

**The originality** consists in trigonometric leveling from the middle with the use of a three-time system, which avoids the accumulation of errors by measuring the heights of the device and the heights of the signal and significantly increases the speed of surveying in the mine gateroads.

**Practical implications.** The results of the research allow us to apply an improved method of trigonometric leveling in the mine gateroads of operating mines, which will significantly reduce the time for mine surveying while maintaining the specified accuracy.

**Keywords:** *transfer of height marks in horizontal and inclined mine gateroads, trigonometric leveling in mine gateroads, electronic total stations, lightrangemeters, surveying measurements*

УДК 622.831

© В.Н. Федоренко, Ю.И. Вронский, А.В. Третьяк

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ПОСЛЕ  
ПРОХОДА ЛАВЫ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ “БЕЛИЦКАЯ”  
ООО “ДТЭК ДОБРОПОЛЬЕУГОЛЬ”**

© V. Fedorenko, Yu. Vronskiy, A. Tretjak

**INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF THE MOUNTAIN MASSIVE  
AFTER THE LAVA PASSAGE IN THE CONDITIONS OF THE MINES  
"BELITSKAYA" LLC "DTEK DOBROPOLEUGOL"**

Розглянуто методику дослідження поведінки гірського масиву після проходу лави в геологічних умовах, що існують на шахті “Білицька” ТОВ “ДТЕК Добропіллявугілля”. Наведено результати обробки натурних маркшейдерських вимірювань на спостережній станції. Приведений стислий аналіз поведінки гірського масиву навколо гірничої виробки в період проведення очисних робіт в лаві. Надані стислі висновки щодо несучої здібності кріплення виробки, необхідні для підготовки рекомендацій щодо застосування анкерного кріплення для збільшення відсічі гірському тиску.

Рассмотрена методика исследования поведения горного массива после прохода лавы в геологических условиях, существующих на шахте “Белицкая” ООО “ДТЭК Добропольеуголь”. Приведены результаты обработки натурных маркшейдерских измерений на наблюдательной станции. Приведен краткий анализ поведения горного массива вокруг горной выработки в период проведения очистных работ в лаве. Предоставлены краткие выводы о несущей способности крепи, необходимые для подготовки рекомендаций по применению анкерной крепи для увеличения отпора горному давлению.

**Введение.** Современное состояние угледобывающей промышленности Украины напрямую зависит от решения вопроса энергетической безопасности государства. Потеря управления и контроля над значительным количеством угольных шахт украинского Донецкого бассейна привела к необходимости

наращивания объёмов добычи каменного угля на украинских угольных шахтах. Большая глубина залегания каменного угля в этих шахтах и неблагоприятные горно-геологические условия размещения угольных пластов в горных массивах приводят к значительному повышению себестоимости добываемого полезного ископаемого. Снижение этой себестоимости является одной из основных задач, стоящих перед горнодобывающим производством и горной наукой. Одним из главных путей снижения себестоимости добычи каменного угля является поиск и применение на практике оптимальных способов крепления подготовительных горных выработок, а также – повторное использование этих выработок.

**Актуальность работы.** Несмотря на вековой опыт ведения горных работ на месторождениях каменного угля, поведение горного массива остается не до конца изученным. Закономерности, выявленные и описанные для одних горно-геологических и горно-технических условий, как правило, не подтверждаются при возникновении новых внешних условий. Поэтому в горной промышленности постоянно ведётся исследование поведения горного массива, крепи горных выработок, а также системы крепь-порода. Правильное понимание закономерностей геомеханики позволяет корректно рассчитать ожидаемое значение горного давления и в соответствии с этим принять решение о необходимом виде крепи выработок и технологии их сооружения. Одна из основных задач, решаемых при строительстве горных выработок, – оптимизация баланса между минимальными финансовыми и материальными затратами, и необходимой несущей способностью крепи при высоких темпах проходческих работ. Поэтому в последние десятилетия интенсивно ведется поиск путей снижения материалоемкости крепи при сохранении, а иногда – и при увеличении её несущей способности. Наиболее перспективным направлением для решения этой задачи в настоящее время считается использование различных видов анкерной крепи, например канатных анкеров [3]. Также одним из путей снижения себестоимости добычи каменного угля является повторное использование подготовительных горных выработок.

