки на крепь горных выработок значительно возрастают. Существенное влияние оказывает размер сечения. Поэтому вопрос об оптимальном виде крепления сопряжений имеет большое значение, особенно при сохранении выработки на повторное использование. Выполнен анализ смещений пород кровли и почвы для условий поддержания конвейерного штрека в различные периоды эксплуатации: при проведении выработки, при поддержании впереди первого очистного забоя и при поддержании за первым очистным забоем. Также выполнено сравнение величин смещений и нагрузки на крепь для рамной и рамно-анкерной технологий поддержания горной выработки. Проведенные расчеты показали, что применение анкеров значительно уменьшает смещения пород кровли, существенно уменьшается потеря сечения выработки и позволяет обеспечить эксплуатационное состояние сопряжения штрека с лавой. Это происходит за счет формирования грузонесущего перекрытия, которое и после прохода лавы остается в работоспособном состоянии. Однако наличие в кровле слабого прослойка или межслоевого контакта за пределами заанкереной области может привести к нарушению взаимосвязи породно-анкерного блока с основной кровлей и возможному обрушению блока в выработку. В качестве крепи усиления рассмотрено применение канатных анкеров глубокого заложения. Это позволяет связать грузонесущее перекрытие, сформированное анкерами с ненарушенными породами в глубине массива. Определены рациональные параметры анкерной и рамной крепи, а также канатных анкеров. Применение указанных разработок позволило повысить устойчивость конвейерного штрека и сопряжения с очистным забоем, сократить затраты на подготовку и отработку лавы, снизить трудоемкость операций по поддержанию кровли на сопряжении выработки с лавой и повысить безопасность труда горнорабочих.

Ключевые слова: анкерное крепление, канатные анкера, напряженно-деформированное состояние, сопряжение лав со штреками.

Сопряжения лав со штреками являются одними из наиболее сложных участков ведения горных работ. Они представляют собой участки кровли, испытывающей повышенное горное давление.

Состояние пород кровли на сопряжении лавы со штреками осложняется тем, что здесь наслаиваются одна на другую две разноориентированные системы трещин, образующиеся частично в результате действия опережающего горного давления. На сопряжении лав нередки случаи нарушения производственного ритма, которые вызываются либо несовершенством крепи, либо высокой трудоемкостью работ в этой зоне [1]. В настоящее время используется несколько вариантов крепления сопряжений: механизированные крепи, гидравлические

стойки, деревянные стойки, а так же анкерная крепь.

Традиционно анкерная крепь (АК) применяется для крепления подготовительных выработок, погашаемых после прохождения лавы [2,3]. Но в настоящее время накоплен положительный опыт применения усиленных конструкций анкерно-рамных систем для поддержания выработок на сопряжении «лава-штрек» и далее после прохождения лавы [4].

Целью данной работы является анализ смещений пород кровли и почвы для условий поддержания конвейерного штрека блока 10 ПАО «ШУ Покровское» в различные периоды эксплуатации: при проведении выработки, при поддержании впереди первого очистного забоя и при поддержании за первым очистным забоем.

Глубина проведения выработки – 865 м. Мощность угольного пласта – 0,9 м. Состав пород представлен в таблице 1. Размеры сечения выработки соответствуют рамной крепи КШПУ- 20,3. Длина анкера – 2,4 м.

Таблица 1 - Состав вмещающих пород (по мере удаления от центра выработки)

Порода	Мощность слоя <i>m, м</i>	Прочность пород <i>R, МПа</i>
Кровля		
Алевролит	1,1	54,5
Песчаник	5	62
Песчаник	5,85	62
Почва		
Алевролит	0,6	54,5
Уголь	0,9	12,5
Песчаник	5	61,8
Песчаник	5	61,8
Песчаник	2,55	61,8

Были рассмотрены два варианта крепления выработки: рамной крепью; рамно-анкерной крепью.

