

---

---

УДК 622.281.74: 622.284

**Халимендик Ю.М.**, д-р техн. наук, профессор  
**Бруй А.В.**, канд. техн. наук, доцент  
**Барышников А.С.**  
(ГВУЗ «НГУ»)

**ПОДДЕРЖАНИЕ ШТРЕКА КАНАТНЫМИ АНКЕРАМИ  
В УСЛОВИЯХ СЛАБЫХ БОКОВЫХ ПОРОД**

**Халимендик Ю.М.**, д-р техн. наук, професор  
**Бруй Г.В.**, канд. техн. наук, доцент  
**Баришніков А.С.**  
(ДВНЗ «НГУ»)

**ПІДТРИМКА ШТРЕКА КАНАТНИМИ АНКЕРАМИ В УМОВАХ  
СЛАБКИХ БІЧНИХ ПОРІД**

**Khalymendyk YU.M.**, D.Sc. (Tech.), Professor  
**Bryi A.V.**, Ph.D. (Tech.), Associate Professor  
**Baryshnikov A.S.**  
(SHEI «NMU»)

**SUPPORTING OF MINE ROADWAY WITH ROPE BOLTS UNDER  
CONDITIONS OF SOFT WALLS**

**Аннотация.** Приведены результаты опробования экспериментального способа поддержания штрека канатными анкерами при струговой выемке угольного пласта в условиях слабых боковых пород. Представлены методики выполнения наблюдений за деформацией приконтурного породного массива вокруг выработки и смещениями элементов крепи. Показано преимущество геометрического нивелирования контурных и глубинных реперов на наблюдательных станциях. Выполнено сравнение эффективности экспериментального способа поддержания штрека при помощи канатных анкеров с «классическими» способами, диктуемыми действующими нормативными документами для шахт Украины. Показаны преимущества эксплуатации канатных анкеров. Установлены закономерности деформирования горного массива над выработкой в зоне опорного давления и после прохода лавы. Обоснованы параметры крепи усиления штрека для эффективного поддержания на всех этапах с минимальными потерями сечения.

**Ключевые слова:** поддержание выработок, канатные анкера, слабые боковые породы, деформация массива.

**Введение.** Экономические условия, в которых находится угольная промышленность Украины, требуют постоянного наращивания объемов добычи при снижении затрат на эксплуатацию шахт. Исключение потерь угля в целиках и увеличение темпов подвигания очистных забоев обеспечивается использованием схем прямоточного проветривания с сохранением выемочных штреков как до, так и после прохода лавы, а также повышением нагрузки на очистные ком-

плексы.

Наличие в кровле прочных пород и применение усиливающей крепи способствует сохранению штрека после прохода лавы. Актуальным является вопрос эффективного поддержания штреков [1-4], особенно в слабых боковых породах, что характерно для шахт Западного Донбасса. Согласно [5], в слабых боковых породах ( $\sigma_{сж} < 25-30$  МПа) поддержание выработок за очистным забоем не рекомендуется. Тем не менее, для указанных условий было выполнено большое количество исследований и разработана инструкция [6] поддержания выемочных выработок при скоростях подвигания лав до 150 м/мес. Увеличение сопротивления основной и вспомогательной крепи приводит к уменьшению конвергенции [7].

Согласно [6], усиление выработки впереди очистного забоя рекомендуется проводить стойками усиления, либо установкой промежуточных рам крепи. Считается, что использование специальной крепи сопряжения полностью механизмирует процесс крепления сопряжения, способствует повышению безопасности и производительности работ [8]. Такая схема усиления крепи выработки в зоне влияния опорного давления является «классической». Однако, при высоких скоростях подвигания очистного забоя (более 150 м/мес) она является малоэффективной из-за высокой трудоемкости работ, загромождения полезного сечения выработки. В работе [8] были проанализированы данные по 110 сопряжениям лав со штреками, в результате чего было установлено, что на передвижку крепей сопряжений уходит до 28,1 % общего времени по выполнению концевых операций на штреке, а трудоемкость по креплению сопряжений составляет до 29.5% от трудоемкости выемки угля в лаве.

Перспективной является схема усиления выемочного штрека посредством установки канатных анкеров, которая исключает применение стоек усиления впереди лавы и механизированных крепей сопряжения. Опыт применения канатных анкеров накоплен за рубежом [9, 10]. Использование канатных анкеров в условиях шахт Западного Донбасса с прочностью боковых пород до 25-30 МПа требовало предварительного опробования и геомеханического обоснования [4].

**В статье рассмотрены** результаты опытно-промышленной эксплуатации способа усиления 165-го сборного штрека ПСП «Шахта «Степная» впереди очистного забоя 163-й лавы, который предусматривал замену штрековых механизированных крепей сопряжения и стоек усиления впереди лавы на канатные сталеполимерные анкера, а также его эффективности в сравнении с «классическими» схемами усиления 159-го и 163-го сборных штреков.

**Методика исследований.** Внедрение новых видов крепи (анкерных систем; комбинированных крепей и т.д.) сопровождаются мониторингом состояния крепи и массива боковых пород [11], который включает в себя визуальный контроль качества выполняемых работ, состояния выработки, инструментальный контроль нагружения анкеров, перемещения контура и пород приконтурной зоны выработки.

Достоверную информацию о состоянии массива дают глубинные реперы,

устройство которых основано на закреплении в шпуре на соответствующих глубинах отрезков троса с помощью якорей. Наблюдения на глубинных станциях включают в себя определение смещений якорей относительно друг друга и наиболее глубокого репера, который, как правило, принимается за исходный и считается неподвижным. Вне зоны влияния очистных работ при достаточной глубине скважины (5-7 м) такое допущение можно считать справедливым, не приводящим к большим ошибкам.

В зонах влияния очистных работ смещения исследуемых элементов определяются относительно боковых реперов, которые закладываются в горизонтальной плоскости (рис. 1) [12], или относительно почвы пласта.

