

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАНАТНЫХ АНКЕРОВ В УСЛОВИЯХ СЛАБЫХ БОКОВЫХ ПОРОД

*Ю.М. Халимендик, А.С. Барышников, А.В. Бруй, Государственное высшее учебное заведение
"Национальный горный университет", Украина
С.А. Воронин, А.В. Ефремов, ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ», Украина*

Приведены результаты эксперимента по усилению крепи штрека в зоне опорного давления впереди лавы и на сопряжении при помощи канатных анкеров. Установлены закономерности деформирования системы «крепь-массив», которые могут быть использованы при обосновании параметров установки канатных анкеров. Показано преимущество канатных анкеров перед традиционными схемами усиления крепи, такими как стойки и механизированные крепи-сопряжения.

Одним из резервов снижения затрат на возобновление очистного фронта и повышения производительности угледобывающего предприятия является повторное использование выработок.

Такая технология позволяет реализовать прямоточную схему проветривания [1], что дает возможность интенсификации нагрузки на очистной забой по газовому и тепловому факторам [2]. Также исключаются затраты на проведение подготовительных выработок – при условии сохранения выработки от предыдущей лавы для подготовки следующей достаточно пройти только один штрек.

С переходом на большие глубины, т.е. с увеличением показателя $\frac{\gamma H}{\sigma_{\text{ис}}}$ более 0,3, что актуально для современных угольных предприятий Украины, традиционные виды подпорной крепи, такие как податливые металлические крепи, все менее эффективно справляются с задачей сохранения достаточного сечения выработки. Поэтому были разработаны крепи, которые не только взаимодействуют с породным контуром выработки, но также влияют на свойства массива, как бы «заставляя» его работать на себя. Таким видом крепи является анкерная крепь.

Отличительной особенностью анкерной крепи является непосредственное воздействие на породный массив, например, увеличение расчетной крепости или формирование несущего слоя, а также изменение закономерностей его деформирования, например подвешивание нарушенных породных слоев к устойчивым, создание пригрузки по границе фронта разрушения.

Анкерная крепь доказала свою эффективность на горнодобывающих предприятиях во всем мире [3-6]. Однако, в областях влияния очистных работ, а особенно за очистным забоем, зоны нарушенных пород вокруг выработок достигают значительных размеров, что приводит к повышенной нагрузке, деформированию анкерowanych слоев и нарушению работы анкерной крепи. В конечном итоге это влечет за собой значительные потери сечения выработки. Для предотвращения таких процессов в мировой практике применяется система анкеров глубокого заложения (глубина 3-4 м и более) [6], либо применение двухуровневого анкерования с обычными штанговыми анкерами (первый уровень, длина обычно 2-3 м) и анкерами глубокого заложения (длиннее анкеров первого уровня)[5,7]. 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.

Таким образом, перспективным направлением является использование зарубежного опыта и применение канатных анкеров для поддержания выработок угольных шахт Украины.

Для эффективного поддержания штрека после прохода первого очистного забоя необходимо предотвратить потери сечения выработки на всех этапах её эксплуатации, а именно:

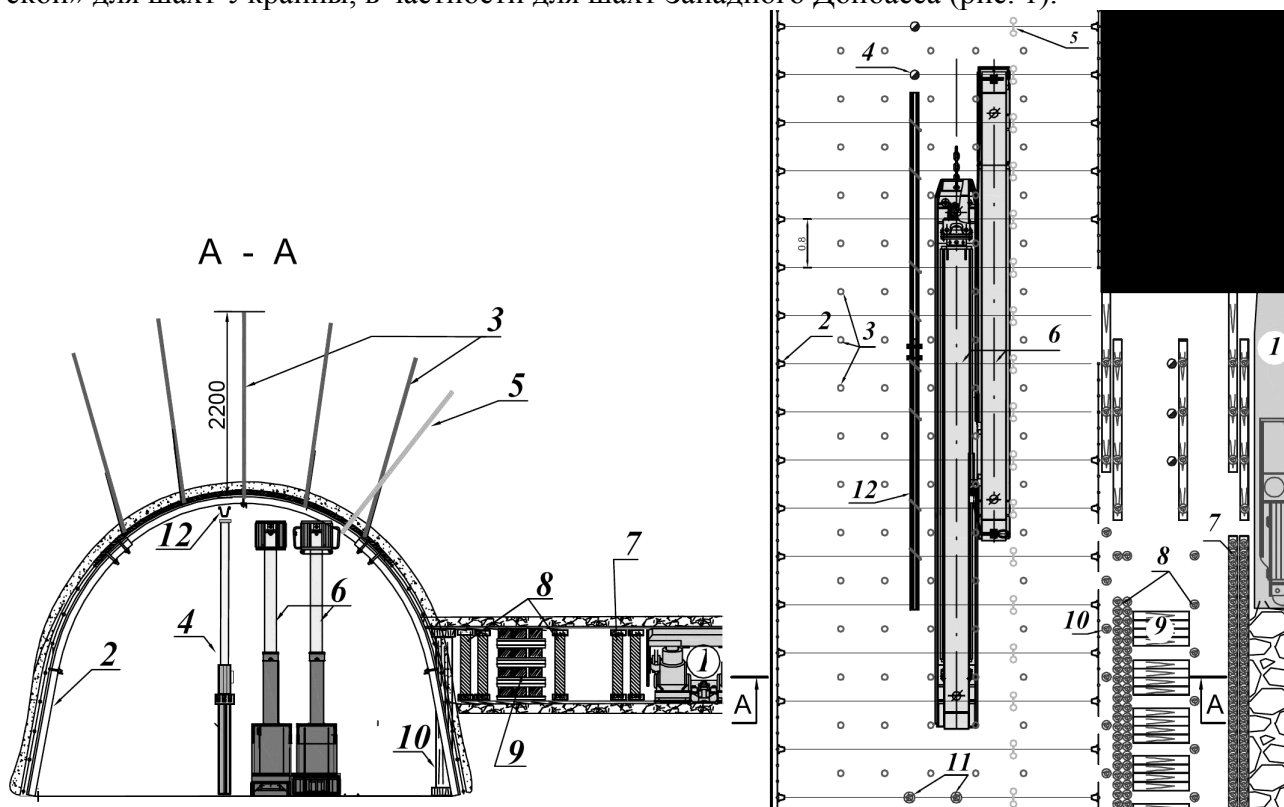
1. от проходческого забоя и до влияния очистных работ;

2. в зоне опорного давления впереди очистного забоя;
3. на сопряжении штрека с лавой;
4. за очистным забоем.

