

**Павлов Е.Е.**  
*(ДонГТУ, Украина, sggs-donstu.ucoz.ru)*

## **АНАЛИЗ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПЕРЕБОРОВ ПРИ ПРОХОДКЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

*Шахтними інструментальними вимірами вивчені статистичні закономірності розподілу порожнеч в закрепному просторі гірських виробок, споруджених буропідривним і комбайновим способами.*

**Ключові слова:** виробка, покрівля, затягування, негативні наслідки, арочне кріплення.

*Шахтными инструментальными замерами изучены статистические закономерности распределения пустот в закрепном пространстве горных выработок, проходимых буровзрывным и комбайновым способами.*

**Ключевые слова:** выработка, кровля, затяжка, негативные последствия, арочная крепь.

На больших глубинах ведения горных работ первопричиной деформаций 55% горных выработок являются смещения породных обнажений по периметру выработки (бока и кровля), 45% в результате пучения пород почвы [1]. Величины допустимых отклонений (в сторону увеличения) геометрических размеров от проектных со стороны кровли и стен выработки в реальных условиях значительно превышают нормативные [2]. В результате из-за перебора сечения увеличивается объем работ по забутовке закрепного пространства, которые к тому же небезопасны, т.к. выполняются вручную и нередко в незакрепленной части выработки.

Согласно техническим условиям сооружения выработок, для равномерного распределения нагрузки по всему контуру рамной крепи со стороны массива горных пород пустоты закрепного пространства следуют заполнять породой. Однако, в связи с отсутствием забутовки закрепного пространства или ее плохого качества (недостаточная плотность, неравномерность и др.) значительно возрастают сосредоточенные случайные нагрузки на крепь, что резко снижает ее несущую способность, ведет к деформациям ее элементов, поломкам и даже завалам выработки. Следовательно, анализ негативных последствий переборов по-

перечного сечения выработок является актуальной задачей для совершенствования технологии проведения и крепления горных выработок.

Целью исследований является анализ состояния горных выработок и неровностей их породного контура. Задачами исследования являлось изучение закономерностей распределения пустот в закрепном пространстве горных выработок, проходимых буровзрывным и комбайновым способами. Исследования проводились путем шахтных инструментальных замеров пустот закрепного пространства и статистической обработки полученных результатов.

Шахтные исследования пустот закрепного пространства и неровностей контура горных выработок проводились в 2008 г. на шахте Машинская ГП «Луганскуголь» шахтоуправления «Луганское» в подготовительных выработках (2 восточный конвейерный бремсберг пл.  $\ell_6^H$ ; 5, 7 западные конвейерные бремсберги пл.  $\ell_6^H$ ; 7 восточный конвейерный ходок пл.  $\ell_6^H$ ).

Сведения о свойствах пород вокруг подготовительных выработок (до 20 м выше и до 10м ниже горизонта расположения выработки) приведены в табл. 1, а данные об условиях проведения выработок – в табл. 2.

Таблица 1 - Физико-механические свойства пород в обследованных подготовительных выработках

№ слоя и место залегания	Наименование	Мощность, м	Прочность пород на одноосное сжатие, МПа
1	Песчаник	10,0-16,0	40-50
2	Алевристый агиллит	2,0-2,5	20-30
3	Пласт	1,1-1,2	10
4	Песчаник	2,12	40-50
5	Алевролит	2,0-3,0	30-40

Методикой исследования предусматривалось измерение пустот закрепного пространства и смещений узлов податливости стальной рамной крепи, а также размеров выработки в свету.

Для измерения закрепного пространства была изготовлена замерная рейка. При этом к ней предъявлялись следующие требования: рейка должна быть легкой, компактной при транспортировании, достаточной длины для замера пустот в недоступных по высоте местах, жесткой для преодоления препятствий при досылании в закрепное пространство, обеспечивать удобство отсчета и необходимую точность ( $\pm 30$  мм.)

Для легкости раскладная рейка выполнена из алюминиевого прута диаметром 8 мм. Этот диаметр обеспечивает жесткость рейки даже при небольшом (7-10 мм) зазоре между затяжкой и выдерживает усилие, необходимое для ее внедрения между затяжкой.