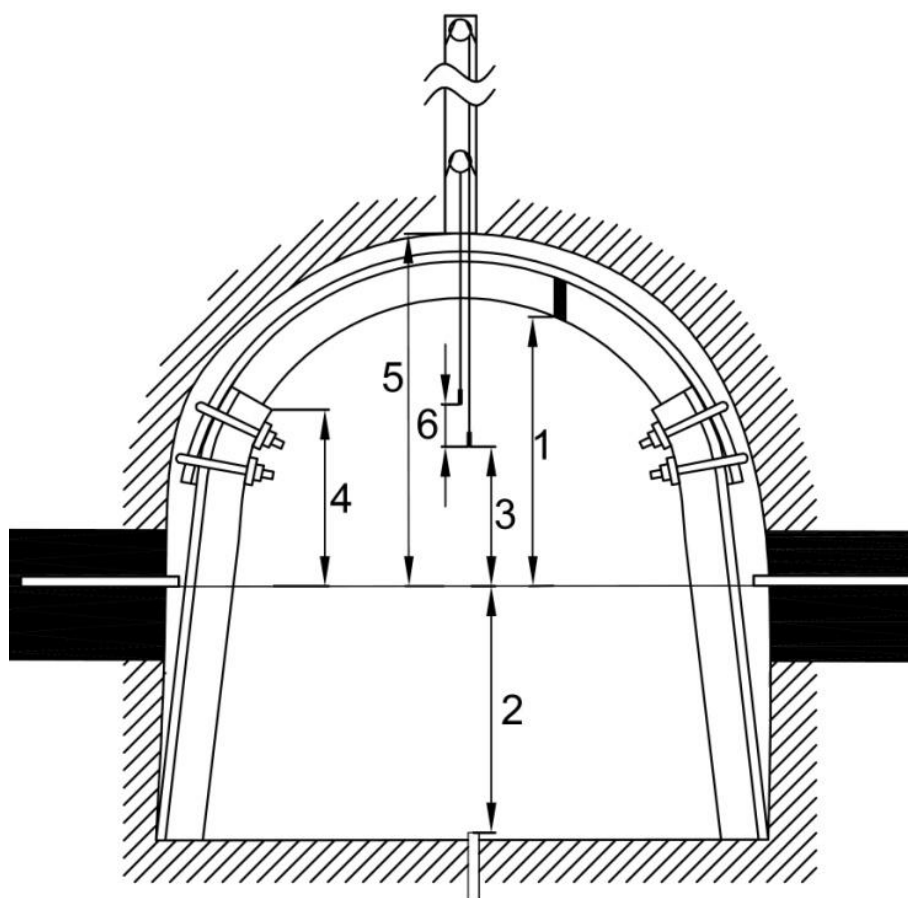


Рис.1 - Схема использования контурных и глубинных реперов

Домеры от плоскости боковых реперов до: 1 – верхнего элемента крепи; 2 – почвы выработки; 3 – глубинного репера наиболее глубокого заложения; 4 – стоек крепи; 5 – устья скважины глубинной станции; 6 – Смещения глубинных реперов относительно репера наиболее глубокого заложения

Применение такой методики является обоснованным при неизменном положении боковых реперов или почвы пласта. При слабых боковых породах и в зонах повышенного горного давления можно наблюдать внедрение крепи в почву [13] и «заволачивание» приконтурных слоев пород вниз (рис. 2). Изменение положения боковых реперов неизбежно приводит к снижению достоверности получаемых результатов.

При приемочных испытаниях крепей рекомендуется производить нивелиро-

вание контура выработки[11] для разложения конвергенции на составляющие: пучение, опускание кровли, внедрение стоек в почву выработки.

Для совершенствования способа наблюдения за смещением породных слоев вокруг выработки было предложено использовать геометрическое нивелирование для определения абсолютных смещений контурных и глубинных реперов (рис. 3). При этом исходные реперы находятся вне зоны влияния очистных работ, что гарантирует их неподвижность, а использование точных маркшейдерских приборов и методики проведения нивелирования в соответствии с [14] обеспечивает достаточную точность определения высотных отметок элементов наблюдательной станции.



Рис. 2 - Состояние горного массива в бортах выработки в условиях шахты «Степная»

**Экспериментальная часть.** 159-й, 163-й и 165-й сборные штреки являлись подготовительными выработками при отработке длинными столбами по восстанию смежных 157-й, 161-й и 163-й лав соответственно. Выработки пройдены с Восточного магистрального откаточного штрека гор. 300 м по падению угольного пласта С<sub>6</sub> на гор. 490 м, средний уклон 4°. Угольный пласт С<sub>6</sub> - простого строения, трещиноватый, сцепление с породами отсутствует, вынимаемая мощность – 1,04 м. Боковые породы представлены переслаивающимися алевролитами и аргиллитами с прочностью на одноосное сжатие до 25 МПа и со слабым сцеплением.