Задача поддержания выработки усложняется с переходом на «большие» глубины ведения работ при наличии слабых вмещающих пород с прочностью на одноосное сжатие до 30 МПа. Примером таких условий являются геологические условия угольных шахт Западного Донбасса. Они характеризуются слабыми боковыми породами с прочностью на одноосное сжатие до 30 МПа, тонкими, пологозалегающими угольными пластами и глубинами разработки от 200 до 600 м.

Согласно нормативному документу СОУ [8], в слабых породах не рекомендуется поддерживать выработки за очистным забоем. Тем не менее для данных условий были выполнены исследования и разработана инструкция [9] для поддержания выработок при скоростях продвижения очистных забоев до 100 м/мес. В соответствии с инструкцией крепь штрека должна быть усилена в зоне опорного давления впереди лавы, на сопряжении лава-штрек и за очистным забоем.

Усиление крепи впереди лавы рекомендуется выполнять стойками усиления (гидравлическими, трения, деревянными). Считается, что использование крепи-сопряжения механизмирует процесс крепления сопряжения лава-штрек и обеспечивает безопасность работ. После прохода очистного забоя по бровке лавы возводится охранный конструкцией и производится установка стоек под рамную крепь. Такая схема усиления крепи штрека является «классической» для шахт Украины, в частности для шахт Западного Донбасса (рис. 1).



1 – комплекс ДВТ; 2 – крепь КШПУ 17,7; 3 – штанговые сталеполимерные анкеры; 4 – стойка трения СШ-2; 5 – боковой анкер для поддержания верхняка; 6 – механизированные крепи сопряжения; 7 – обрезной ряд; 8 – стойки органного ряда; 9 – накатной костер; 10 – вертикальная боковая стойка между кровлей пласта и почвой выработки; 11 – стойки усиления, устанавливаемые под раму; 12 – металлический прогон.

Рис. 1. Схема крепления и усиления 163-го сборного штрека шахты «Степная»

Однако, ей присущ ряд недостатков. Ширина зоны интенсивного проявления опорного давления в штреках для условий Западного Донбасса составляет 40-80 м, следовательно, для эффективного поддержания выработки стойки должны устанавливаться на значительном

расстоянии впереди лавы. Установка стоек впереди лавы требует большой трудоемкости. Механизированной крепи-сопряжения присущ эффект «топтанья» [10]. Применение двухрядных крепей-сопряжения увеличивает затраты времени на их передвижку, к примеру, по данным [11] могут составлять до 28 % от общего времени выполнения концевых операций на штреке. Кроме того установка стоек и применение крепей сопряжения «загромождает» полезное сечение выработки, препятствует рациональному размещению оборудования и увеличивает аэродинамическое сопротивление выработки. Возведение охранной конструкции производится по типовым схемам [12], которые не учитывают её отпор. Часто плотность установки стоек органных рядов, костров и др. охранных мероприятий определяется из опыта отработки предыдущих лав. В то же время достаточный отпор охранной конструкции по данным исследований Central Mining Institute [13] позволяет снизить нагрузки на стальную рамную крепь штрека так, что они не превышают ее несущей способности. Плотность установки стоек под раму после прохода лавы и их несущая способность также четко не регламентированы.

Мировой опыт показывает, что применение канатных анкеров для поддержания штрека на всех этапах его эксплуатации является эффективным решением, позволяющим (при правильном обосновании параметров установки) исключить стойки усиления и механизированные крепи-сопряжения. Нормативная база, регламентирующая параметры установки канатных анкеров для шахт Украины, отсутствует. Поэтому применение канатных анкеров в условиях слабых боковых пород шахт Западного Донбасса требовало предварительного опробования.

Статья посвящена анализу эффективности экспериментального метода усиления 165-го сборного штрека канатными анкерами при исключении стоек впереди лавы и крепей-сопряжения в условиях слабых боковых пород при отработке 163-й лавы шахты «Степная», Западный Донбасс, Украина.

Организация эксперимента.

165-й сборный штрек пройден с Восточного магистрального откаточного штрека гор. 300 м по падению угольного пласта С₆ на гор. 490 м, средний уклон 40. Угольный пласт С₆ – простого строения, трещиноватый, сцепление с породами отсутствует, вынимаемая мощность – 1,04 м. Кровлей являлись переслаивающиеся алевролиты и аргиллиты с прочностью на одноосное сжатие до 25 МПа и со слабым сцеплением. Почва пласта представлена аргиллитом мощностью 1,2 – 2,0 м с прочностью на одноосное сжатие до 20 МПа. Выработка была закреплена рамно-анкерной крепью КШПУ-17,7 с замком АПЗ-030, шаг установки крепи 0,7 м (рис. 2). Кровля выработки усиливалась сталеполимерными анкерами длиной 2,2 м под металлический подхват. Поддержание 165-го сборного штрека в зоне опорного давления и на сопряжении с лавой производилось за счет двух рядов канатных сталеполимерных анкеров АК01-21 длиной 6,0 м с несущей способностью 210 кН, устанавливаемых впереди зоны опорного давления, расчетная ширина которой составляла 60 м.