Таблица 2 – Технико-экономические условия проведения выработок

Условия проведения	Наименование выработок			
	2-й восточный конвейерный бремсберг пл. $\ell_6^H$	5-й западный конвейерный бремсберг пл. $\ell_6^H$	7-й западный конвейерный бремсберг пл. $\ell_6^H$	7-й восточный конвейерный ходок пл. $\ell_6^H$
Способ проведения выработки	БВР	Комбайн	Комбайн	Комбайн
Угол падения пород, град	6-9	6-9	6-9	6-9
Ориентация выработки	по восстанию	по восстанию	по восстанию	по восстанию
Тип крепи	КМП-А3	КМП-А3	КМП-А3, анкера	КМП-А3; анкера
Плотность установки крепи, рам/м	2	1,66	1,25	1,25
Проектные размеры: - ширина, мм	4750	4750	4750	4750
- высота, мм	3500	3500	3500	3500

Замерная рейка (рис.1) состоит из двух алюминиевых прутов длиной по 1000 мм, которые соединены между собой с помощью болтов. Отверстия под болты располагаются от края прутов на расстоянии 50 и 150 мм, для того, чтобы можно было фиксировать длину рейки в распрямленном (1800 мм) и сложенном (1100 мм) состоянии. Т.к. в шахтных условиях видимость недостаточна, для удобства считывания показаний раскладная рейка раскрашена в шахматном порядке по 100 мм в светлые цвета (белый и желтый), а также через каждые 50 мм расчерчена тонкими линиями черного цвета.

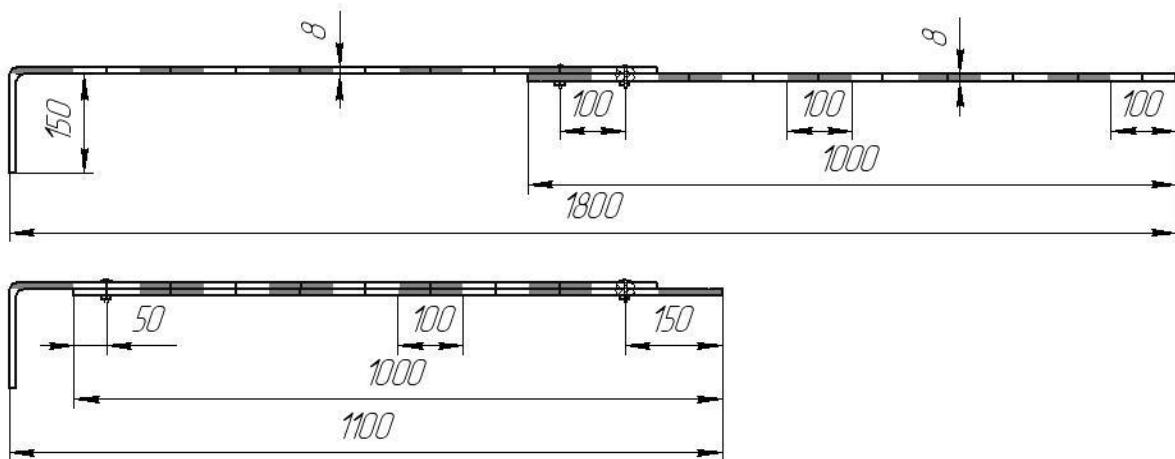


Рисунок 1 – Схема замерной рейки

Достоинством такой конструкции замерной рейки является: простота изготовления; удобство при замерах в труднодоступных местах (до 1000 мм глубины закрепленного пространства и при высоте выработки 3500 мм); компактность при транспортировании.

Измерения пустот закрепленного пространства проводились в пяти характерных точках контура выработки (рис.2), важных с точки зрения взаимодействия рамной крепи с массивом горных пород. Две из них располагались симметрично по бокам выработки на высоте около 1000 мм от почвы (точки 1; 5), чтобы следить за контактом рамной крепи с породным контуром при боковых смещениях пород. Две другие точки выбраны в области замков податливости (т. 2; 4), для контроля расклинивания рамной крепи с породой, и одна точка – по центру верхняка рамной крепи (т. 3), показывающая контакт рамной крепи с породным контуром при смещениях пород кровли.