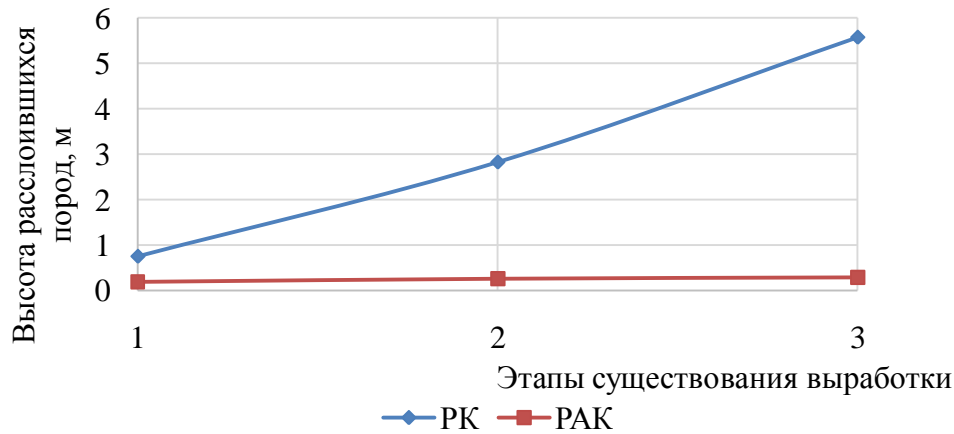
В ходе расчетов получены смещения кровли, которые приведены в табл.2.

Таблица 2 - Смещения кровли на различных этапах существования выработки

	Для рамной крепи	Для рамно-анкерной крепи
- при проведении выработки	0,372	0,0091
- при поддержании впереди первого очистного забоя	0,508	0,0456
- при поддержании за первым очистным забоем	0,383	0,027

Проведенные расчеты показали, что применение анкеров значительно позволяет уменьшить смещения пород кровли.

На основании полученных смещений была рассчитана высота сводообразования и расслоения пород кровли. Результаты расчетов приведены на рис.1.



1- при проведении; 2 - при поддержании впереди первого очистного забоя;
3 - при поддержании за первым очистным забоем при креплении выработки рамной крепью и рамно-анкерной крепью

Рисунок 1 - Зависимость высоты расслоившихся пород в различные периоды существования выработки

Из рис.1 видно, что применение анкеров значительно уменьшает свод расслоившихся пород кровли.

Далее по величинам смещений и высотам сводообразования и расслоения пород кровли для каждого периода поддержания выработки рассчитаны ожидаемые нагрузки на крепь подготовительной выработки. Результаты представлены в табл.3.

Таблица 3 - Ожидаемые нагрузки на различных этапах эксплуатации выработки

	Для рамной крепи	Для рамно-анкерной крепи
- на крепь впереди первой лавы	387	47
- на крепь впереди первой лавы	600	31
Суммарная ожидаемая нагрузка, кН/м	987	78

Ожидаемая нагрузка на крепь в сопряжении лавы со штреком (в «окне» лавы), которая рассчитывается по формуле

$$Q_{c.c} = 0,5 \cdot (B_{c.c})^2 \cdot \gamma \quad (1)$$

где $B_{c.c}$ - приведенная ширина сопряжения, определяемая по формуле:

$$B_{c.c} = (B_{np}^2 + l_{o.б}^2)^{0,5}, \quad (2)$$

где $l_{o.б}$ - расстояние между забоем лавы и возведением литой бутовой полосы, м, составила

$$Q_{c.c} = 0,5 \cdot (8,55)^2 \cdot 25 = 914 \text{ кН/м}$$

Нетрудно заключить, что основной нагрузкой на используемую выработку является $Q_{c.c}$.

Несущая способность рамно – анкерной крепи подготовительной выработки состоит из силовых характеристик рамной крепи и анкерной. Рамная крепь конструктивно состоит из КШПУ-20,3 с рабочим сопротивлением 270 кН/ раму (403 кН/м), анкерная крепь из рядов сталеполимерных анкеров между рамами основной крепи, с несущей способностью 361 кН/ряд (451 кН/м). Суммарная несущая способность 854 кН/м, т.е. меньше ожидаемой нагрузки на крепь в «окне» лавы.

В таких случаях в мировой практике применяется система анкеров глубокого заложения (глубина 3-4 м и более), либо применение двухуровневого анкерования с обычными штанговыми анкерами (первый уровень, длина обычно 2-3 м) и анкерами глубокого заложения (длиннее анкеров первого уровня) [5,6]. Анкера глубокого заложения - обычно канатные анкера, которые выполняются в виде троса, состоящего из гибких стальных жил, что позволяет преодолеть ограничение при установке в виде высоты выработки.

