

УДК 622.831

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД КРОВЛИ ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Халимендик Ю. М., Бруй А. В., Барышников А. С.  
(ГВУЗ «НГУ», г. Днепрпетровск, Украина)

*Розглянуто методики спостережень за деформаціями пок-  
рівлі виробок. Запропоновано спільне використання геометрично-  
го нівелювання та спостережень за зміщеннями глибинних репе-  
рів. Наведено результати маркшейдерських вимірів у гірничих  
виробках. Встановлені закономірності деформації покрівлі výro-  
бок, що дозволяють обґрунтовувати величину податливості від-  
порного кріплення.*

*Methods of observation over gateroad roof deformations are re-  
viewed. Combined usage of geometric levelling and observations over  
displacement of deep-seated anchors (tell-tales) is proposed. Results  
of surveying measurements in mine workings are given. Regularities  
of gateroad roof deformations are determined that enable substantiat-  
ing the magnitude of yielding of supports.*

Внедрение новых видов крепи (анкерных систем; комбини-  
рованных крепей и т.д.) сопровождается мониторингом состоя-  
ния крепи и массива боковых пород [1]. Текущий мониторинг  
включает в себя визуальный контроль качества выполняемых ра-  
бот, состояние выработки, приборный контроль нагружения ан-  
кером и перемещение слоев пород приконтурной зоны выработки.

Наибольшую информацию о состоянии массива дают глу-  
бинные индикаторы, устройство которых основано на закрепле-  
нии в шпуре на соответствующих глубинах отрезков троса с по-  
мощью 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 для фиксации перемещения глубинных реперов используются короткие боковые репера в виде металлических стержней длиной 150 мм. Контурные глубинные репера устанавливаются в одной плоскости и, как правило, вертикальные репера «привязаны» к горизонтальным (рис. 1) [2].