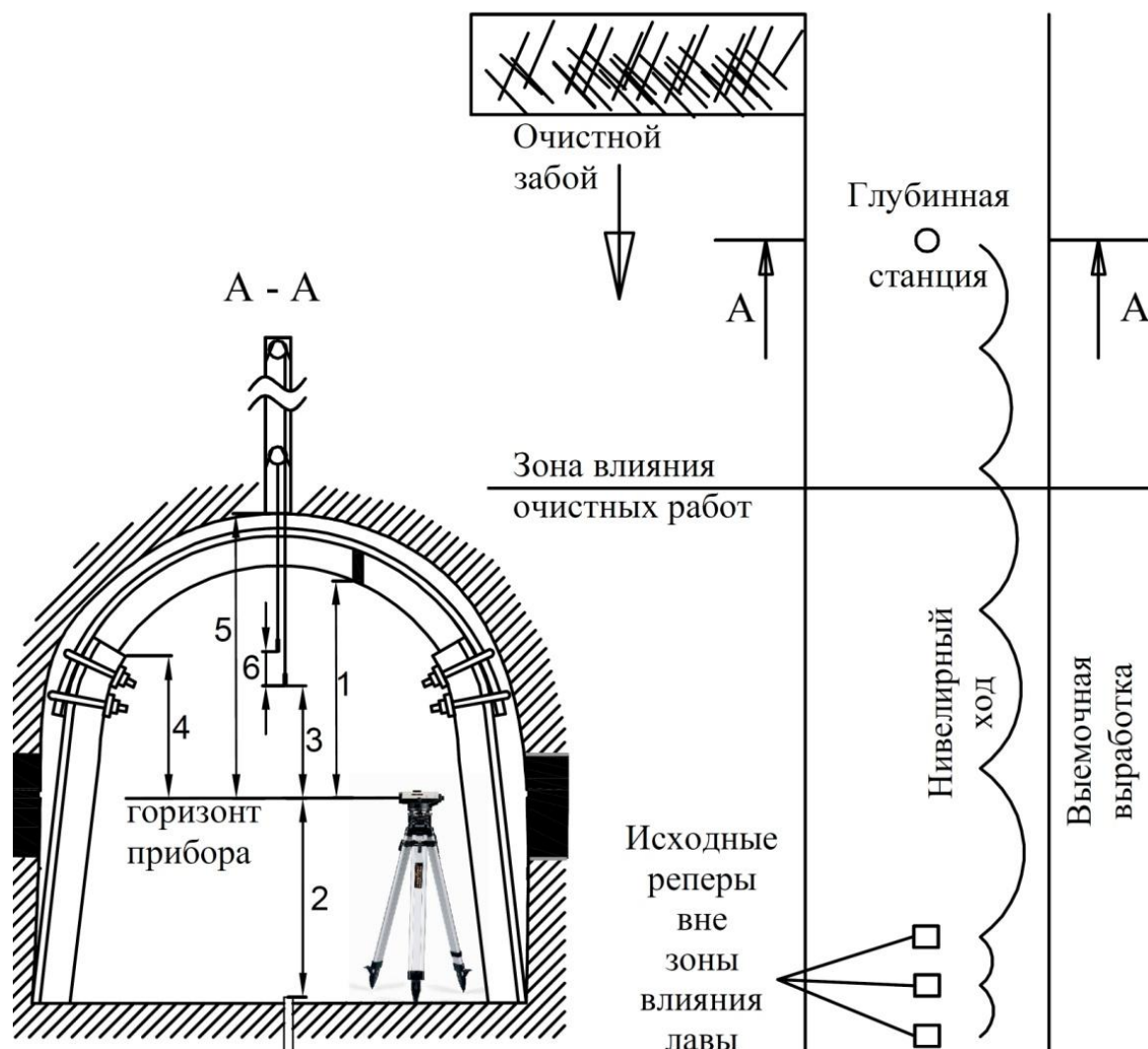


Рис. 3 - Схема нивелирования контурных и глубинных реперов

Отсчеты по нивелирной рейке, установленной на: 1 – верхнем элементе крепи; 2 – почве выработки; 3 – глубинном репере наиболее глубокого заложения; 4 – стойках крепи; 5 – устье скважины глубинной станции;

6 – смещения глубинных реперов относительно репера наиболее глубокого заложения.

Проводились исследования процесса конвергенции 159-го и 163-го сборных штреков при отработке 157-й и 161-й лав [15], при этом использовались замеры смещений элементов системы «крепь-массив» на контурных станциях относительно почвы пласта. Скорость подвигания очистных забоев составляла до 120 м/мес. В 157 лаве выемка угля производилась комбайном МБ-410Е, а в 161-й – струговой установкой ДВТ. Выработки были закреплены рамно-анкерной крепью. Поддержание 159-го и 163-го сборного штреков в зоне опорного давления производилось установкой инвентарных гидравлических стоек, на сопряжении штреков с лавой – при помощи двухрядной крепи-сопряжения УКС и рядом гидравлических стоек, устанавливаемых под металлический прогон (рис. 4).

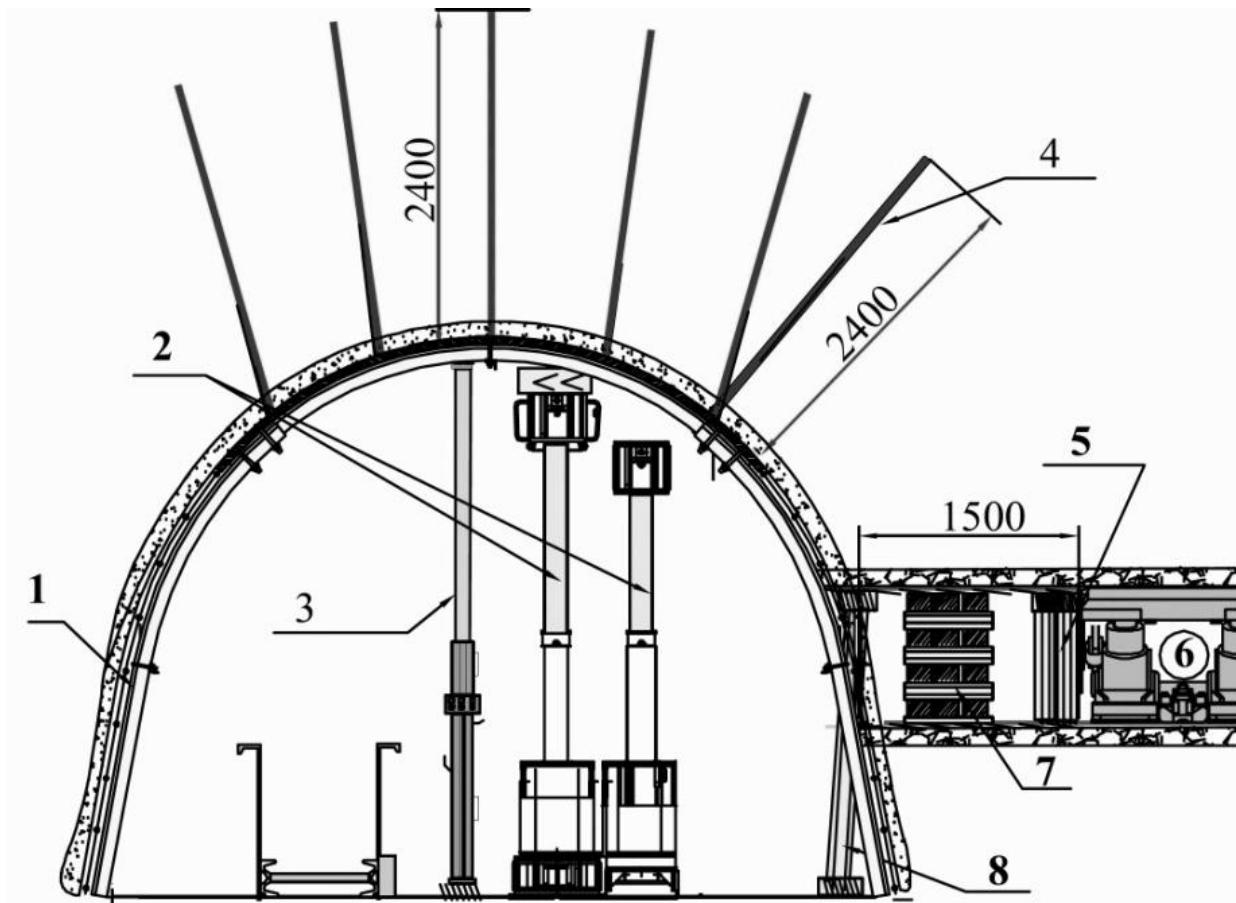


Рис. 4 - Схема крепления и усиления 159-го сборного штрека

1 – крепь КШПУ 15,8; 2 – крепь сопряжения УКС; 3 – инвентарная гидравлическая стойка; 4 – боковой анкер для поддержания верхняка; 5 – обрезной ряд; 6 – очистной комплекс; 7 – накатной костер; 8 – боковая стойка между кровлей пласта и почвой выработки.