Многие группы учёных, занимающихся проблематикой горной промышленности, постоянно изучают поведение горного массива вследствие техногенного воздействия человека. В процессе научно-исследовательских работ предлагаются и применяются разнообразные способы натуральных наблюдений. При этом некоторые из наиболее распространённых способов наблюдений за состоянием крепи выработки и вмещающего эту выработку горного массива не отражают истинного результата, поскольку не имеют жёсткой пространственной привязки. Поэтому поиск более рациональных способов натуральных наблюдений, дающих более достоверные результаты, является актуальной задачей, стоящей перед горной наукой.

**Цель и задачи исследования.** Целью данного исследования является подготовка достоверной информации для выработки рекомендаций по изменению паспортов крепления подготовительных горных выработок в горно-

геологических условиях, представленных в шахте “Белицкая” ООО “ДТЭК Добропольеуголь”. Поставленная цель достигается решением следующих задач: создание специальной комплексной наблюдательной станции; ведение периодических маркшейдерских измерений на заложенной станции, с привязкой к неподвижным исходным пунктам; анализ результатов натурных наблюдений.

**Результаты исследований.** Для совместного решения двух указанных задач необходимо детально изучить поведение горного массива и крепи подготовительных горных выработок после прохода лавы. Такая задача была поставлена руководством ООО “ДТЭК Добропольеуголь” в условиях шахты “Белицкая”. Учитывая, что реальную картину состояния горной выработки в динамике можно получить, опираясь только на достоверные данные, 15 и 16 февраля 2012 года в конвейерном штреке северной коренной лавы была заложена наблюдательная станция. Станция состояла из двух основных узлов.

Первый узел – три шпура глубиной 5,1 м каждый. В шпуры были заведены и зафиксированы при помощи специальных пружин проволоки. В каждом шпуре располагалось по 5 пружин с расстоянием между ними по 1 м. К концам проволок у устьев шпуров были прикреплены специальные бирки с указанием номера пружины. В каждом цикле наблюдений высотная отметка передавалась на устье шпура, и измерялись расстояния от устья шпура до концов каждой бирки. Наблюдательная станция, состоящая из шпуров, располагалась следующим образом: шпур № 1 – ПК17+18 рам, шпур № 2 – ПК17+22 рамы, шпур № 3 – ПК18 – 0,3 м.

При бурении шпуров для заложения наблюдательной станции перед бурильщиками была поставлена задача пробурить их глубиной 6,0 м. Поставленная задача была выполнена, однако в каждом из трёх шпуров поместить пружины на глубину 6,0 м не удалось. При выяснении причин такого поведения пород в шпуре выяснилось, что на расстоянии приблизительно 5,1 м выше кровли выработки в массиве песчаника находится угольный пропласток мощностью приблизительно 0,40 м (рис. 1).