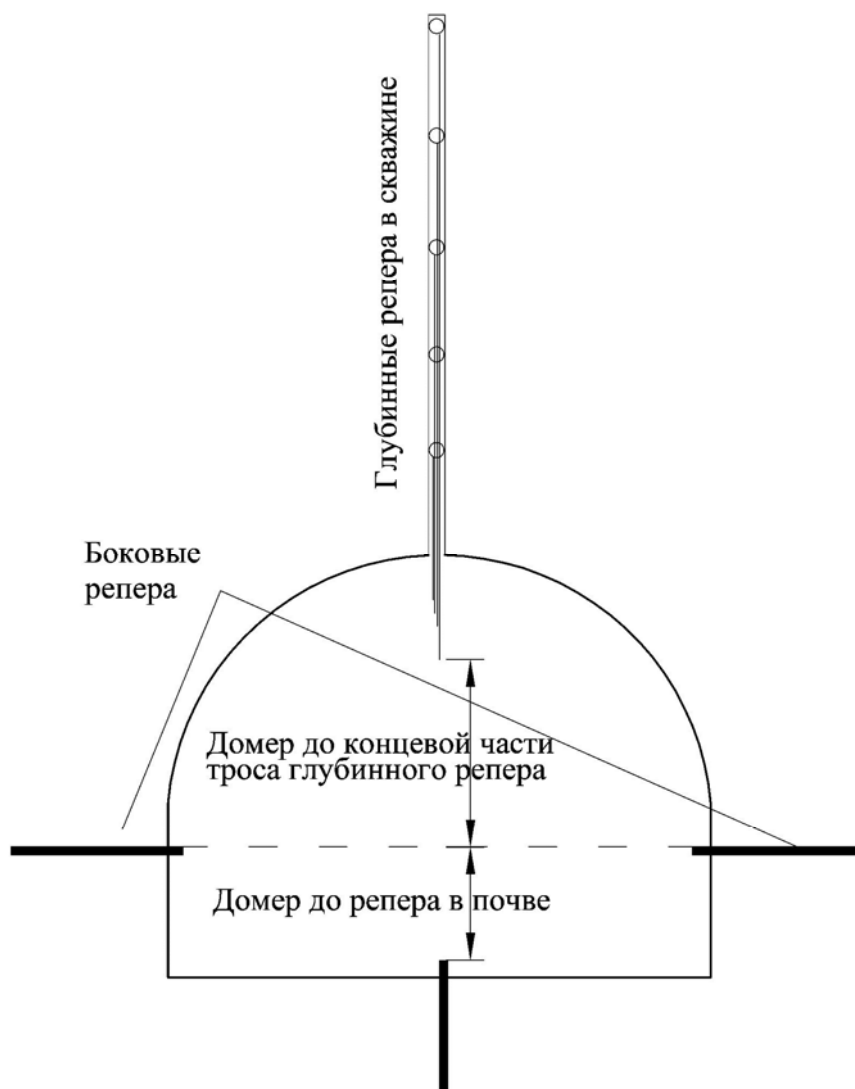


Рис. 1. Схема использования контурных и глубинных реперов

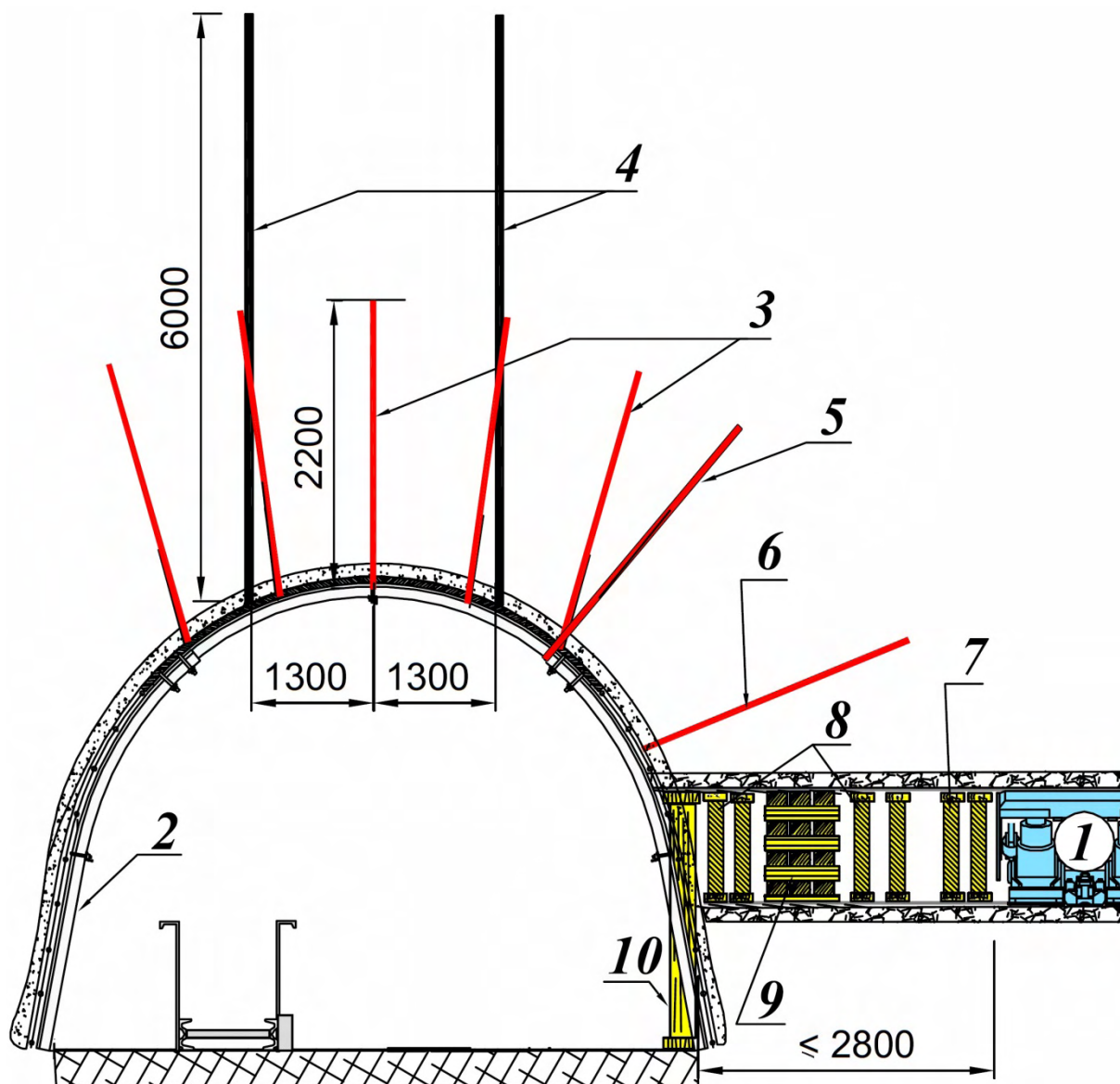
Применение такой «классической» схемы можно быть эффективным при неизменном положении боковых реперов. При слабых боковых породах можно наблюдать вдавливание крепи в почву [3] и «заволачивание» слоев пород вниз (рис. 2). Изменение положения боковых реперов неизбежно приведет к снижению достоверности получаемых результатов.