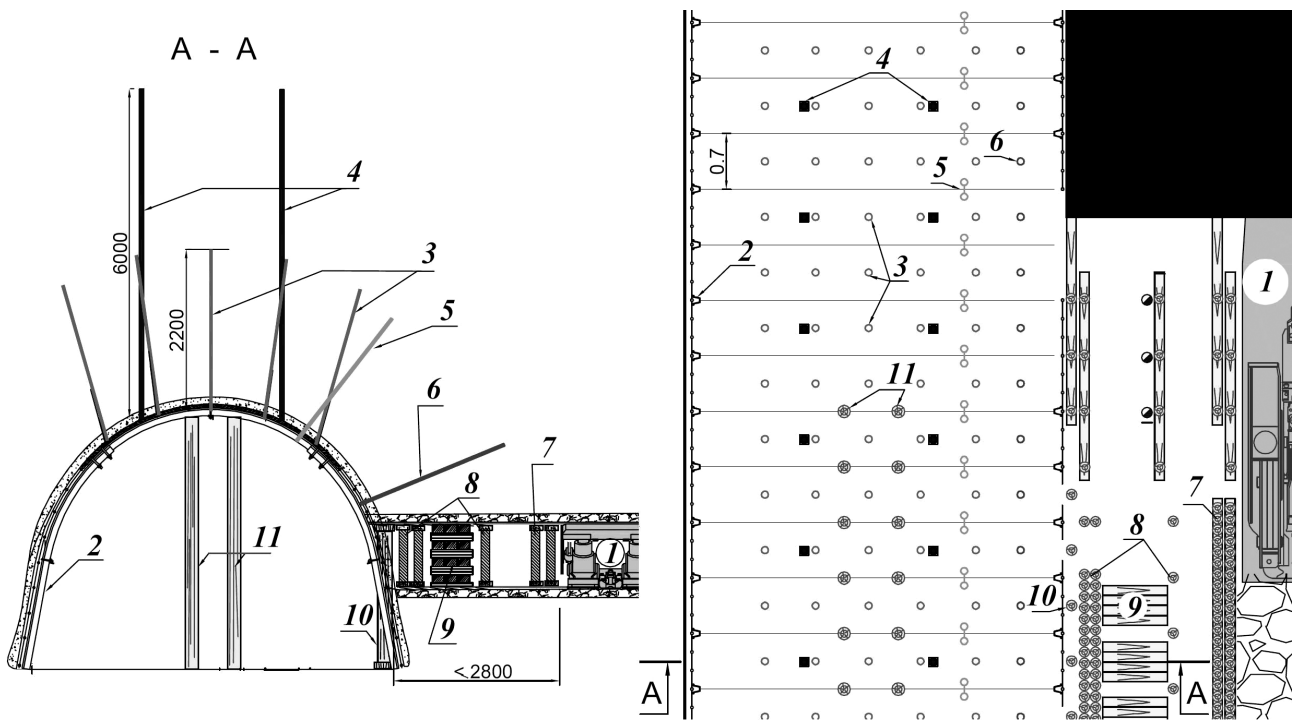


Рис. 2. Экспериментальная схема крепления и усиления 165-го сборного штрека.

Испытания нетрадиционного способа усиления штрека и сопряжения с лавой при помощи канатных сталеполимерных анкеров произведены на двух смежных участках длиной около 60 м каждый. Производилось экспериментирование плотности установки канатных анкеров – установка в шахматном порядке и спарено (рис. 3).

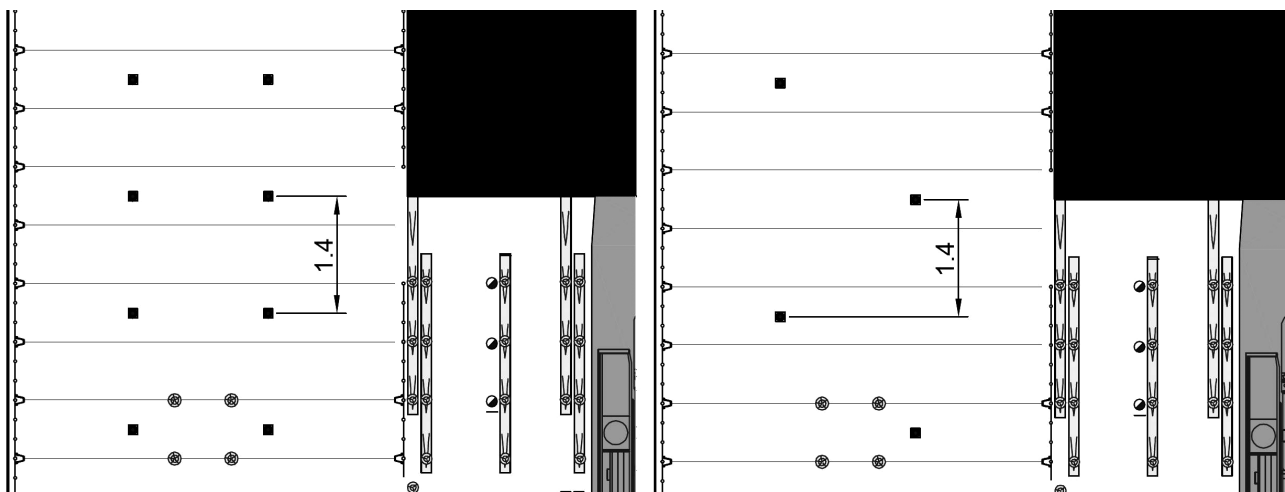
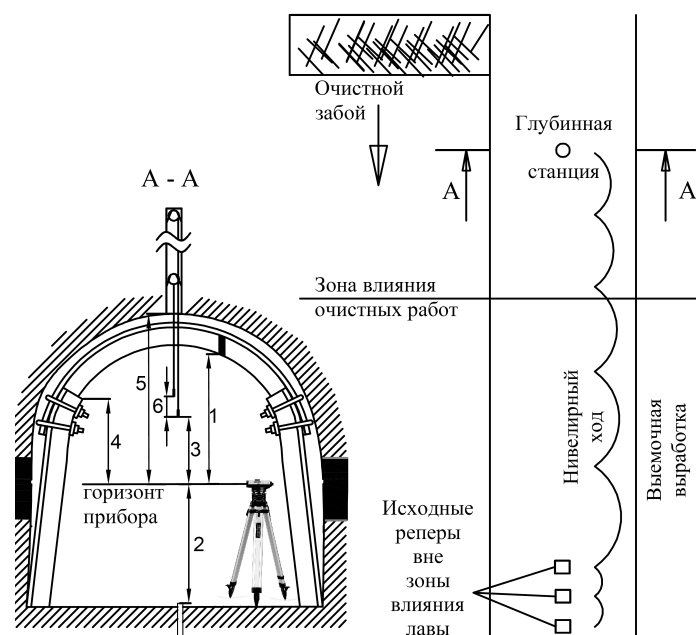


Рис. 3. Экспериментирование плотности установки канатных анкеров (слева на право): спарено, плотность установки 1,4 анк./м.п.; в шахматном порядке, 0,7 анк./м.п.

Методика исследований.

Для мониторинга деформирования системы «крепь-массив» 165-го сборного штрека на каждом из опытных участках было оборудовано несколько наблюдательных станций (рис. 4). Процесс формирования расслоений массива изучался с помощью глубинных реперов, заложенных с шагом 1,0 м в скважинах глубиной до 9 м, пробуренной вертикально в кровлю на каждой станции. Помимо глубинных реперных станций в каждом сечении были заложены 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.



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.

Рис. 4. Схема нивелирования контурных и глубинных реперов

Результаты эксперимента.

По результатам наблюдений, полученных на контурных станциях, был построен обобщенный график развития вертикальной конвергенции 165-го штрека в зависимости от подвигания очистного забоя 163-й лавы (рис. 5).