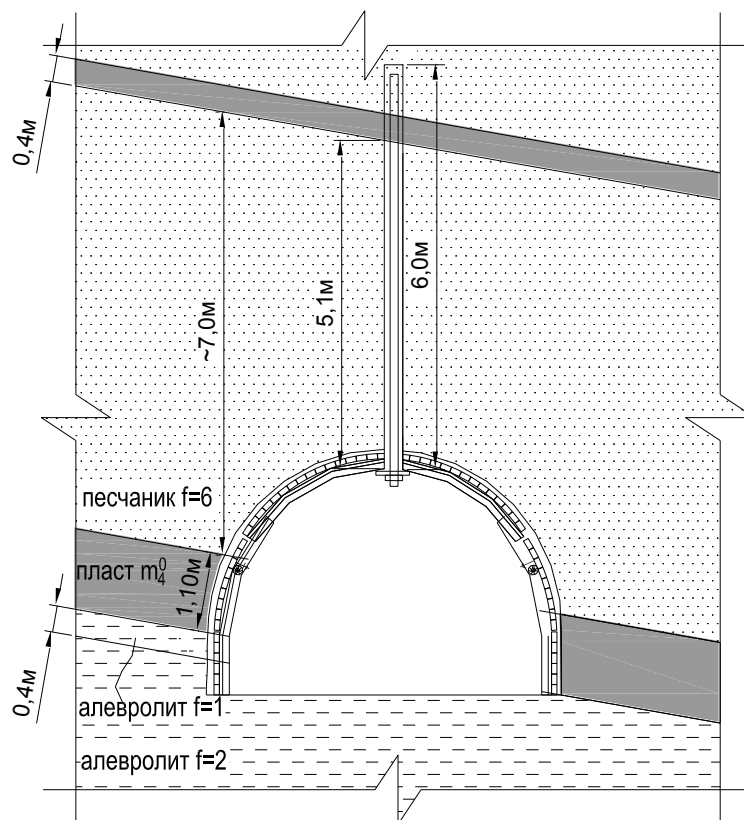


Рис. 1. Предполагаемая схема закладки глубинного репера

Этот угольный пропласток сильно обводнён и мелкие частицы угля и пород, образованные при бурении шпуров, в нём подвижны. По этой причине после бурения шпура до угольного пропластка, из шпура наблюдался значительный капёж (до 1 литра в минуту). При этом капёж в кровле выработки впереди добычного забоя практически отсутствовал, несмотря на наличие трещиноватости песчаника в кровле выработки. Кроме того, после извлечения из шпура бурового инструмента практически сразу же часть шпура, находящаяся в угольном пропластке, перекрывалась частицами угля и породы. Таким образом было установлено, что заложение шпуров в кровле выработки глубиной более 5,1 м нецелесообразно, так как якорная часть анкера в таком случае находится в слабой породе – в угольном пропластке (рис. 2).

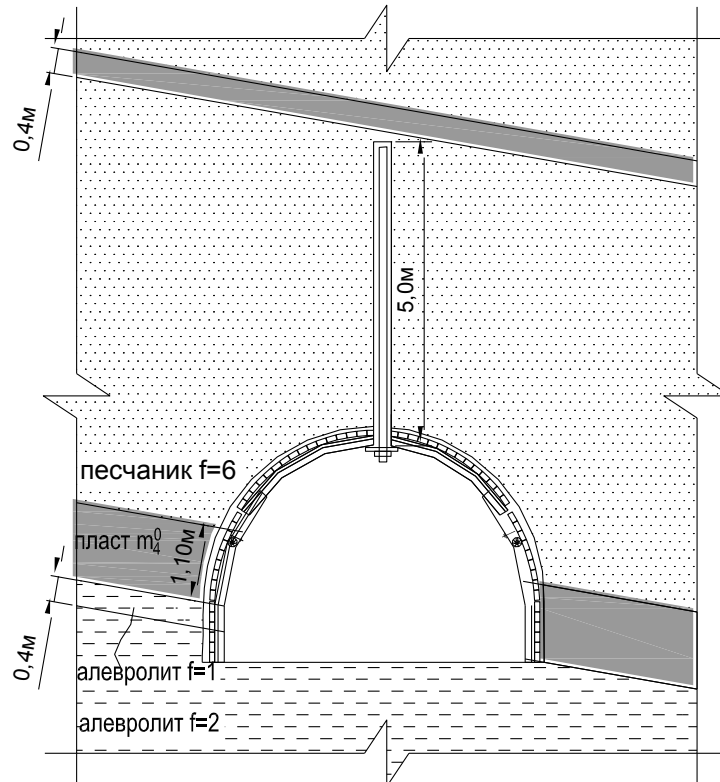


Рис. 2. Фактическая схема закладки глубинного репера

Второй узел наблюдательной станции – это расположенные подряд 10 рам крепи. Начиналась станция с рамы на ПК17 (включительно) в сторону увеличения нумерации пикетов. На этой части наблюдательной станции в каждом цикле измерялось положение каждого элемента рамной крепи – левая и правая стойки, и верхняк (рис. 3).