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

При приемочных испытаниях крепей рекомендуется производить нивелирование контура выработки [1]. Целью этих замеров является определение доли смещения пород приконтурной зоны выработки в общей конвергенции.

Для совершенствования способа наблюдения за смещением породных слоев вокруг выработки было использовано геометрическое нивелирование глубинных реперов. В условиях шахты «Степная» в 165-м сборном штреке произведено наблюдение за деформацией горного массива при двухуровневом анкерowaniu кровли и креплении штрека арочной крепью (рис. 3). Боковые породы представлены переслаивающимися алевролитами и аргиллитами с прочностью на одноосное сжатие до 25 МПа и со слабым сцеплением.



- 1 – комплекс ДВТ;
- 2 – крепь КШПУ 17,7;
- 3 – штанговые сталеполимерные анкеры;
- 4 – канатные анкеры, установлены 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, диаметр 180-200 мм.

Рис. 3. Паспорт крепления 165-го сборного штрека

Процесс формирования зоны неупругих деформаций изучался с помощью глубинных реперов, заложенных в скважине диаметром 32 мм и глубиной до 9 м, пробуренной вертикально в кровлю на каждом сечении. В каждой скважине с шагом 1,0 м установлены глубинные реперы в количестве, зависящем от длины скважины (до 9 реперов). Для определения высотного положения точек устья наблюдательной станции и глубинных реперов прокладывался прямой и обратный нивелирный ход. Исходные реперы хода были закреплены за пределами зоны влияния очистной выработки.

Для сравнения применяемой методики определения деформаций пород кровли с «классической», произведено сопоставление результатов. При использовании данных только по глубинным станциям, до подхода лавы можно зафиксировать развитие деформаций на участках 0-3 м в виде расширения горного массива (рис. 4).