Проявление опорного давления начиналось в 125-150 м впереди лав. Несмотря на выполняемые меры по поддержанию, зафиксированы значительные потери сечения, которые еще до подхода очистного забоя составили 0,4-0,8 м, а на сопряжении – до 1,2 м (рис. 5). После прохода лавы вертикальная конвергенция составляла 1,2-1,4 м, т. е. потери сечения составили около 50%. Очевидно, что «классические» меры по поддержанию штреков, диктуемые нормативными документами для данных условий являются неэффективными.

165-й сборный штрек был закреплен рамно-анкерной крепью КШПУ-17,7, с шагом установки 0,7 м. Кровля выработки усилена сталеполимерными анкерами с глубиной анкерования 2,2 м (5 шт. в ряду) под металлический подхват. Поддержание 165-го сборного штрека в зоне опорного давления впереди лавы и на сопряжении производилось за счет двух рядов канатных сталеполимерных анкеров АК01 длиной 6,0 м с несущей способностью 210 кН (рис. 6). После прохода очистного забоя под раму устанавливались две деревянные ремонтини.

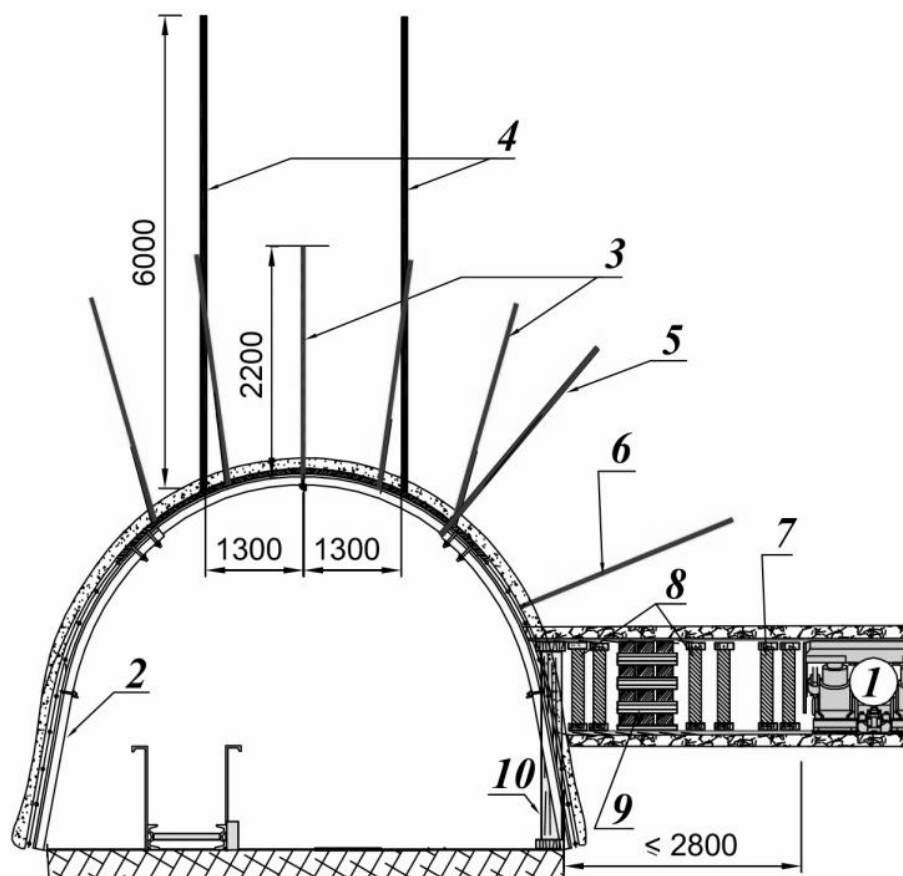
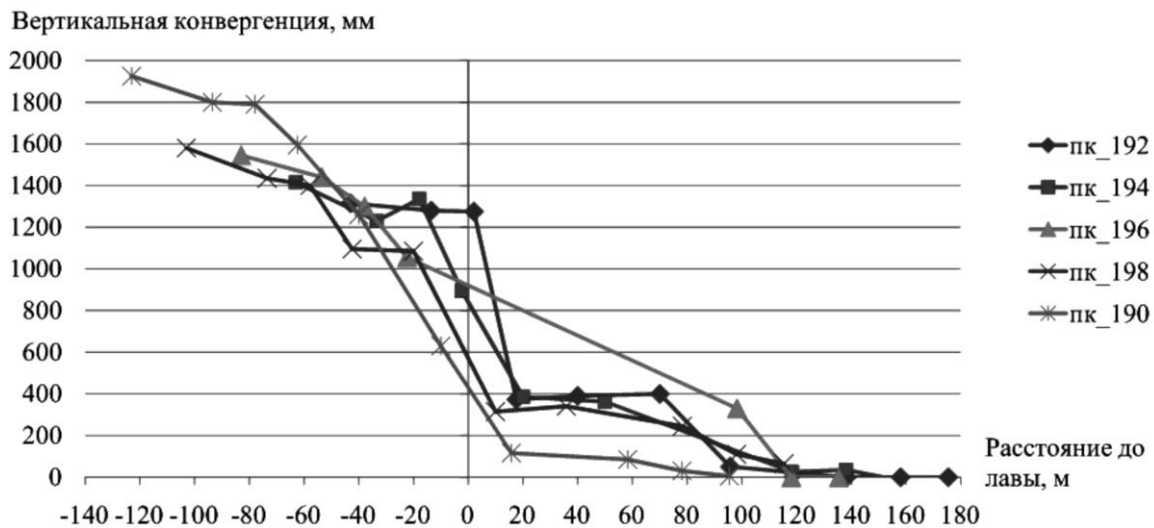


Рис. 6 - Схема крепления и усиления 165-го сборного штрека  
 1 – комплекс ДВТ; 2 – крепь КШПУ 17,7; 3 – штанговые сталеполимерные анкеры; 4 – канатные анкеры, установка спарено, с шагом 1,4 м; 5 – боковой анкер для поддержания верхняка; 6 – анкер для поддержания кровли; 7 – обрезной ряд; 8 – стойка в плоскости рамы; 9 – накатной костер; 10 – вертикальная боковая стойка между кровлей пласта и почвой выработки

Для установления смещений пород 165-го сборного штрека были оборудованы наблюдательные станции. Процесс формирования зоны неупругих деформаций изучался с помощью глубинных реперов, заложенных с шагом 1,0 м в скважине диаметром 32 мм и глубиной до 9 м, пробуренной вертикально в кровлю на каждой станции. Помимо глубинных реперных станций в каждом сечении были заложены по две контурные станции. Для определения высотного положения точек контурной наблюдательной станции и наиболее глубокого репера прокладывался прямой и обратный нивелирный ход. Исходные реперы были закреплены за пределами зоны влияния очистной выработки.