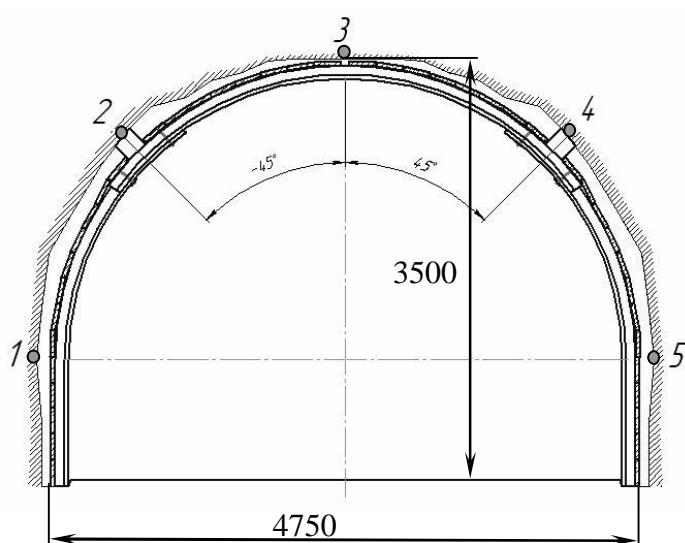


Рисунок 2 – Схема размещения замерных точек

Замерную рейку за-двигали в указанных точках между затяжкой до породного обнажения за крепью, иногда раздвигая случайные куски породы. Далее показания фиксировались в журнале замеров с учетом толщины железобетонной затяжки.

Замерную рейку за-двигали в указанных точках между затяжкой до породного обнажения за крепью, иногда раздвигая случайные куски породы. Далее показания фиксировались в журнале замеров с учетом толщины железобетонной затяжки.

Для получения необходимой представительности и достоверности результатов измерений, методикой было предусмотрено проводить замеры на типичных участках протяженностью 50 м в каждой выработке. Замерные сечения отстояли друг от друга через 5 метров, т.е. всего было использовано 10 замерных сечений в каждой выработке.

Абсолютная погрешность линейных замеров составила  $\pm 30$  мм, относительная погрешность - 2...5%, что вполне допустимо для данного класса шахтных инструментальных наблюдений.

Чтобы анализировать негативные последствия переборов пустот закрепного пространства, необходимо знать, как взаимодействует крепь с массивом горных пород в момент проведения горной выработки. Для этого провели замеры пустот закрепного пространства в подготовительных выработках проведенных буровзрывным и комбайновым способами. Результаты измерений приведены на графиках рис.3. Контур выработки изображен в виде угла  $\alpha$ , равный  $-90^\circ, -45^\circ, 0^\circ, 45^\circ$  и  $90^\circ$ , соответствующий точкам 1, 2, 3, 4 и 5 (рис. 2).