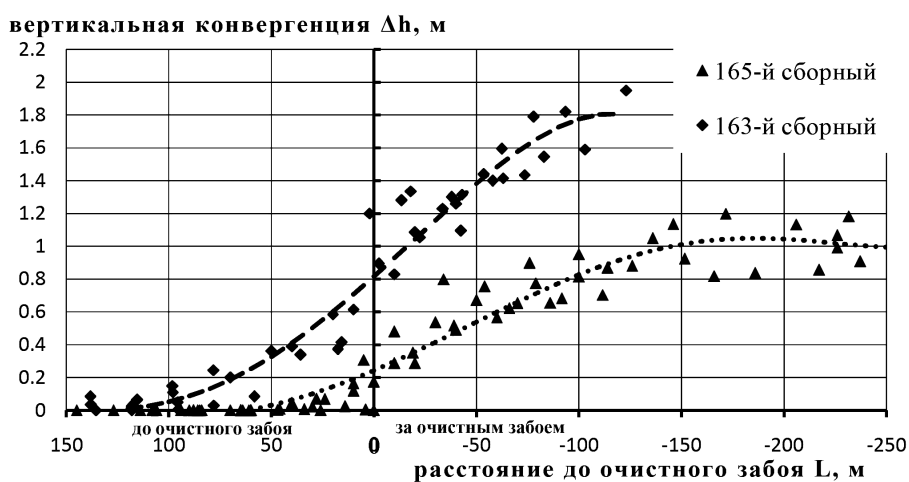


Рис. 5. Вертикальная конвергенция 163-го и 165-го штреков в зависимости от расстояния до очистного забоя

Аппроксимирующая кривая описывается уравнением:

$$\Delta h^{165} = (1.4635997 \cdot 10^{(-15)}) \cdot L^6 - (7.6990152 \cdot 10^{(-13)}) \cdot L^5 - (3.0332073 \cdot 10^{(-10)}) \cdot L^4 + (1.0193612 \cdot 10^{(-7)}) \cdot L^3 + (1.7435529 \cdot 10^{(-5)}) \cdot L^2 - 0.0053231 \cdot L + 0.2430414 \quad (1)$$

$$L \in (60 \cup -280)$$

$$R^2 = 0.944$$

Проявление опорного давления начиналось в 60 м впереди лавы. Потери сечения на сопряжении составили до 0,25 м (рис. 2). После прохода лавы вертикальная конвергенция составляла 0,8-1,2 м, т. е. потери сечения составили около 27%. 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 сопряжении с лавой. Это обеспечило эффективную эксплуатацию стругового комплекса и скорость подвигания очистного забоя 200 м/мес.

Ранее проводились исследования процесса конвергенции подготовительных выработок при отработке 161-й лавы шахты «Степная». Максимальная скорость подвигания забоя составляла до 120 м/мес при использовании той же струговой установки что и в 163-й лаве. Выработка были закреплены рамно-анкерной крепью, поддержание 163-го сборного штрека в зоне опорного давления производилось установкой инвентарных гидравлических стоек СШ-2, сопряжение штреков с лавой производилось при помощи двухрядной крепи-сопряжения УКС и рядом стоек СШ-2, устанавливаемых под металлический прогон (рис. 3).

Процесс развития конвергенции 163-го сборного штрека изучался способом замеров сечения (рис. 5). График развития конвергенции представлен на рис. Аппроксимирующая кривая описывается уравнением:

$$\Delta h^{163} = -(7.5703126 \cdot 10^{(-10)}) \cdot L^4 + (2.5499487 \cdot 10^{(-7)}) \cdot L^3 + (1.7328015 \cdot 10^{(-5)}) \cdot L^2 - 0.0111652 \cdot L + 0.8157256 \quad (2)$$

$$L \in (120 \cup -120)$$

$$R^2 = 0.914$$

Проявление опорного давления начиналось в 120 м впереди лавы. 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. 2). После прохода лавы вертикальная конвергенция составляла 1,6-1,8 м, т. е. потери высоты составили около 50%. Таким образом, очевидно преимущество канатных анкеров по сравнению с «классической» схемой усиления впереди лавы и на сопряжении на примере 163-го штрека.

Применение геометрического нивелирования позволило определить смещения элементов системы «крепь-массив» на обоих экспериментальных участках (рис. 6, 7).

смещение элемента Δh , м

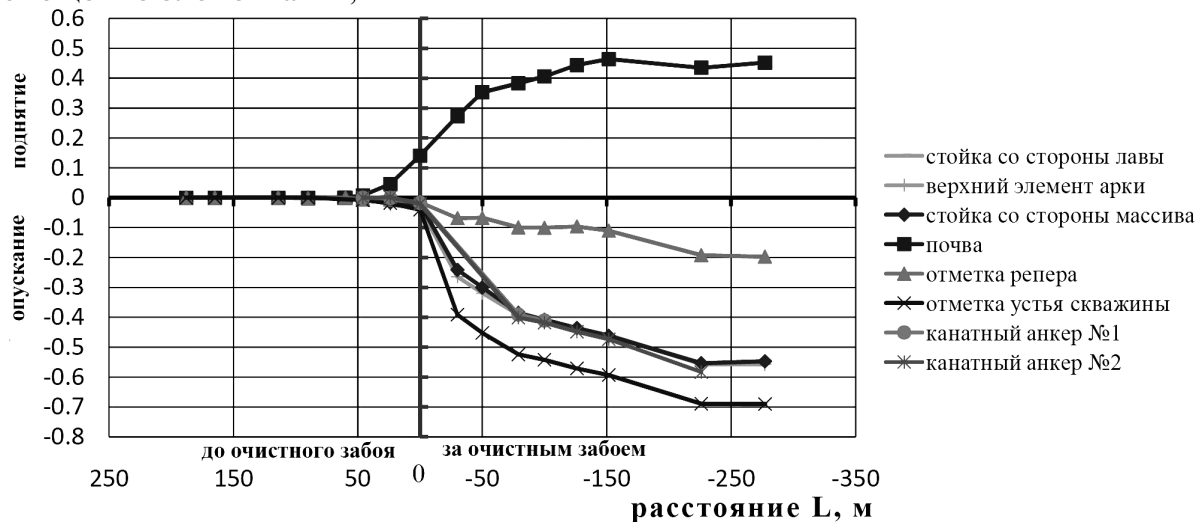


Рис. 6. Смещение элементов системы «крепь-массив» для схемы установки канатных анкеров в шахматном порядке, 0,7 анк/м.п.

Как видно из графиков, при плотности установки канатных анкеров 0,7 анк/м.п. наибольшие смещения кровли реализуются на расстоянии до 50-70 м за очистным забоем и составляют около 0,5 м, далее процесс начинает затухать и достигает значений около 0,7 м в 250 м за очистным забоем. При плотности установки канатных анкеров 1,4 анк/м.п. процесс смещения кровли происходит менее интенсивно, однако все же достигает значения 0,5 м в 240 м

за очистным забоем. При этом происходит срыв опорных плит канатных анкеров либо разрыв их в массиве. Это свидетельствует о том, что принятые параметры установки канатных анкеров (длина и/или плотность установки) не достаточны для поддержания штрека за очистным забоем и значительное опускание кровли со временем все же реализуется.