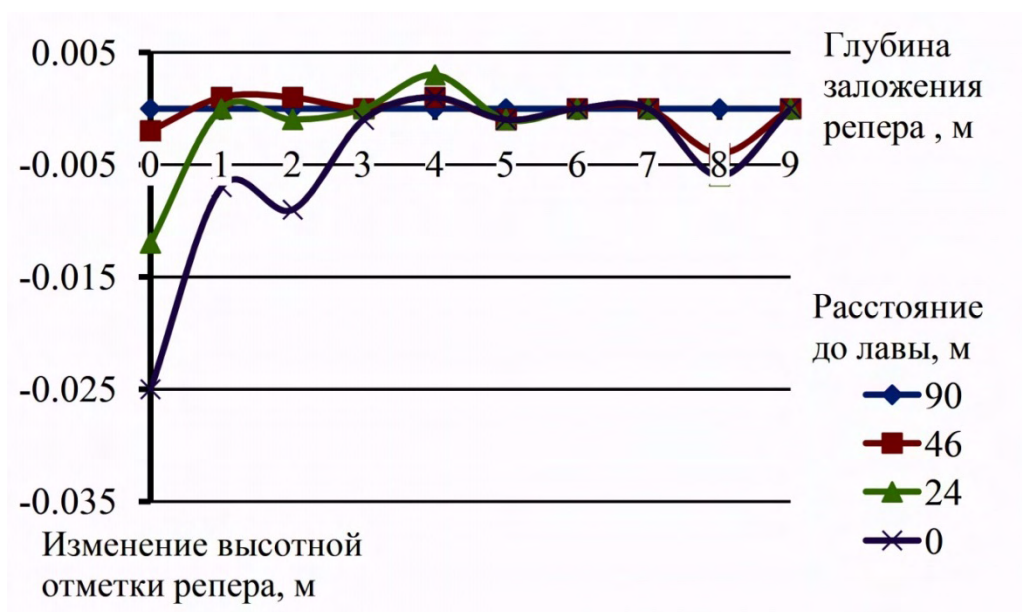


Рис. 4. Опускания глубинных реперов без использования результатов нивелирования до подхода лавы

При использовании результатов нивелирования тех же глубинных реперов установлено, что с приближением очистного забоя лавы произошло равномерное опускание глубинных реперов, заложенных на глубине 3-9 м, на величину до 15 мм (рис. 5). На

основании этих данных можно утверждать, что в зоне опорного давления впереди лавы в кровле выработки не только формируется область деформации, но и вся толща пород подвержена опусканию.

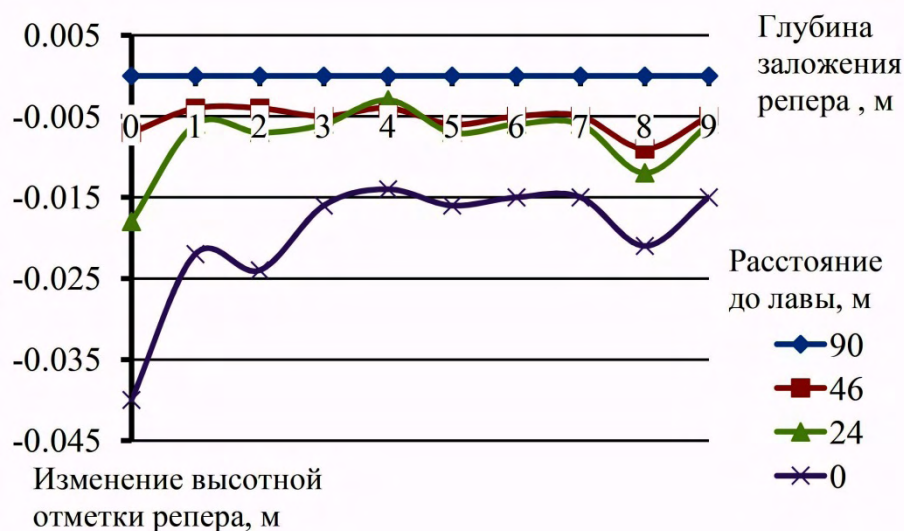


Рис. 5. Опускания глубинных реперов с использованием результатов нивелирования до подхода лавы

После прохода очистного забоя, при использовании «классической» методики, установлено, что в кровле выработки формируется зона неупругих деформаций на высоту до 6 м, далее никаких значительных смещений не зафиксировано (рис. 6).

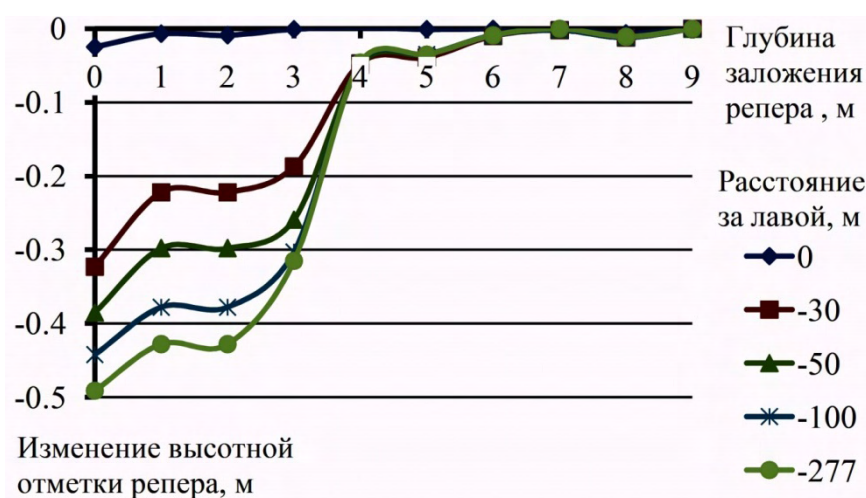


Рис. 6. Опускания глубинных реперов без использования результатов нивелирования после прохода лавы