На момент первого наблюдения наблюдательные станции находились на расстоянии 247 м от движущегося очистного забоя (средняя скорость продвижения около 7 м/сут). Всего выполнено 18 серий наблюдений со средней периодичностью в 3 дня.

Реакция системы «крепь-массив» на опорное давление впереди лавы началась на расстоянии 60 м (рис. 7). Было зафиксировано максимальное смещение устья канатных анкеров на величину 20 мм в непосредственной близости от створа лавы. Нивелирование концевых частей реперов глубинных станций позволило установить опускания реперов, закрепленных в массиве на глубину 8–9 м от контура выработки. Максимальные смещения глубинных реперов составили до 25 мм. Это свидетельствует о равномерном опускании как пород в заанкерной зоне, так и вышележащих слоев пород.

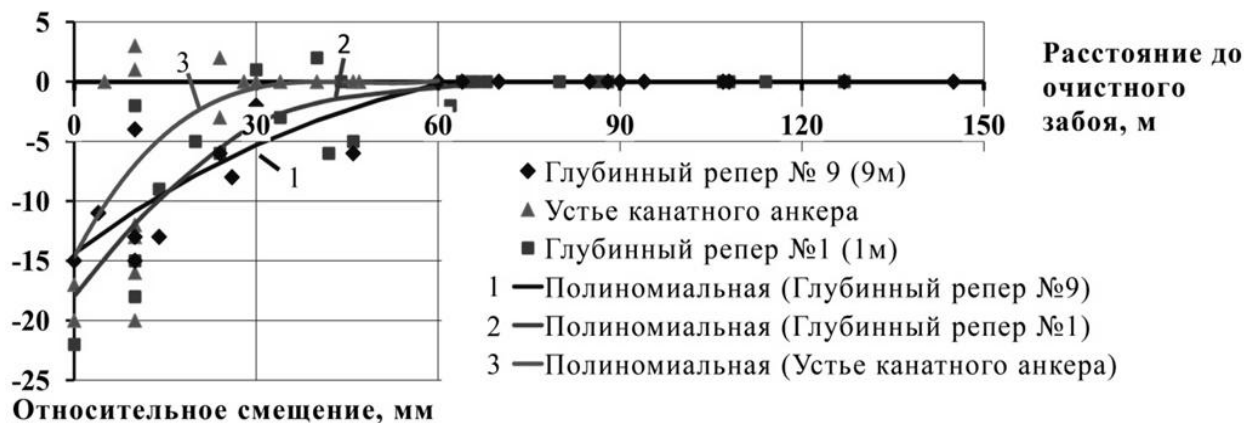


Рис. 7 - Зависимости смещений устья канатных анкеров и глубинных реперов от расстояния до движущегося забоя

Вертикальные деформации массива  $\varepsilon$  вычислялись для середин интервалов между глубинными реперами по формуле:

$$\varepsilon_{n-(n+1)} = \frac{n_{n'-(n+1)} - n_{n-(n+1)}}{n_{n-(n+1)}} \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где  $n_{n-(n+1)}$  — расстояние между соседними реперами в момент заложения;



$n_{n'-(n+1)}$  – расстояние между соседними реперами после очередного подвигания лавы.

Анализ вертикальных деформаций пород кровли 165-го сборного штрека показал, что до подхода очистного забоя деформации массива в заанкереной зоне составили до 11 мм/м, что не превышает предела упругого деформирования анкеров (рис. 8, а).

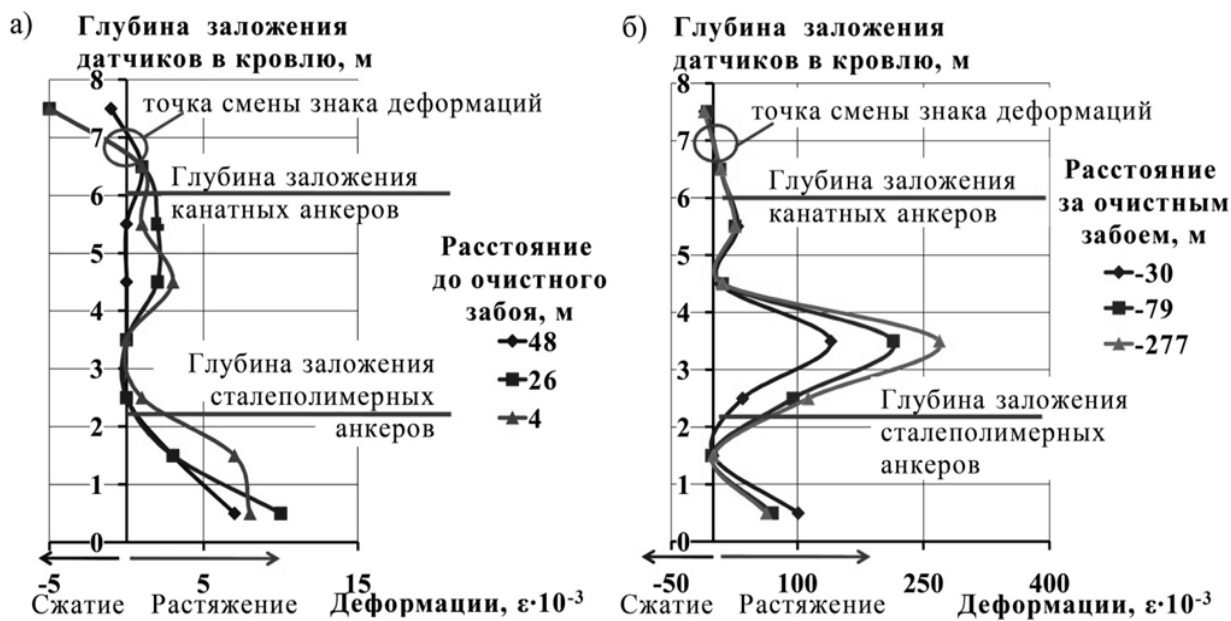


Рис. 8 - Деформации пород кровли до очистного забоя (а) и после его прохода (б)

Установлены две зоны: растяжения до глубины 7,0 м и сжатия выше 7,0 м, что указывает на наличие нейтрального слоя, который менее всего подвержен деформациям. При этом нейтральный слой (точка смены знака деформаций) сохраняет свое положение на глубине 7,0 м независимо от положения очистного забоя лавы (рис. 8).