смещение элемента Δh , м

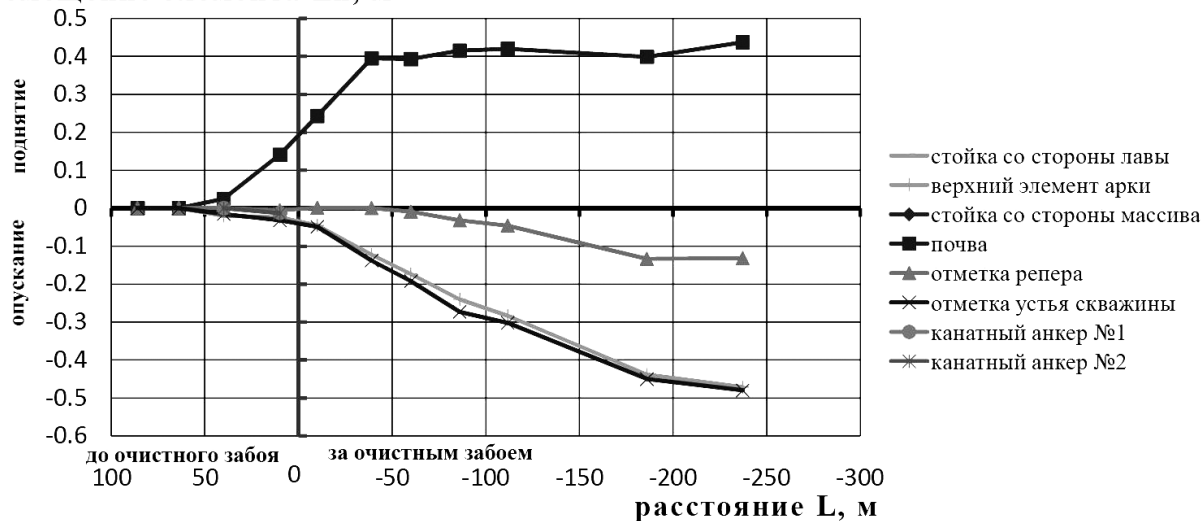


Рис. 7. Смещение элементов системы «крепь-массив» для схемы установки канатных анкеров спарено, 1,4 анк/м.п.

Увеличение плотности установки канатных анкеров в 2 раза позволило значительно снизить скорости смещений кровли выработки на сопряжении (рис. 8,9). Таким образом, установка канатных анкеров позволяет эффективно управлять процессом развития смещений пород кровли в случае достоверного обоснования параметров их установки и качественного её проведения.

Скорость смещения v_h , мм/сут

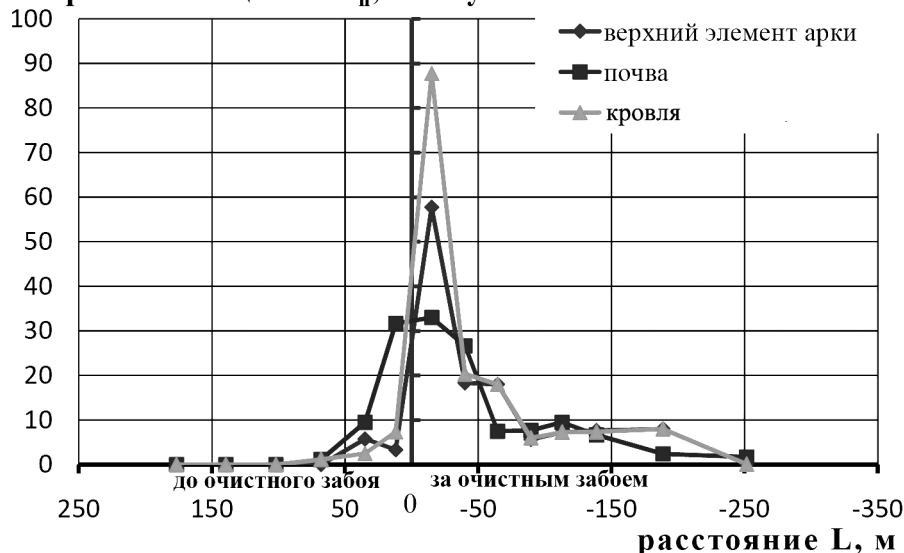


Рис. 8. Скорости смещения элементов системы «крепь-массив» для схемы установки канатных анкеров в шахматном порядке, 0,7 анк/м.п.

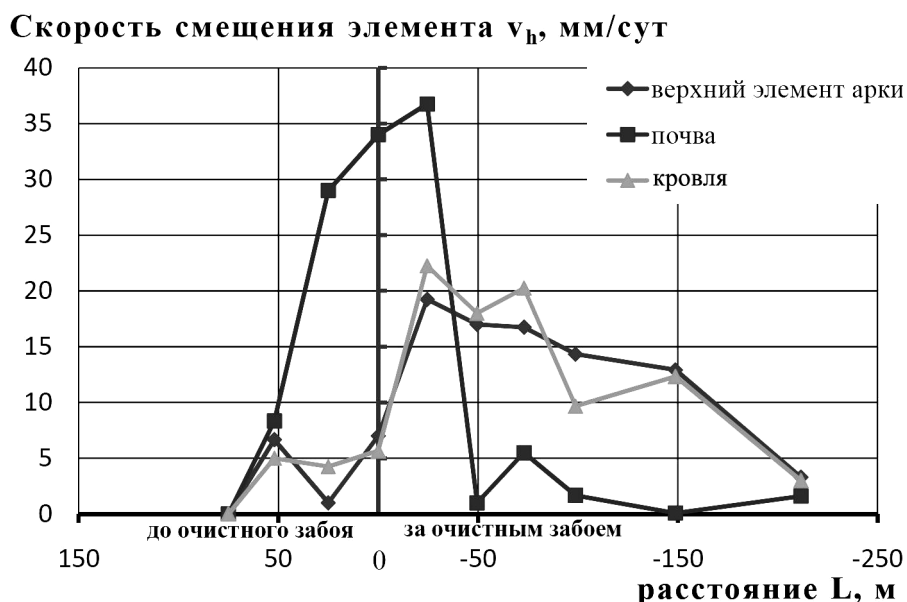


Рис. 9. Скорости смещения элементов системы «крепь-массив» для схемы установки канатных анкеров спарено, 1,4 анк/м.п.