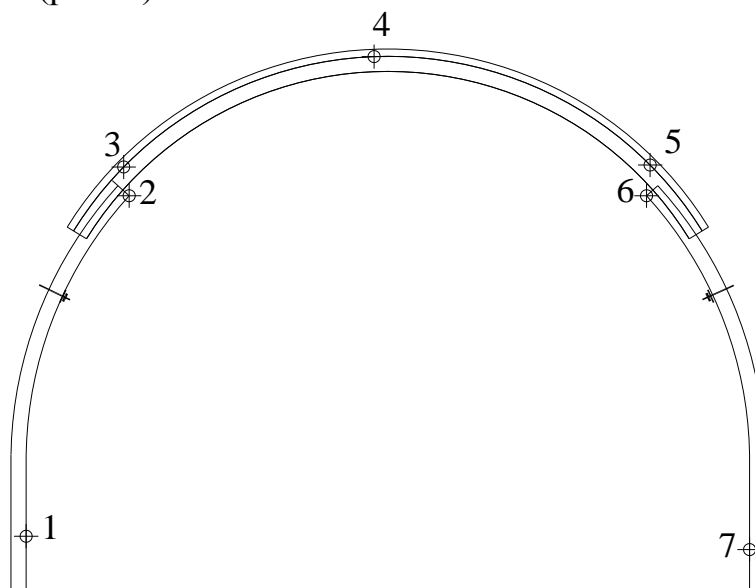


Рис. 3. Сечение контурной наблюдательной станции ПК17

Измерения выполнялись тахеометрическим способом, электронным тахеометром фирмы Topcon. Таким образом определялось пространственное положение рам крепи относительно исходного положения. В первом и в последующих циклах наблюдений для определения пространственного положения рам наблюдательной станции прокладывался висячий теодолитный ход от жестко закреплённых точек подземной маркшейдерской опорной сети, находящихся за пределами зоны влияния повышенного горного давления от ведения добычных работ, – точек ТС Х 30 и ТС 23. Углы в висячих теодолитных ходах измерялись одним полным приёмом. Длины сторон измерялись в прямом и обратном направлениях светодальномером электронного тахеометра с использованием призмённых систем. Точность проложенных теодолитных ходов соответствует точности подземной маркшейдерской опорной сети. Координаты пикетных точек наблюдательной станции определялись в условной системе координат, опирающейся на жестко закреплённые точки подземной маркшейдерской опорной сети, находящиеся за пределами зоны влияния повышенного горного давления от ведения добычных работ.

Для определения высотного положения всех точек наблюдательной станции в первом и в последующих циклах наблюдений прокладывался прямой и обратный нивелирный ход от условно выбранного исходного репера до временного репера, находящегося в непосредственной близости от наблюдательной станции. Условный исходный репер был выбран за пределами зоны влияния повышенного горного давления от ведения добычных работ. Нивелирование выполнялось нивелиром типа Н-3 с использованием раскладной телескопической односторонней шашечной рейки. Точность нивелирования – техническая.

На заложенной наблюдательной станции в конвейерном штреке северной коренной лавы пл.  $m_4^0$  было выполнено 6 серий измерений. Расстояние от первого шпура наблюдательной станции до добычного забоя в каждой серии наблюдений составило:

- 1-я серия – 15.02.2012 г., – за 138 м до лавы,
- 2-я серия – 14.03.2012 г., – за 110 м до лавы,
- 3-я серия – 26.04.2012 г., – за 75 м до лавы,
- 4-я серия – 07.06.2012 г., – за 18 м до лавы,
- 5-я серия – 25.07.2012 г., – 32 м после прохода лавы,
- 6-я серия – 30.08.2012 г., – 61 м после прохода лавы.

В каждой серии наблюдений выполнялось определение следующих параметров:

- оседание кровли выработки,
- высота выработки,
- смещение арочной крепи выработки в горизонтальной плоскости,
- горизонтальное расслоение непосредственной кровли выработки.

В результате обработки результатов инструментальных наблюдений были получены численные данные, на основании которых построены графики изменений исследуемых показателей (рис. 4, 5, 6, 7).