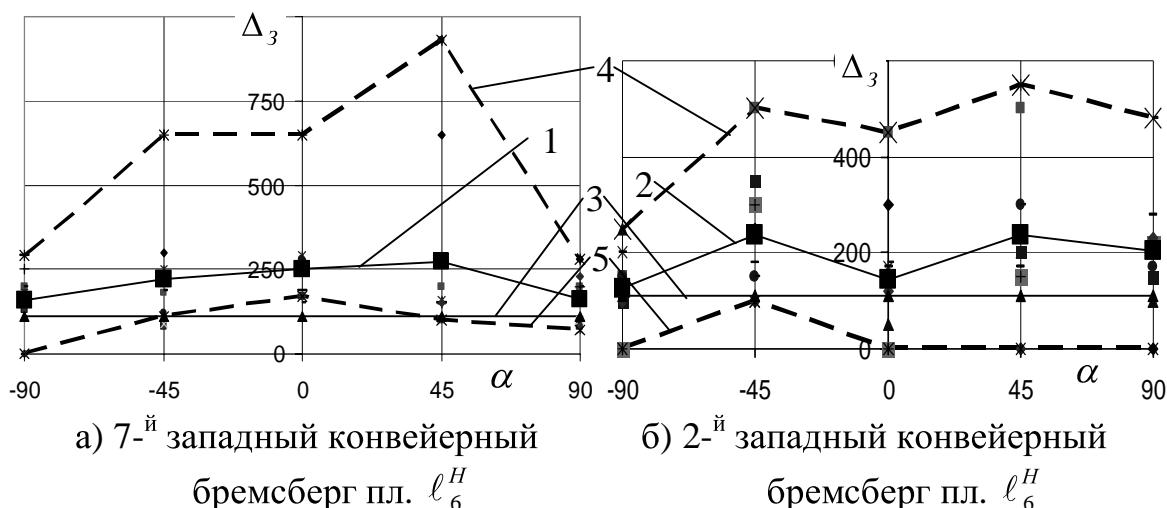


Рисунок 3 – Распределение пустот закрепного пространства в характерных точках взаимодействия крепи с массивом

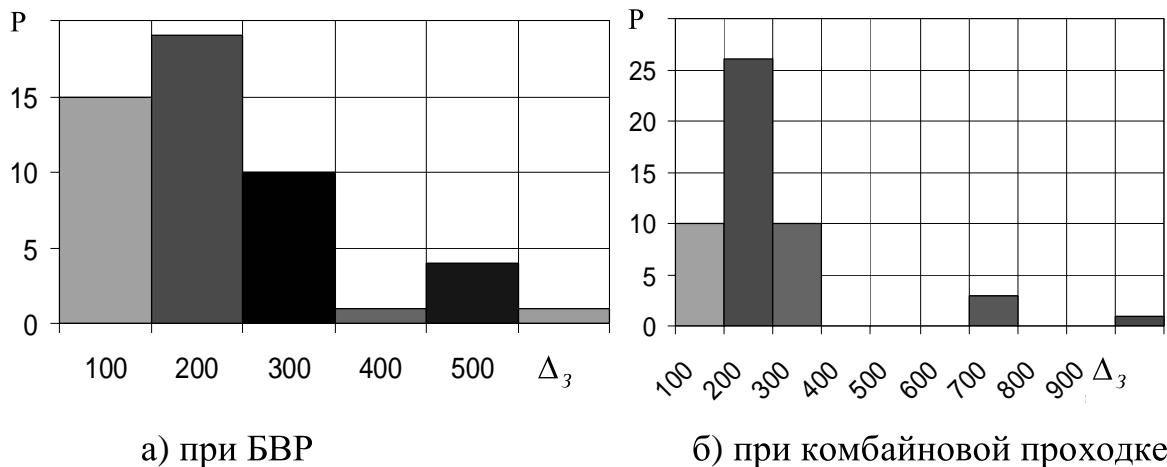
Из графиков (рис.3) видно, что пустоты закрепного пространства  $\Delta_3$  при комбайновом проведении выработки (кривая 1) составляют в среднем 215 мм, а при буровзрывном способе (кривая 2) около 190 мм, тогда как допустимые по нормам (кривая 3) значения переборов [2] для данных выработок составляют 110 мм. Отсюда можно сделать вывод, что переборы при буровзрывном способе превышают нормативные в 1,7 раза, а при комбайновой выемке почти в 2 раза.

Можно также отметить, что при комбайновой выемке средняя ширина пустот закрепного пространства превышает ширину пустот в выработке, пройденной буровзрывным способом, в 1,15 раза, что совпадает с выводами работы [3], а максимальные (кривая 4) в 1,7 раза. Наименьшие зазоры (кривая 5) чаще прослеживаются при буровзрывном проведении выработки.

При буровзрывном и комбайновом способе проведения выработок максимальные зазоры наблюдаются в кровле выработок, а наименьшие - в боках, о чем также говорится в работе [4].

Рассмотрим графики зависимости вероятности  $P$  встречаемых пустот  $\Delta_3$  закрепного пространства в этих же подготовительных выработках, приведенных на рис. 4. При буровзрывном способе, в 70% случаев ширина зазора превышает нормативную (110 мм), в 60% - колеблется от 100 до 300 мм и в 10% от 300 до 600 мм, а при комбайновой выемке, ширина зазора превышающая нормативную составила 80% случаев, 70% от 100 мм до 300 мм и 10% - занимают вывалообразования глубиной до 1000 мм.