Установлено внедрение стоек арочной крепи в почву выработки при этом величина внедрения стоек численно равна опусканию верхнего элемента крепи (рис. 6). Таким образом, податливость крепи за счет проскальзывания в узлах податливости не реализуется. При «пучении» породы почвы теряют свою первоначальную прочность и практически не сопротивляются вдавлению стоек крепи. В таких условиях необходимо применение подпятников под стойки арочной крепи.

Применение глубинных реперов позволило определить смещения глубинных реперов а геометрическое нивелирование позволило определить смещение наиболее глубокого репера (рис. 10-13).

До подхода очистного забоя на обоих экспериментальных участках чрезмерных расслоений массива не наблюдается. Штанговые анкера фактически устанавливались без предварительного натяжения, что позволило развиваться расслоениям в приконтурной зоне массива (рис. 10,12). При этом геометрическое нивелирование позволило установить равномерное опускание толщи пород кровли на величину до 20 мм (рис. 10).

После прохода очистного забоя сталеполлимерные анкера попали в зону расслоения пород, и произошел отрыв породной пачки толщиной около 4-5 м от вышележащей толщи пород.

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. 11, 13).

Дополнительное использование геометрического нивелирования и наблюдений за смещениями глубинных реперов позволило установить зону расслоения пород до глубины 7,0 м в кровлю выработки и зону равномерного опускания глубинных реперов выше 7,0 м на величину до 0,2 м после прохода лавы (рис. 11, 13). Это указывает на наличие «нейтрального» слоя, выше которого породы менее всего подвержены деформациям, но подвержены равномерному опусканию.

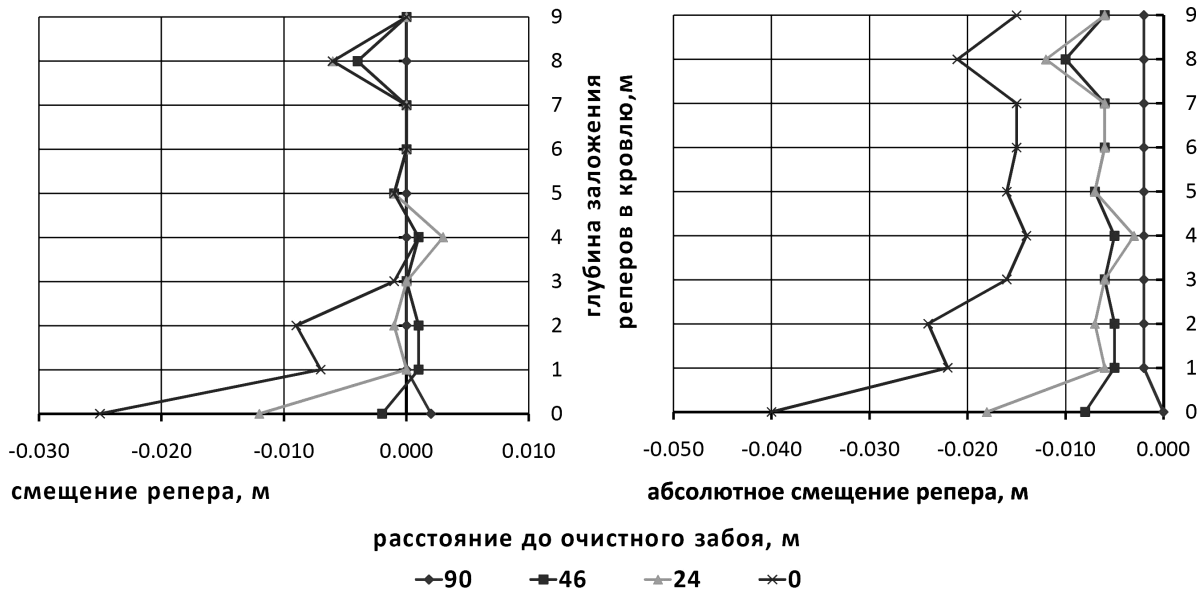


Рис. 10. Смещения глубинных реперов до подхода очистного забоя без использования результатов нивелирования (относительно репера наиболее глубокого заложения 9 м) и абсолютные смещения, полученные при помощи нивелировки наиболее глубокого репера. Плотность установки канатных анкеров - 0,7 анк/м.п.

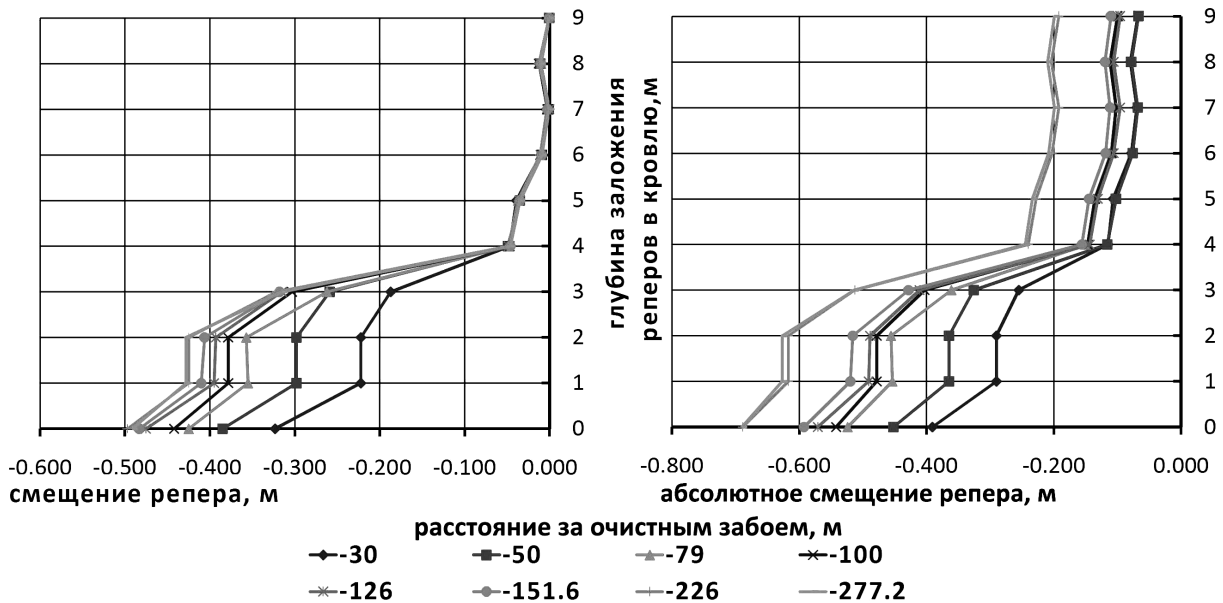


Рис. 11. Смещения глубинных реперов за очистным забоем без использования результатов нивелирования (относительно репера наиболее глубокого заложения 9 м) и абсолютные смещения, полученные при помощи нивелировки наиболее глубокого репера. Плотность установки канатных анкеров - 0,7 анк/м.п.