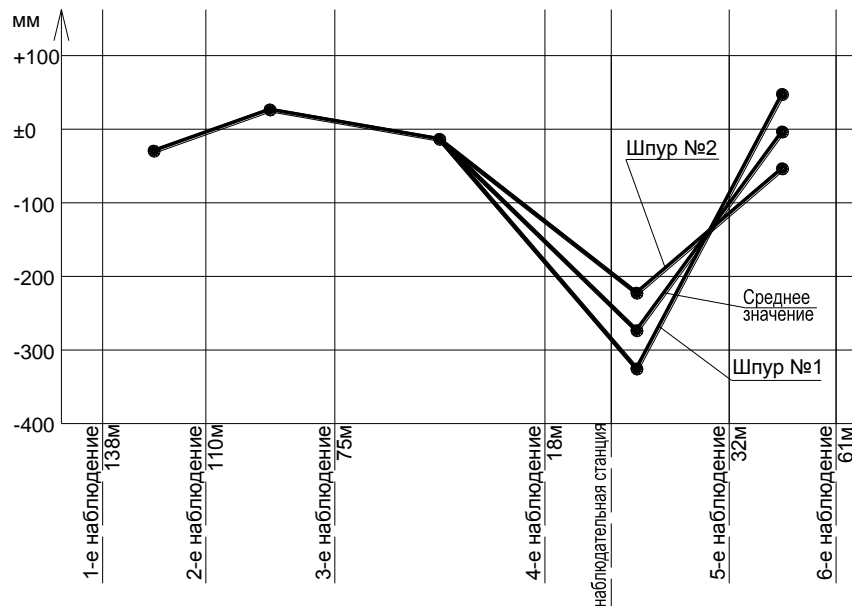


Рис. 4. Среднее значение изменения высотных отметок устьев шпуров между ближайшими сериями наблюдений

Между 4 и 5 сериями наблюдений между шпурами № 1 и № 2 возникла трещина в кровле выработки, что было определено визуально. Поэтому на графиках, приведенных на рис. 4 и 5, видны резкие изменения высотных отметок устьев шпуров.

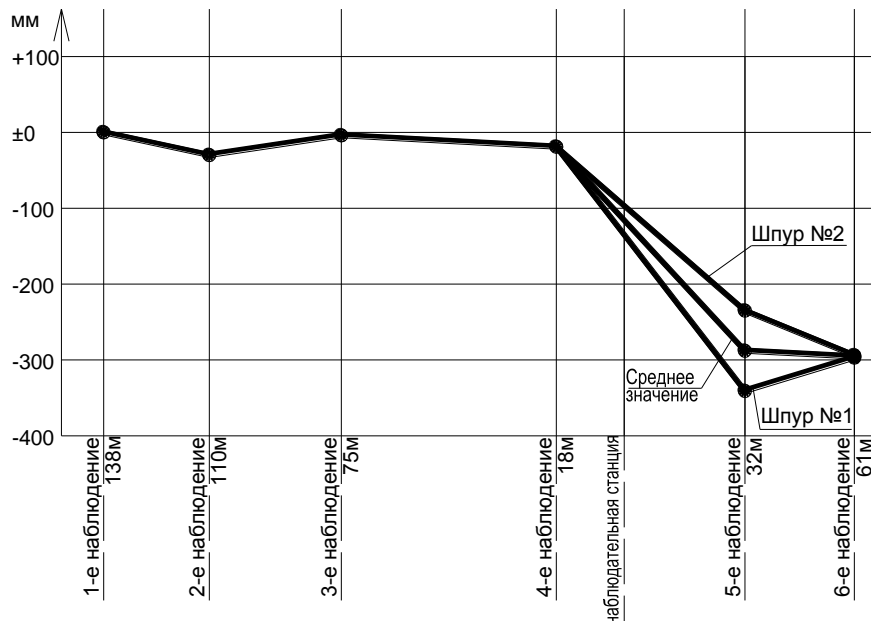


Рис. 5. Среднее значение изменения высотных отметок устьев шпуров относительно исходной серии наблюдений