Поэтому следующим этапом является определение нагрузок на усиливающую крепь (ΔQ_{HC} , кН/м) на сопряжении лавы со штреком (в «окне» лавы)

$$\Delta Q_{HC} = Q_{c.c} - P_{a.p} . \quad (3)$$

Подставив в формулу (3) входящие параметры, получим искомое значение ΔQ_{HC}

$$\Delta Q_{HC} = 914 - 451 = 463 \text{ кН/м}$$

Тогда, в соответствии с требованиями СОУ 10.1.00185790.011:2007, требуемая плотность крепи усиления в виде строенных сталеполимерных канатных анкеров ($n_{стр/м}$), устанавливаемых под балки СВП27, определяется

$$n_{стр/м} = \Delta Q_{HC} / P_{н.к.а} \cdot 3 . \quad (4)$$

Подставив в формулу (4) входящие параметры, получим искомое значение $n_{стр/м}$:

$$n_{стр/м} = 463 / 147 \cdot 3 = 1,05 \text{ стр/м} \approx 1,0 \text{ стр/м}$$

Принимаем необходимую плотность строенных сталеполимерных канатных анкеров в поддержании сопряжения лавы со штреком равной 1,0 стр/м.

Также рассчитываем требуемую длину сталеполимерного канатного анкера ($L_{c.k.a}$, м) по формуле

$$L_{c.k.a} = \frac{l_3}{k_3} + h_{в.н.н} , \quad (5)$$

где $h_{в.н.н}$ - толщина пород непосредственной кровли, расположенная за контуром выработки, и требующая «подшивания» к основной кровле пласта, м, которая определяется по формуле

$$h_{в.н.п} = M - [h_{нр} - m_{ср} - h_{н.п}], \quad (6)$$

где M - мощность непосредственной кровли пласта, м; $h_{нр}$ - высота выработки в проходке, м, определяемая согласно СОУ10.1.00185790.011:2007; $h_{н.п}$ - высота нижней подрывки пород почвы пласта, м; $m_{ср}$ - средняя мощность пласта, м.

Так как мощность непосредственной кровли пласта составляет 1,7 м, то $h_{в.н.п}$ получается отрицательным. Принимая его равным нулю, получаем

$$L_{с.к.а} = l_3 / k_3$$

Следовательно, требуемая длина канатного анкера составит – 2,63 м (принимая 3 м).

Вывод: анализ результатов расчетов смещений и нагрузки на крепь для рамной и рамно-анкерной технологий поддержания горной выработки показал, что при использовании анкерной крепи существенно уменьшается потеря сечения выработки. Это происходит за счет формирования грузонесущего перекрытия, которое и после прохода лавы остается в работоспособном состоянии. Однако наличие в кровле слабого прослойка или межслоевого контакта за пределами заанкереной области может привести к нарушению взаимосвязи породно-анкерного блока с основной кровлей и возможному обрушению блока в выработку. В таких случаях применяется анкерная крепь, усиленная канатными анкерами глубокого заложения, которые позволяют связать грузонесущее перекрытие с ненарушенными породами в глубине массива. Применение указанных разработок обеспечило сохранение контура и уменьшение потери сечения выработки, сокращение затрат на подготовку и отработку лавы, повысило безопасность труда горнорабочих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Широков А.П., Лидер В.А., Петров А.И. Крепление сопряжений лав. – Москва. Недра, 1987. 191 с.
2. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. -Днепропетровск, 2002. 372 с.
3. Айкхоф Ю., Юрека Х. Анкерная крепь – ключевая технология для высокопроизводительных лав на большой глубине / Глюкауф. 2002. № 2. С. 27-32.
4. Круковский А.П. Исследование напряженного состояния горного массива вокруг выработки в зоне ее сопряжения с выработанным пространством лавы / Геотехническая механика. Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2010. № 91. С. 239-244.
5. Sasaoka, T., Shimada, H., Takamoto, H., Hamaoka, A., Matsui, K., Oya, J. Applicability of rock bolting system and ground control management under weak strata in Indonesia / Coal International, 2013. Vol. 261. Issue 6. P.32-37.
6. Опыт применения канатных анкеров для сохранения и повторного использования штреков угольных шахт / Разумов Е.А., Грецишкин П.В., Самок А.В., Позолотин А.С. / Уголь, 2012. № 6. С. 10-12.

REFERENCES

1. Shirokov, A. P., Leader, V. A. and Petrov, A. I. (1987), *Kreplenie sopryazheniy lav* [Fastening of the conjugations of the wall face], Nedra, Moscow, Russia.
2. Bulat, A.F. and Vinogradov, V.V. (2002), *Oporno-ankernoe kreplenie gomnyykh vyrabotok ugolnykh shakht* [Support-anchoring mine workings of coal mines], Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Aykhof, Yu. and Yurekka, H. (2002), "Anchoring – a key technology for high productivity longwall on a large dove", *Glyukauf*, no. 2, pp. 27-32.
4. Krukovskiy, A.P. (2010), "Investigation of stress state of rock mass around workings in the zone of its conjunction with the longwall goaf", *Geo-Technical Mechanics*, no. 91, pp. 239-244.
5. Sasaoka, T., Shimada, H., Takamoto, H., Hamaoka, A., Matsui, K. and Oya, J. (2013), "Applicability of rock bolting system and ground control management under weak strata in Indonesia", *Coal International*. Vol. 261 Issue 6: 32-37.
6. Razumov, E. A., Grechishkin, P. V., Samok, A. V. et.al, (2012), "Experience of application of the cable bolts for the

preservation and reuse of drifts of coal mines", *Ugol [Coal]*, no 6, pp. 10-12.