При использовании результатов нивелирования установлено равномерное опускание реперов, заложенных на глубине 6-9 м, на величину до 200 мм (рис. 7).

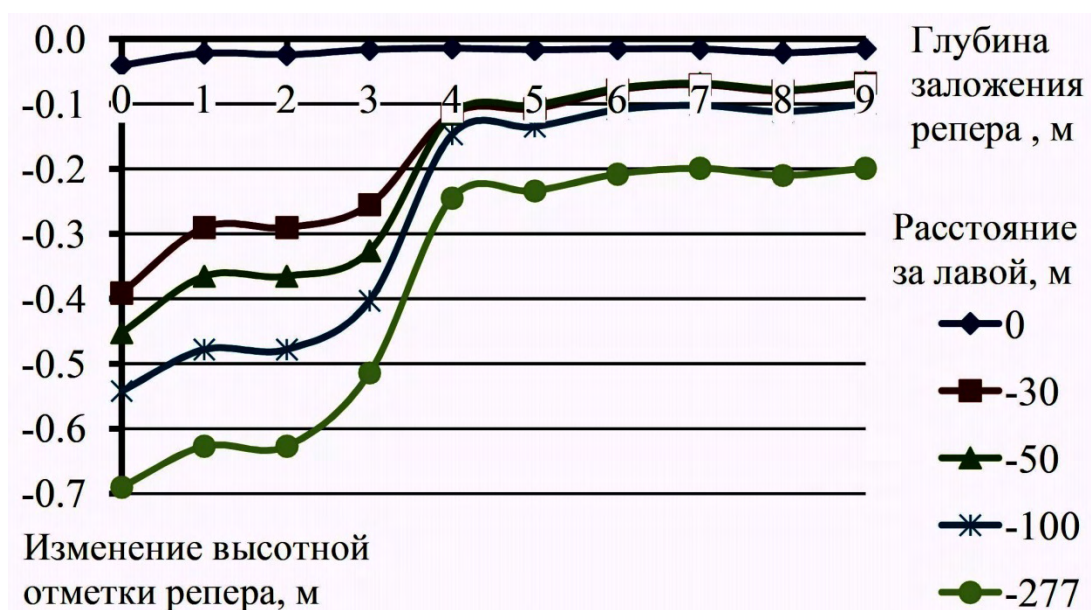


Рис. 7. Опускания глубинных реперов с использованием результатов нивелирования после прохода лавы

Из приведенного примера оценки деформации пород кровли видно, что результаты нивелирования глубинных реперов в кровле выработки дают возможность дополнительно утверждать, что толща пород в условиях шахты «Степная» на высоте 6-9 м от кровли выработки подвержена равномерному опусканию.

Наряду с опусканием кровли установлено поднятие почвы, и внедрение стоек крепи в почву (рис. 8).

Величина опускания верхнего элемента крепи  $b$ , исходя из вышеизложенных результатов, описывается формулой:

$$b = a + k_p \cdot h_p, \quad (1)$$

где  $a$  – опускание слоев пород основной кровли;  
 $k_p$  – коэффициент расслоения пород в разрушенной зоне;  
 $h_p$  – высота зоны разрушенных пород.