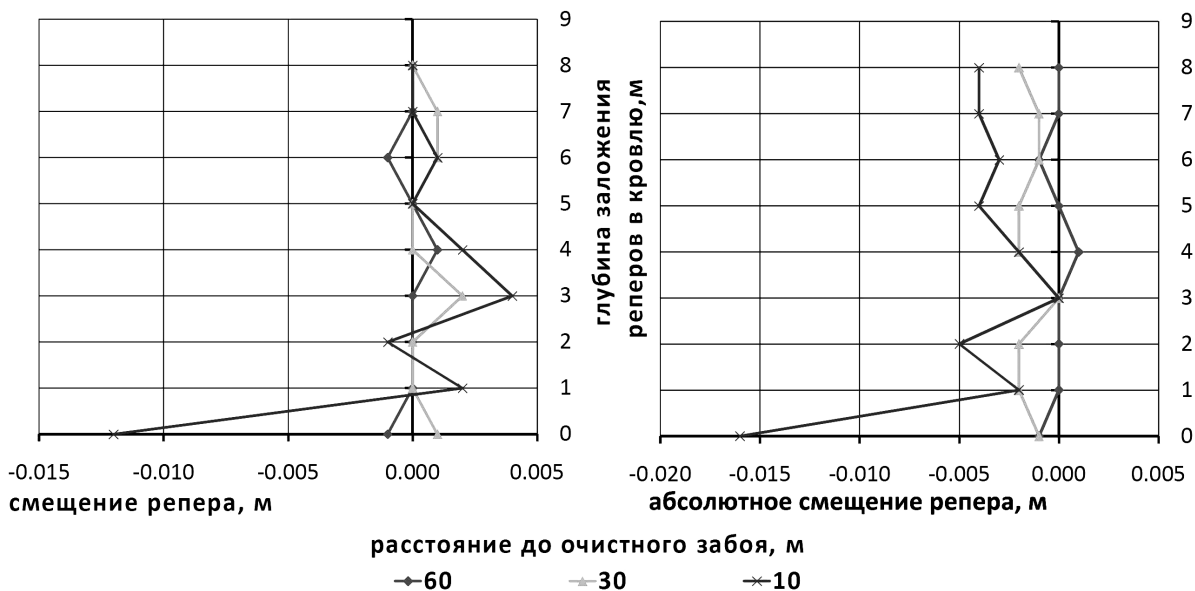


Рис. 12. Смещения глубинных реперов до подхода очистного забоя без использования результатов нивелирования (относительно репера наиболее глубокого заложения 9 м) и абсолютные смещения, полученные при помощи нивелировки наиболее глубокого репера. Плотность установки канатных анкеров - 1,4 анк/м.п.

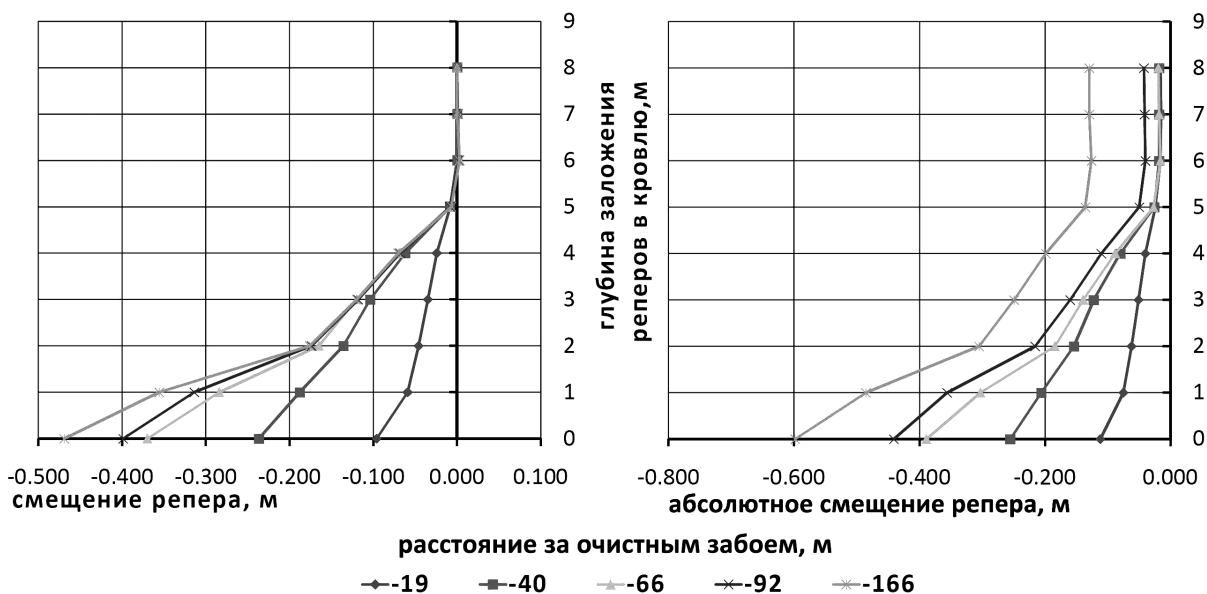


Рис. 13. Смещения глубинных реперов за очистным забоем без использования результатов нивелирования (относительно репера наиболее глубокого заложения 9 м) и абсолютные смещения, полученные при помощи нивелировки наиболее глубокого репера. Плотность установки канатных анкеров - 1,4 анк/м.п.

Практическая ценность полученных результатов заключается в их использовании при обосновании параметров устанавливаемой крепи. Подпорная крепь должна обеспечивать податливость на величину опускания «нейтрального слоя», а ее несущая способность и параметры установки анкерной крепи выбираются в зависимости от веса разрушенных пород над выработкой.