После прохода очистного забоя сталеполимерные анкера попали в зону расслоения пород, и произошел отрыв анкереной породной пачки на высоту около 4 м (рис. 8, б). При этом удлинение канатных анкеров превысило допустимую величину в 1,3 %. Смещения элементов системы «крепь-массив» за очистным забоем при плотности установки канатных анкеров 0,33 анк/м<sup>2</sup> приведены на рис. 9.

Из графика (рис. 9) видно, что суммарная вертикальная конвергенция штрека до подхода лавы и на сопряжении не превышает 0,2 м, причем основной составляющей (до 90%) являются смещения почвы. Экспериментальный способ усиления штрека в зоне опорного давления впереди лавы и на сопряжении канатными анкерами имеет явное преимущество перед «классическим». Кроме того, исключение стоек усиления впереди лавы и механизированной крепи на сопряжении позволило снизить трудоемкость работ, уменьшить затраты времени на концевые операции, увеличить свободное пространство в штреке и на со-

пряжении с лавой. Это обеспечило эффективную эксплуатацию стругового комплекса с производительностью 5400 т/сут. и скорость подвигания очистного забоя 200 м/мес.

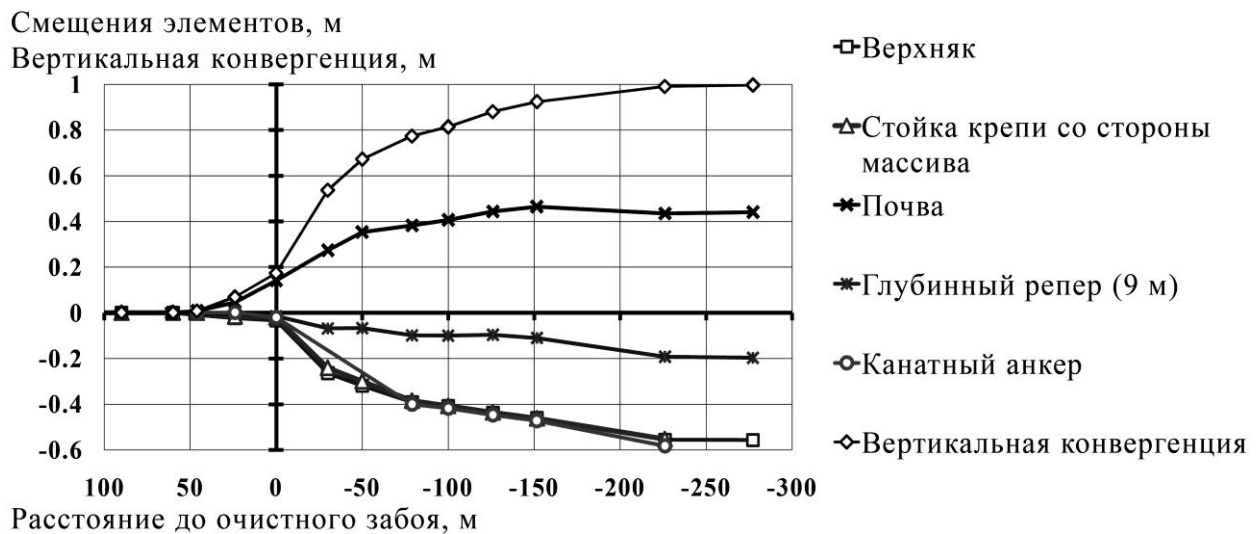


Рис. 9 - Смещения элементов системы «крепь-массив» в зависимости от расстояния до очистного забоя

Если бы использовались только наблюдения за смещениями глубинных реперов, то после прохода очистного забоя было бы установлено, что в кровле выработки формируется зона расслоений на высоту до 7 м, далее никакие значительные смещения не были бы зафиксированы (рис. 10).



Рис. 10 - Опускания глубинных реперов после прохода лавы без использования результатов нивелирования (относительно репера наиболее глубокого заложения 8 м)

Совместное использование геометрического нивелирования и наблюдений за смещениями глубинных реперов позволило установить равномерное опуска-

ние глубинных реперов выше 7,0 м на величину до 0,2 м после прохода лавы (рис. 9, 11).

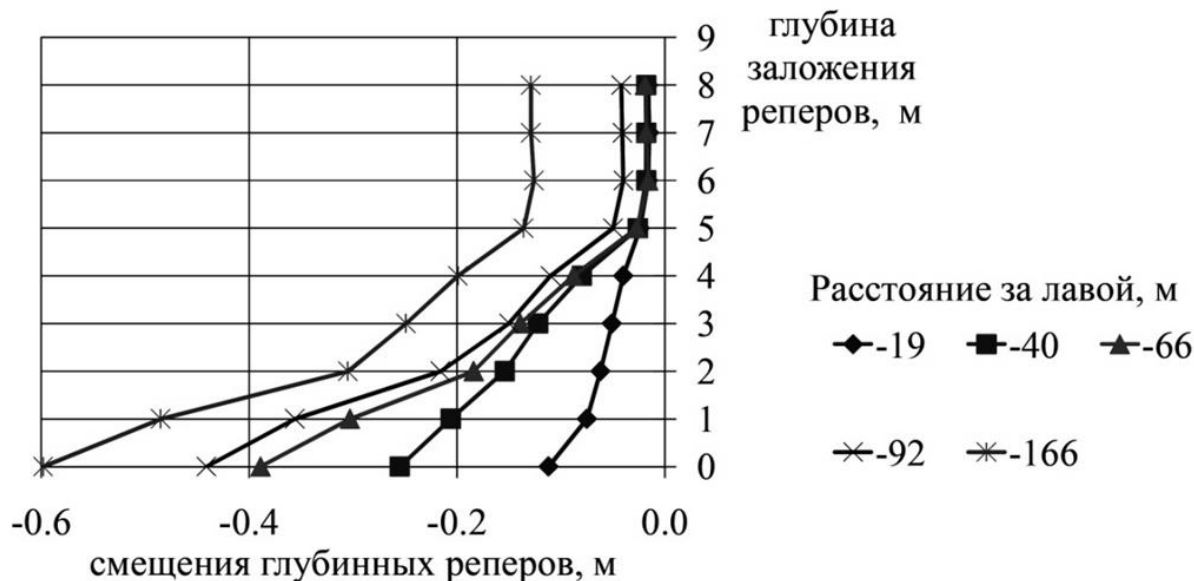


Рис. 11 - Опускания глубинных реперов после прохода лавы с использованием результатов геометрического нивелирования

Следовательно, использование результатов нивелирования глубинных реперов на наблюдательных станциях даёт возможность дополнительно утверждать, что толща пород в условиях шахты «Степная» выше 7 м от кровли выработки подвержена равномерному опусканию. При этом опускаются как слои пород кровли, подверженные сжатию, так и нейтральный слой.