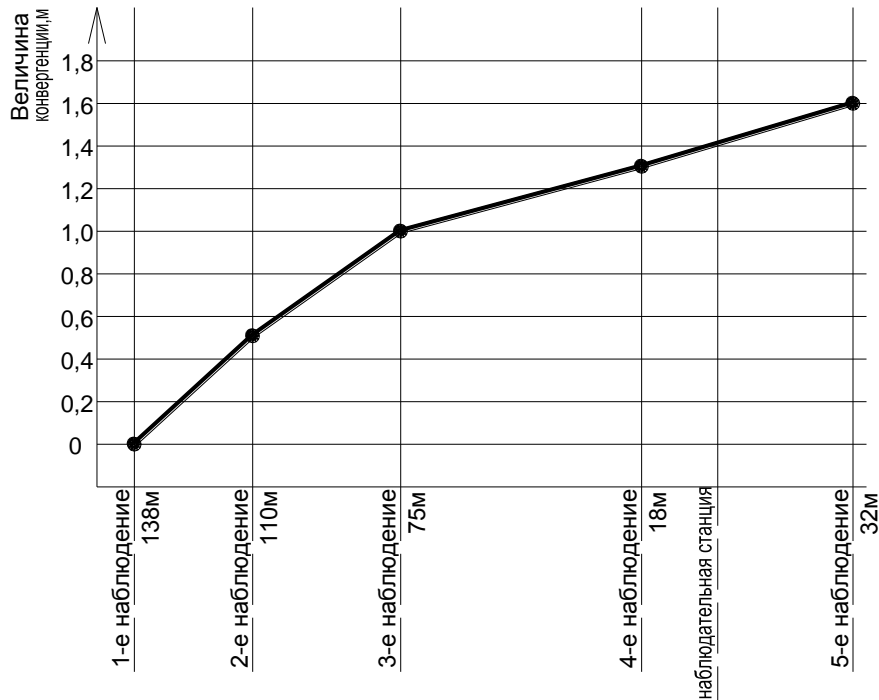


Рис. 6. Значение вертикальной конвергенции относительно исходной серии наблюдений

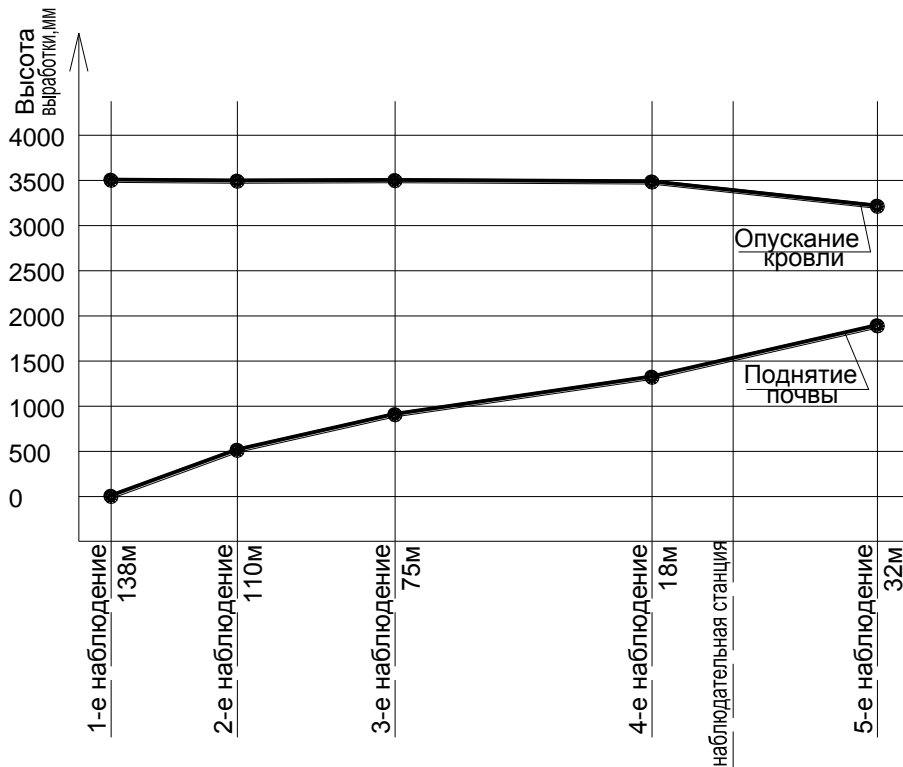


Рис. 7. Изменение высоты выработки с учетом влияния опускания кровли и поднятия почвы

Результаты определения изменений высотных отметок устьев шпуров и вертикальной конвергенции выработки представлены в графическом виде. На графике, изображённом на рисунке 7, отображено изменение вертикального



размера выработки с течением времени. На этом же графике ярко выражена степень влияния оседания кровли и поднятия почвы на уменьшение высоты выработки. Поднятие почвы выработки состоит из двух составляющих – заиливание почвы и пучение. Заиливание почвы достигает 0,5 м, остальную величину поднятия почвы составляет пучение, что визуально видно при осуществлении подрывки почвы выработки, выполняемой после прохода лавы.