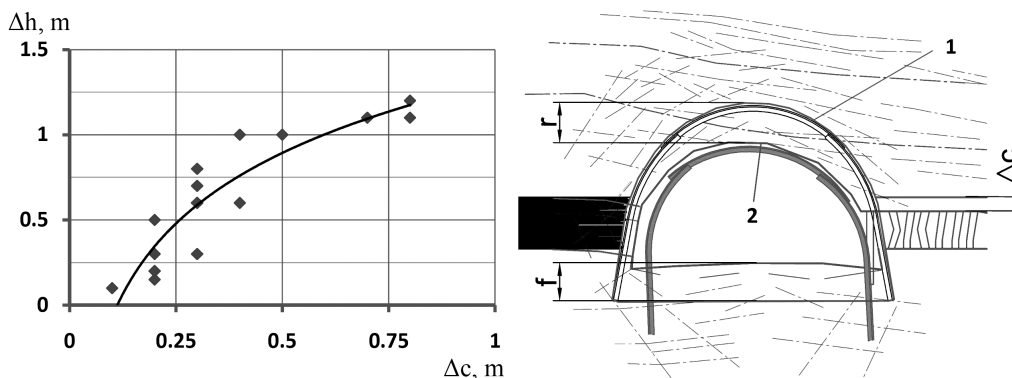
Фактический отпор возводимой охранной конструкции по бровке лавы был не достаточен, и было допущено опускание кровли лавы по бровке, что привело к интенсификации разру-

шения массива пород над выработкой. Исследования, проведенные в Central Mining Institute, Польша [13], показали, что при возведении эффективной охранной конструкции и анкерования кровли штанговыми анкерами, нагрузка на крепь штрека не превышает несущей способности арочной стальной крепи. О зависимости конвергенции штрека от опускания кровли по бровке лавы за очистным забоем указывалось в работе [14]. Исследования, проведенные в 165-м сборном штреке после отработки столба, показали, что зависимость конвергенции штрека от опускания бровки лавы описывается функцией:

$$\Delta h = 0.598 \ln(\Delta c) + 1.308 \quad (3)$$

$$R^2 = 0.828$$

Коэффициент корреляции между величинами Δh and Δc составляет 0.880.



1 – контур выработки до деформирования; 2 – деформированный контур выработки за очистным забоем; r – опускание кровли; f – поднятие почвы; $\Delta h = r+f$

Рис. 14. Зависимость вертикальной конвергенции штрека (Δh) от опускания кровли по бровке лавы (Δc).

Следовательно, величина смещений пород кровли зависит от того, как охранная конструкция противостоит опусканию бровки лавы, т.е. от её отпора.

Выводы.

1. Исключение стоек усиления впереди лавы и механизированной крепи на сопряжении с целью снижения трудоемкости работ и уменьшения затрат времени на концевые операции, позволило увеличить свободное пространство в штреке и на сопряжении с лавой. Это обеспечило эффективную эксплуатацию стругового комплекса и увеличение скорости подвигания очистного забоя до 210 м/мес.

2. По результатам промышленного эксперимента установлено, что плотности установки канатных анкеров 1,4 анк/м.п. достаточно для эффективного поддержания штрека в зоне опорного давления впереди лавы и на сопряжении. Для предотвращения смещений кровли за очистным забоем такая плотность является недостаточной.

3. Изменение плотности установки канатных анкеров влияет на скорость смещения породного контура, что позволяет управлять процессом деформирования породного массива путем достоверного обоснования параметров установки канатных анкеров.

4. Использование геометрического нивелирования и наблюдений за смещениями глубинных реперов в условиях шахты «Степная» позволило установить зону расслоения пород до глубины 7,0 м в кровлю выработки, и зону равномерного опускания породного массива выше 7,0 м на величину до 0,2 м, что позволяет обосновывать параметры установки канатных анкеров для поддержания штрека за очистным забоем. Рекомендуемая длина канатного анкера для этих условий должна составлять не менее 8.0 м, плотность установки определяется исходя из веса пород в зоне дезинтеграции и суммарной несущей способности крепи штрека и охранной конструкции. При этом крепь штрека и охранная конструкция должны компенсировать опускание «нейтрального» слоя, что реализуется за счет деформаций масси-

ва пород в зоне дезинтеграции, деформаций охранной конструкции и наличия пустот за крепью штрека.

5. Развитие вертикальной конвергенции штрека зависит не только от плотности установки канатных анкеров, но и от отпора охранной конструкции. Таким образом, все несущие элементы крепи играют важную роль в поддержании выработки и должны работать как единая система «крепь штрека – канатные анкера – охранная конструкция».

6. Дальнейшие исследования будут посвящены анализу зависимости реализации деформаций породного контура от скорости подвигания очистного забоя и плотности установки канатных анкеров для условий 163-го и 165-го штреков шахты «Степная».

Список литературы

1. Зборщик М.П. Повторное использование участковых выработок – неотложная задача угольных шахт // Уголь Украины. – 2011. – № 1.

2. Ильяшов М.А. Эффективный резерв повышения конкурентоспособности шахтного фонда – повторное использование участковых выработок // Уголь Украины. – 2011. – № 1.

3. Junker, M. 2013. German mining expertise: meeting the future challenges of international mining. Proceedings of 23rd World Mining Congress. Montreal, Canada <http://www.cim.org/en/Publications-and-Technical-Resources/Publications/Proceedings/2013/8/23rd-World-Mining-Congress/WMCO-2013-08-191.aspx>

4. Prusek, S., Lubosik, Z., Dvorsky, P., Horak, P. 2011. Gateroad support in the Czech and Polish coal mining industry – present state and future developments. Proceedings of the 30th International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, WV. <http://icgcm.conferenceacademy.com/papers/detail.aspx?subdomain=ICGCM&iid=920>

5. Sasaoka, T., Shimada, H., Takamoto, H., Hamanaka, A., Matsui, K., 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. Tadolini, S., McDonnell, J. 2010. Cable bolts – an effective primary support system. Proceedings of the 29th International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, WV. <http://icgcm.conferenceacademy.com/papers/detail.aspx?subdomain=icgcm&iid=314>

7. Разумов Е.А. Опыт применения канатных анкеров для сохранения и повторного использования штреков угольных шахт [Текст] / Е.А. Разумов, П.В. Гречишкин, А.В. Самок, А.С. Позолотин // Уголь. – 2012. – № 6. – С. 10-12.

8. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони [Текст]. Мінвуглепром України. – К., 2007. – 113 с.

9. Инструкция по поддержанию горных выработок Западного Донбасса. – СПб – Павлоград, 1994. – 95 с.

10. Халимендик Ю. М., Барышников А. С. О работе однобалочной крепи сопряжения «Проблеми гірничої технології: матеріали регіональної науково-практичної конференції», Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 30 листопада 2012 р с.

11. Широков А.П. Крепление сопряжений лав/ А.П. Широков, В.А. Лидер, А.И. Петров. М. Недра – 1987 г. – 192 с.

12. КД.01.01.503–2001. Руководство. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°. Минтопэнерго Украины, Киев.– 2002

13. Prusek S, Lubosik Z. (2006): Monitoring of a longwall gate road maintained behind the caving extraction front. Bergbau in Polen und Deutschland - Chancen für Innovationen und Kooperation: Freiburger Forschungsforum 57. Berg- und Hüttenmännischer Tag 2006. С 519. р. 84-95.

14. Халимендик Ю.М. Обеспечение повторного использования участковых выработок // Уголь Украины. – 2011. – № 4.