Количественная оценка величин деформации системы «крепь-массив» в зонах влияния очистных работ позволяет создавать систему крепления, в которой податливость обеспечивается крепью подпорного типа, отпор которой рассчитывается способом заданных нагрузок [16], а двухуровневая схема анкерования предотвращает разрушение пород кровли выработки, что также способствует снижению величины поднятия почвы [17]. Таким образом, можно сохранить выемочную выработку с минимальными потерями сечения не только впереди лавы и на сопряжении, но и за очистным забоем.

### Выводы.

1. Впервые в горно-геологических условиях шахт Западного Донбасса произведено усиление выемочного штрека канатными анкерами, что позволило сохранить сечение впереди очистного забоя и на сопряжении с лавой, а так же обеспечить эффективную эксплуатацию стругового комплекса с производительностью 5400 т/сут. и скоростью подвигания очистного забоя 200 м/мес.

2. Установлены следующие закономерности деформирования массива пород кровли выработки:

- в зоне опорного давления впереди лавы и на сопряжении массив пород над выработкой в целом опускается с наличием зон сжатия и растяжения породных

слоев. Канатные анкера работают в режиме упругих деформаций;

- после прохода очистного забоя расслоение пород кровли выработки происходит на глубину до 7 м, а вышележащая толща пород подвержена равномерному опусканию на величину до 200 мм. Это позволяет обосновать величину податливости, рассчитать нагрузку на крепь, плотность установки и длину канатных анкеров для безремонтного поддержания штрека за лавой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зборщик, М.П. Повторное использование участковых выработок – неотложная задача угольных шахт / М.П. Зборщик // Уголь Украины. – 2011. – № 1. – С. 5-10.
2. Ильяшов, М.А. Эффективный резерв повышения конкурентоспособности шахтного фонда – повторное использование участковых выработок / М.А. Ильяшов // Уголь Украины. – 2011. – № 1. – С. 15-17.
3. Назимко, В.В. О повторном использовании участковых выработок, примыкающих к действующим лавам/ В.В. Назимко, Е.Н. Халимендик, А.Б. Нечепоренко // Уголь Украины. – 2011. – № 1. – С. 11-14.
4. Халимендик, Ю.М. Обеспечение повторного использования участковых выработок / Ю.М. Халимендик // Уголь Украины. – 2011. – № 4. – С. 18-21.
5. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. Мінвуглепром України. – К., 2007. – 113 с.
6. Инструкция по поддержанию горных выработок Западного Донбасса. – СПб – Павлоград, 1994. – 95 с.
7. Черняк, И.Л. О повторном использовании подготовительных выработок/ И.Л. Черняк, С.А. Петренко // Уголь Украины. – 1976. – №3. – С. 10-13.
8. Широков, А.П. Крепление сопряжений лав/ А.П. Широков, В.А. Лидер, А.И. Петров. - М. Недра, 1987. – 192 с.
9. Tadolini, Stephen C. Cable Bolts – An Effective Primary Support System / Stephen C.Tadolini, John P. McDonnell // Proceedings of the 29th International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, WV, 2010. – pp. 75-83.
10. Опыт применения канатных анкеров для сохранения и повторного использования штреков угольных шахт/ Е.А. Разумов, П.В. Гречишкин, А.В. Самок, А.С. Позолотин // Уголь. – 2012. – № 6. – С. 10-12.
11. Булат, А.Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов / Ин-т геотехнической механики НАН Украины. – Днепропетровск: 2002. – 372 с.
12. Новиков, А.О. Проверка рекомендаций по расчету параметров комбинированной крепи/ А.О. Новиков, И.Н. Шестоपालов//Наукові праці УкрНДМІ НАН України: Збірник наукових праць. – Донецьк. - 2012. - № 10. - С. 250-269.
13. Курченко, Э.П. Исследование взаимодействия арочной крепи с пучащими породами почвы/ Э.П. Курченко, Б.Т. Тупиков, С.В. Макаров, В.А. Бармин// Уголь Украины. - 2008. № 10. – С. 20-22.
14. Маркшейдерские работы на угольных шахтах и разрезах. Инструкция. – Минтопэнерго Украины, Киев, 2001. – 240 с.
15. Разработка рекомендаций по совершенствованию крепления сопряжения 157-й лавы со 157-м бортовым и 159-м сборным штреками, а также по поддержанию 159-го сборного штрека: отчет о НИР (заключ.) / Национальный горный университет; рук. Халимендик Ю.Н. – Днепропетровск, 2010 г. – 120 с. - № ГР 0110U003859.
16. Усиление крепления горных выработок для их повторного использования/ Ю.М. Халимендик, А.В. Бруй, А.С. Барышников, Ю.А. Заболотная// Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов. - Днепропетровск. – 2012 - Вып. 105. - с. 139-148.
17. Халимендик, Ю.М. Определение зависимости пучения почвы от высоты свода обрушения пород в горной выработке/ Ю.М. Халимендик, А.С. Барышников// Вісник Криворізького національного університету: Збірник наукових праць. - ДВНЗ «КНУ». - 2012. – Вип. 30. – С. 82-87.