**Выводы.** Анализ данных полевых измерений на глубинной наблюдательной станции показал, что расслоение в массиве кровли выработки на глубине до 5,1 м отсутствует. Создание наблюдательных станций, состоящих из глубоких шпуров, больше расстояния до угольного пропластка, в представленных горно-геологических условиях физически невозможно.

Для получения достоверной информации о пространственном смещении крепи и горного массива обязательно должна создаваться пространственная наблюдательная станция с последующими периодическими маркшейдерскими измерениями, привязанными к неподвижным исходным пунктам.

Исходя из полученных результатов, следует вывод о том, что в условиях шахты “Белицкая” ООО “ДТЭК Добропольеуголь” основную часть вертикальной конвергенции составляет поднятие почвы, связанное с двумя факторами – пучением слабых пород почвы и заиливание. Главным фактором вертикальной конвергенции является пучение почвы. Опускание кровли, представленной песчаником, оказывает незначительное влияние на вертикальную конвергенцию, что говорит о достаточной несущей способности верхней части крепи выработки. Этот же вывод следует из отсутствия горизонтальной конвергенции выработки в кровле пласта. В то же время явно выражен недостаточный отпор крепи выработки со стороны её почвы, что должно являться главным объектом внимания при подготовке рекомендаций по усилению крепи выработок.

#### **Перелік посилань**

1. Khalymendyk Iu., Brui A., & Vronskiy Yu., & Tretjak A. (2012). Zvit po temi "Monitorynh stanu pidhotovchykh vyrobok i yikh spoluchen z lavamy dlia shakht TOV “DTEK Dobropilliavuhillia” i rozrobka rekomendatsii shchodo polipshennia stanu hirnychkykh vyrobok. Dohovir № 050133". Etap 1.
2. Khalymendyk Iu., Brui A., & Vronskiy Yu., & Tretjak A. (2012). Zvit po temi "Monitorynh stanu pidhotovchykh vyrobok i yikh spoluchen z lavamy dlia shakht TOV “DTEK Dobropilliavuhillia” i rozrobka rekomendatsii shchodo polipshennia stanu hirnychkykh vyrobok. Dohovir № 050133". Etap 4. Monitorynh stanu konveiernoho i ventyliatsiinoho shtrekiv pivnichnii korinnii lavy pl. m<sup>4</sup> PSP shakhty «Bilytska» i korehuvannia pasportu kriplennia konveiernoho shtreku v miru posuvannia lavy z metoiu yoho povtornoho vykorystannia.
3. Khalymendyk Iu., Brui A., Baryshnikov A. (2014). Usage of cable bolts for gateroad maintenance in soft rocks. *Journal of Sustainable Mining*, 13 (3), Central Mining Institute, Katowice, 2014. 1–6.

**ABSTRACT**

**Purpose.** To substantiate the change in the passport of fastening the mine on the basis of the features of the structure of the mountain massif.

**The methodology** of research consists in periodic measurements of the spatial position of the reference station frames relative to the starting points in the fixed part of the array.

**Findings.** The rocks of the roof do not allow the use of reinforcement of the upper part of the support, but it is necessary to strengthen the support of the working bed to reduce the vertical convergence of the gateroad.

**The originality** is to originality consists in the use of an integrated observation station. This station consists of deep holes with wire anchors and indicators, and shooting points located on the frames of the support the gateroad.

**Practical implications.** The research results allow choosing the optimal way of changing the output fastening passport, which will allow to save the gateroad for reuse the gateroad.

**Keywords:** *observation station in the gateroad, surveying measurements at a monitoring station, vertical convergence of the gateroad, anchor support of the gateroad, reuse the gateroad*