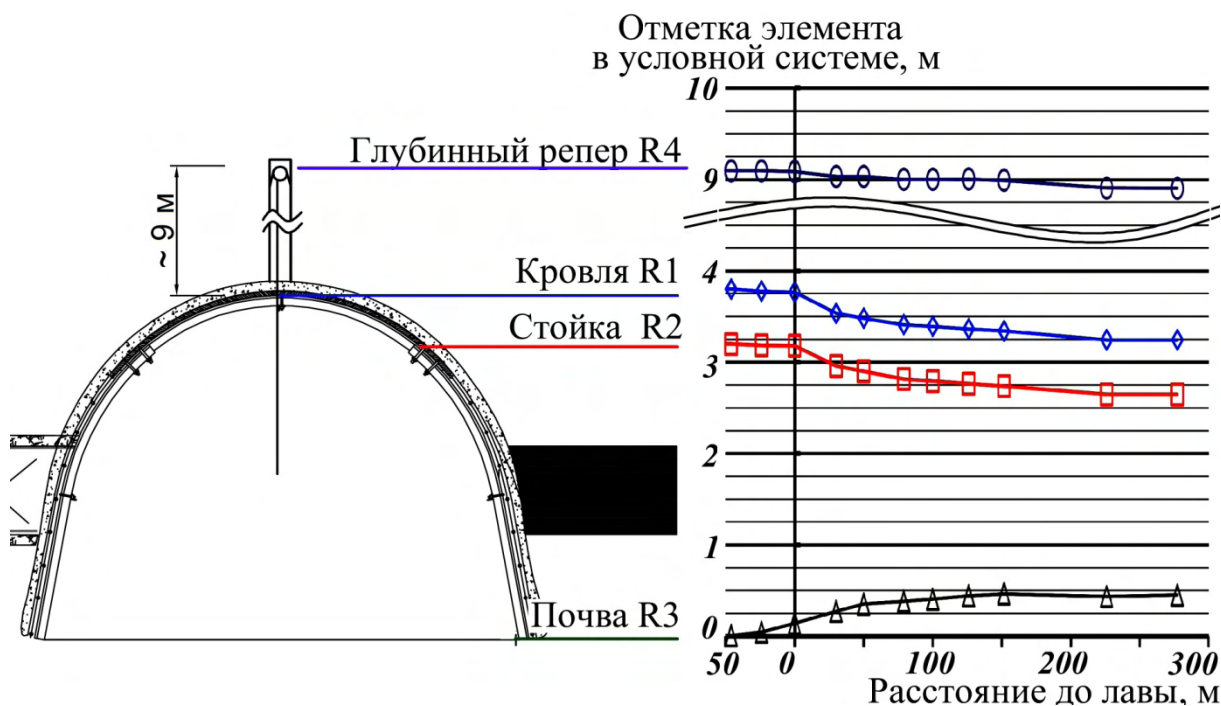


Рис. 8. Смещение элементов системы крепь-массив в зависимости от расстояния до очистного забоя лавы

При пучении, породы почвы теряют свою первоначальную прочность и практически не сопротивляются вдавливанию стоек крепи. Поэтому, величина внедрения стоек арочной крепи в почву практически равна величине опускания верхнего элемента крепи или отличается на величину смещения в замках и пластических деформаций верхняка (см. рис. 8), однако податливость арки, которая предусмотрена замковым соединением, из-за беспрепятственного внедрения стойки в почву не реализуется. Тогда величину внедрения стоек крепи в почву  $C$  можно выразить формулой:

$$C = a + k_p \cdot h_p - p, \quad (2)$$

где  $p$  – величина пластической деформации верхнего элемента крепи и вертикальных смещений в замковых соединениях.