## REFERENCES

1. Zborshchik, M.P. (2011) "Reuse of the roadways is the urgent problem of the coal mines", *Coal of Ukraine*, vol. 1, pp. 5-10.
2. Il'yashov, M.A. (2011) "Reuse of the roadways is the effective reserve of competitive capacity of coal mine's fund", *Coal of Ukraine*, vol. 1, pp. 15-17.
3. Nazimko, V.V., Khalimendikov, E.N. and Necheporenko, A.B. (2011) "Reuse of the roadways adjoined to active working faces", *Coal of Ukraine*, vol. 1, pp. 11-14.
4. Khalimendik, Yu.M. (2011) "Providing of the reuse of roadways", *Coal of Ukraine*, vol. 1, pp.18-21.
5. Ukraine Ministry of Coal Industry (2007) 10.1.00185790.011:2007. Pidgotovchi virobki na pologikh plastakh. Vibir kriplennya, sposobiv i zasobiv okhoroni: *Normatyvnyy dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standard* [10.1.00185790.011:2007. Gateroads on flat seams. Support, methods and facilities: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.
6. *Instruktsiya po podderzhaniyu gornykh vyrabotok Zapadnogo Donbassa* (1994), [Instruction for mine workings maintenance at Western Donbass mines], St. Petersburg - Pavlograd, Russia-Ukraine.
7. Chernyak, I.L. and Petrenko, S.A. (1976), "About the re-use of development workings", *Coal of Ukraine*, vol. 3, pp. 10-13.
8. Shirokov, A.P., Lider, V.A. and Petrov, A.I. (1987), *Kreplenie sopryazheniy lav* [The support of the intersection of longwalls], Nedra, Moscow, Russia.
9. Tadolini, Stephen C. and McDonnell, John P. (2010) Cable Bolts – An Effective Primary Support System // Proceedings of the 29th International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, WV, pp. 75-83.
10. Razumov, E.A., Grechishkin, P.V., Samok, A.V. and Pozolotin A.S. (2012) "Experience with cablebolts to save and re-use of drifts of coal mines", *Coal*, vol.6.
11. Bulat, A.F. and Vinogradov, V.V. (2002), *Oporno-ankernoje kreplenie gornykh vyrabotok ugolnykh shakht* [Roof Bolting in Mine Workings of Coal Mines], Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.
12. Novikov, A.O. and Shestopalov, I.N. (2012), "The examination of recommendations for calculation of combined support parameters", *Naukovi pratsi UkrNDMI NAN Ukrainy*, no 10, pp. 250-269.
13. Kurchenko, E.P., Tupikov, B.T., Makarov, S.V. and Barmin V.A. (2008), "The investigation of arch support interaction with floor heaving", *Coal of Ukraine*, vol10, pp. 20-22.
14. Ukraine Ministry of Fuel and Energy (2001), *Marksheyerskie raboty na ugol'nykh shakhtakh i razrezakh. Instruktsiya* [Mine surveying works at coal mines. Instruction], Ukraine Ministry of Fuel and Energy, Kiev, Ukraine.
15. *Razrobotka rekomendatsiy po sovershenstvovaniyu krepleniya sopryazheniya 157-y lavy so 157-m bortovym i 159-m sbornym shtrekami, a takzhe po podderzhaniyu 159-go sbornogo shtreka. Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote* (2010) [Elaboration of recommendations for support refinement at intersection of 157 long-wall with 157 and 159 roadways, and maintenance of 159 roadway: Registration № 0110U003859], SHEE "NMU", Dnepropetrovsk, Ukraine.
16. Khalimendik, Yu.M., Bruy, A.V., Baryshnikov, A.S. and Zabolotnaya Yu.A. (2012), "Strengthening of the preparatory roadway support for their further reuse", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 105, pp. 139-148.
17. Khalimendik, Yu.M. and Baryshnikov, A.S. "Determining of the dependence of floor heaving from height of dome of roof caving in mine opening", *Visnik Krivoriz'kogo natsional'nogo universitetu*, no. 30, pp. 82-87.

## Об авторах

**Халимендик Юрий Михайлович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой маркшейдерии ГВУЗ «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, [halimendik\\_u@nmu.org.ua](mailto:halimendik_u@nmu.org.ua)

**Бруй Анна Валерьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерии ГВУЗ «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, [bruyanna@mail.ru](mailto:bruyanna@mail.ru)

**Барышников Анатолий Сергеевич** – аспирант кафедры маркшейдерии ГВУЗ «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, [as\\_nmu@mail.ru](mailto:as_nmu@mail.ru)

## About the authors

**Khalymendyk Yurii Mikhajlovich** – Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of the Mine Surveying Department under the State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, [halimendik\\_u@nmu.org.ua](mailto:halimendik_u@nmu.org.ua)

**Bryi Anna Valerievna** – Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor of the Mine Surveying Department under the State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, [bruyanna1@mail.ru](mailto:bruyanna1@mail.ru)

**Baryshnikov Anatoliy Sergeevich** – Postgraduate Student of the Mine Surveying Department under the State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, [as\\_nmu@mail.ru](mailto:as_nmu@mail.ru)

---

**Анотація.** Наведено результати випробування експериментального способу підтримки штреку канатними анкерами при струговій виїмці вугільного пласта в умовах слабких бічних порід. Представлено методики виконання спостережень за деформацією приконтурного породного масиву навколо виробки і зміщеннями елементів кріплення. Показано перевагу геометричного нівелювання контурних і глибинних реперів на спостережних станціях. Виконано порівняння ефективності експериментального способу підтримки штреку за допомогою канатних анкерів з «класичними» способами, що їх диктують діючі нормативні документи для шахт України. Показано переваги експлуатації канатних анкерів. Встановлено закономірності деформування гірського масиву над виробкою в зоні опорного тиску та після проходження лави. Обґрунтовано параметри кріплення посилення штреку для ефективного підтримання на всіх етапах з мінімальними втратами перетину.

**Ключові слова:** підтримання виробок, канатні анкера, слабкі бічні породи, деформація масиву.

**Abstract.** The results of the testing of the experimental method of the roadway maintenance with cablebolts at plow seam extraction in conditions of weak rocks are presented. The research methodologies of the deformation of the rock massif around roadway and displacement of support elements are presented. The advantage of geometric leveling of contour and deep-seated anchors on observation stations is shown. The comparison of the effectiveness of an experimental method for maintaining the roadway with cablebolts against the "classical" methods dictated by the existing regulations for mines Ukraine is made. The advantages of the usage of cablebolts are shown. The regularities of the rock massif deformation in the area of abutment pressure and behind the lonwall face are determined. The parameters of roadway support reinforcement for effective roadway maintenance at every stage with minimal losses of cross section are substantiated.

**Key words:** mine working maintenance, cablebolts, weak rocks, massif deformation.

*Стаття постуила в редакцію 12.09.2013  
Рекомендовано к публікації д.т.н., проф. А.Н. Шашенко*