Средний объем закрепного пространства при буровзрывном способе проведения выработки составляет  $2,2 \text{ м}^3$ , а при выемке комбайном избирательного действия  $2,6 \text{ м}^3$ .



а) при БВР

б) при комбайновой проходке

Рисунок 4 – Гистограмма вероятности встречаемых пустот

Для оценки интенсивности проявлений горного давления одновременно проводились замеры смещений элементов спецпрофиля в узлах податливости крепи.

Интенсивность проявления горного давления оценивалась в 5-м западном конвейерном бремсберге пл.  $\ell_6^H$  (рис.5). Замеры проводились на участке, охраняемом целиком углем. Из рисунка видно, что на протяжении 45 м от лавы происходят значительные смещения пород со сто-

роны лавы (линия 1) от 50 мм до 1300 мм и с противоположной стороны (линия 2) от 50 мм до 800 мм.

После продвижения очистных работ в выработке наблюдалось значительное пучение почвы, и смещение элементов крепи. При этом средний размер закрепного пространства при максимальных смещениях оставался в пределах 100 мм. Выработка впоследствии неоднократно перекреплялась, а также проводились подрывки пород из-за большого пучения почвы.

Значительное уменьшение

пустот закрепного пространства за счет смещения пород можно заметить в подготовительной выработке, находящейся в зоне влияния очистных работ. На рис. 6 приведены размеры пустот закрепного пространства в кровле (линия 1) и боках (линия 2) выработки на расстоянии от 10 до 90 м впереди очистного забоя. На данном участке длиной  $L=90$  м заметное уменьшение пустот со 100 до 10 мм наблюдалось в кровле, т.е. в 10 раз, а в боках и в зоне узлов податливости уменьшение зазора закрепного пространства за счет смещений пород произошло с 200 до 120 мм, т.е. в 1,7 раза.

Можно отметить, что даже при интенсивном смещении пород кровли, пустоты в боках и в районе узлов податливости, не обеспечивали нормальных условий

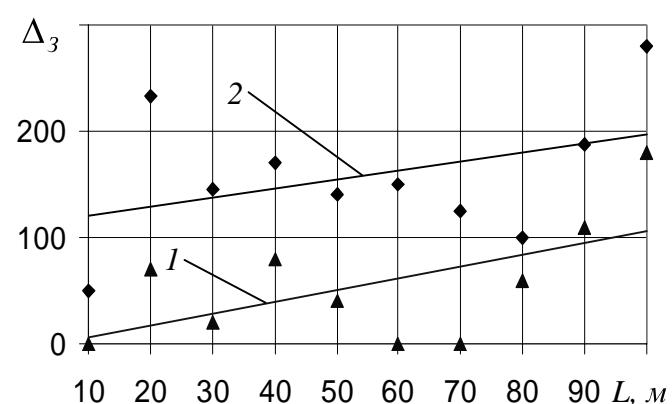


Рисунок 5 – Смещения элементов крепи в узлах податливости

работы крепи, поскольку высокая работоспособность крепи обеспечивается при заполнении закрепного пространства по всему контуру выработки, а пустоты равны  $\Delta_3 = 0$  мм.

Для проверки гипотезы о нормальном распределении статистической совокупности воспользуемся критерием Пирсона, основанного на

сравнении эмпирических и теоретических частот<sup>1</sup>. В результате расчетов для выработок, проведенных буровзрывным и комбайновым способом, гипотеза о нормальном распределении совокупности не подтвердилась. На графиках (рис. 7) приведена гистограмма зависимости количества случаев  $n$  для отдельных интервалов пустот  $\Delta_3$  к общему количеству замеров и усеченное логнормальное распределение (кривая 1).