Об авторе

Земляная Юлия Валериевна, магистр, аспирант отдела горной термоаэродинамики и автоматизированных систем, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, igtm@ua.fm.

About the author

Zemlyanaya Yuliya Valerievna, Master of Science, Doctoral Student in Department of Rock Thermoaerodynamics and Automated Systems, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine (IGTM, NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine, igtm@ua.fm

Анотація. У статті розглянуто питання підтримки гірничої виробки в зоні її сполучення з лавою і після її проходу. У зоні впливу очисних робіт навантаження на кріплення гірничих виробок значно зростають. Істотний вплив має розмір перетину. Тому питання про оптимальний вид кріплення сполучень має велике значення, особливо при збереженні виробки на повторне використання. Виконаний аналіз зміщень порід покрівлі і підшови за умов підтримки конвеєрного штреку в різні періоди експлуатації: при проведенні виробки, при підтримці попереду першого очисного вибою і при підтримці за першим очисним вибоєм. Також виконано порівняння величин зміщень і навантаження на кріплення для рамної і рамно-анкерної технологій підтримки гірничої виробки. Проведені розрахунки показали, що застосування анкерів значно зменшує зміщення порід покрівлі і дозволяє забезпечити експлуатаційний стан сполучення штреку з лавою. Це відбувається за рахунок формування вантажонесущого перекриття, яке і після проходу лави залишається в працездатному стані. Однак наявність у покрівлі слабкого прошарку або міжшарового контакту за межами заанкереної області може призвести до порушення взаємозв'язку породно-анкерного блоку з основною покрівлею і можливого обвалення блоку в виробку. В якості кріплення посилення розглянуто застосування канатних анкерів глибокого закладення. Це дозволяє зв'язати вантажонесуче перекриття, сформоване анкерами з непорушеними породами в глибині масиву. Визначено раціональні параметри анкерного та рамного кріплення, а також канатних анкерів. Застосування зазначених розробок дозволило підвищити стійкість конвеєрного штреку і сполучення з очисним вибоєм, скоротити витрати на підготовку та відпрацювання лави, знизити трудомісткість операцій з підтримання покрівлі на сполученні виробки з лавою і підвищити безпеку праці гірників.

Ключові слова: анкерне кріплення, канатні анкера, напружено-деформований стан, сполучення лав зі штреками.

Annotation. In this article, a problem of mine roadway supporting in area of its conjunction with longwall and after passing it is considered. In areas under the effect of winning operations, load on the roadway supports increases significantly. Size of the cross section has a significant impact. Therefore, the problem of optimal form of supports in the conjunction areas is of great importance, especially for leaving the roadway for re-use. Displacements of roof and floor rocks were analyzed for various conditions of the belt entry supporting during different periods of its operation: roadway driving, supporting ahead of the first stope and supporting behind the first stope. As well as, rates of displacements and loads on supports at arch and bolt-and-arch technologies of roadway supporting were compared. Calculations shown that use of roof bolts significantly reduced displacement of the roof rocks ensuring operational state of conjugation area between the belt entry and longwall. This is due to the formation of the load-carrying ceiling, which remains in working condition even after the passage of the lava. However, the presence in the roof of a weak layer or interlayer contact outside the anchored area may lead to a disruption of the relationship of the breed-anchor block with the main roof and the possible collapse of the block into production. It is proposed to use the rope bolts with their deep bedding for consolidating the supports, which connect load-bearing canopy formed by the roof bolts with undisturbed rocks in the depth of the thickness. Rational parameters were determined for the bolt-and arch supports and rope bolts.

Use of these designs allowed improving stability of the belt entry and conjugation area with longwall, reducing cost of the longwall preparation and mining, decreasing labour-intensity of the roof supporting in conjugation area between the belt entry and longwall and improving safety of miner work.

Keywords: roof bolting, rope-bolt supporting, stress-strain state, conjunction of longwall with entry.

Стаття надійшла до редакції 09.11.2018

Рекомендовано до друку член.-кор. НАН України Круковським О.П.