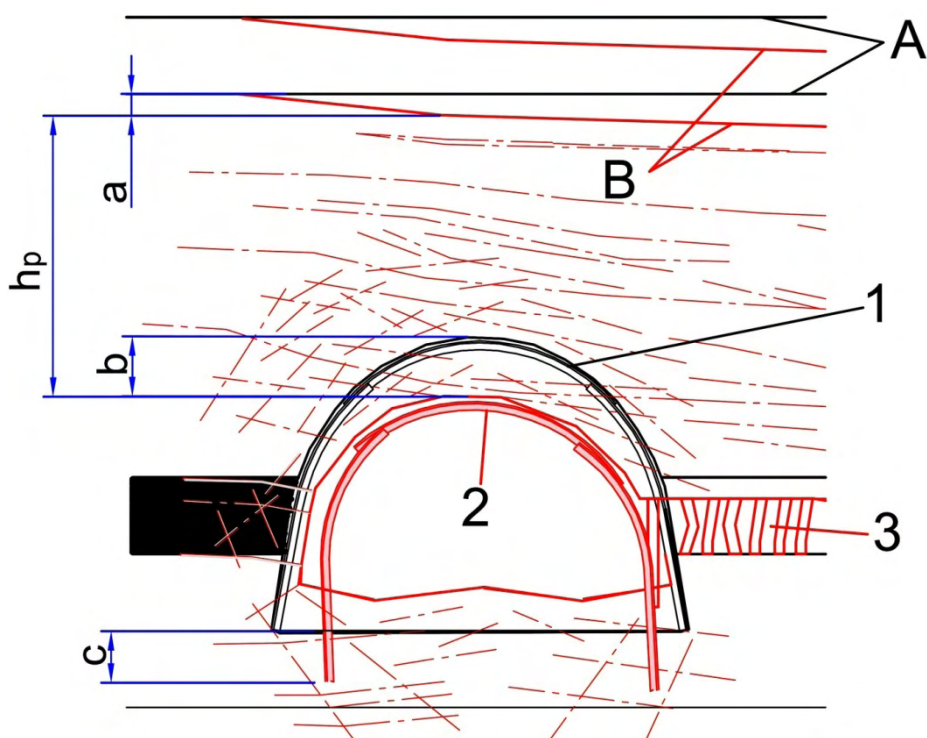
Внедрению стоек крепи в почву можно противостоять применением подпятников или подкладок под стойки крепи.

Количественная оценка величин деформации системы «крепь-массив» в зонах влияния очистных работ позволяет более эффективно конструировать элементы крепи. Создавая систему



крепления, которая с одной стороны обеспечивает податливость на величину опускания пород основной кровли, а с другой стороны препятствует развитию зоны неупругих деформаций приконтурной зоны выработки можно сохранить выемочную выработку с минимальными потерями сечения.

На основании проведенных исследований сформирована картина деформирования пород кровли выработок после прохода лавы в условиях слабых боковых пород шахты «Степная» (рис. 7).



- $a$  – опускание слоев пород основной кровли;
- $b$  – величина опускания кровли (верхнего элемента арочной крепи);
- $h_p$  – высота зоны неупругих деформаций пород;
- $c$  – величина внедрения стойки крепи в почву.
- А – первоначальное положение слоев пород основной кровли;
- В – положение слоев пород основной кровли после выемки пласта.
- 1 – арочная крепь;
- 2 – арочная крепь после деформирования;
- 3 – охранная конструкция после прохода лавы.

Рис. 7. Схема деформирования пород кровли выработок после прохода лавы в условиях слабых боковых пород шахты «Степная»

**Выводы:** Приведенные результаты наблюдений за состоянием системы крепь-массив в выемочной выработке подтвердили эффективность применения геометрического нивелирования, в результате чего установлена равномерно опускающаяся зона горного массива над штреком и соизмеримое внедрение стоек крепи в почву. Дальнейшее использование результатов наблюдений за глубинными реперами с использованием геометрического нивелирования станет основой для проектирования систем крепления выемочных выработок с заданным отпором, обеспечивающим обоснованную величину податливости.

### СПИСОК ССЫЛОК

1. Булат А. Д., Виноградов В. В. Опорно-анкерне кріплення гірничих виробок вугільних шахт / Ін-т геотехнічної механіки НАН України. Дніпропетровськ. — 2002. — с. 372.
2. Новиков А. О. Проверка рекомендаций по расчету параметров комбинированной крепи / А. О. Новиков, И. Н. Шестопапов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. Збірник наукових праць № 10. — Донецьк. — 2012. — С. 250—269.
3. Курченко Э. П., Тупиков Б. Т., Макаров С. В., Бармин В. А. Исследование взаимодействия арочной крепи с пучащими породами почвы / Э. П. Курченко, Б. Т. Тупиков, С. В. Макаров, В. А. Бармин // Уголь Украины № 10, 2008 г. — С. 20—22.