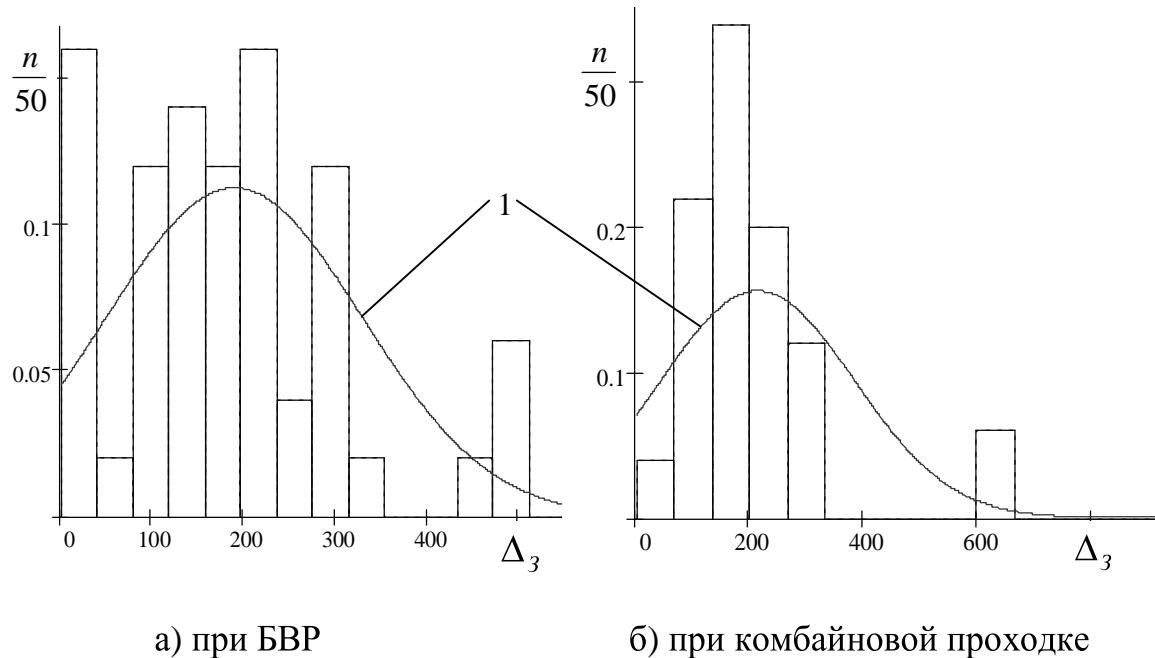


Рисунок 7 – Гистограмма и усеченное логнормальное распределение результатов замеров пустот

Полное заполнение пустот закрепного пространства встречается в 16% случаев при буровзрывном проведении выработки и в 4% - при комбайновом, когда идеальным является 100% заполнение пустот, т.е.

$$\frac{n}{50} = 1.$$

В результате проведенных шахтных замеров установлено:

1. Пустоты закрепного пространства превышают нормативные при буровзрывном способе в 1,7 раза, а при комбайновой выемке в 2 раза.
2. Закрепное пространство не заполнено забутовкой.
3. При комбайновой выемке средняя ширина пустот закрепного пространства превышает ширину пустот в выработке, пройденной буровзрывным способом, в 1,15 раза.

<sup>1</sup> Методика разработана асс. Диденко М.А. кафедры СГ и ГС ДонГТУ

4. Из-за отсутствия или плохого качества забутовки нарушаются проектные нормы по креплению выработок, существенно снижается грузонесущая способность крепи (в 2-5 раз).

Выражаю благодарность научному руководителю проф. Г.Г. Литвинскому за ценные советы по методике выполнения и обсуждения результатов работы.

### **Библиографический список**

1. *Вывалообразования в горных выработках шахт Донбасса / К.В. Кошелев, И.И. Бурма, Д.А. Герасимчук, О.К. Кошелев. – К.: Техника, 1994. – 135 с.*
2. *СНиП 3.02.03-84. Подземные горные выработки / Госстрой СССР. - М.: ЦИТИ Госстрой СССР, 1985. – 15 с.*
3. *Якоби О. Практика управления горным давлением: пер. с нем. – М.: Недра, 1987. – 566 с.*
4. *Повышение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт / И.Ю. Заславский, В.Ф. Компаниец, А.Г. Файвишенко, В.М. Клещенков. – М.:Недра, 1991. – 235 с.*

*Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Литвинским Г.Г.*