

УДК 622.831

## ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБА ОХРАНЫ УЧАСТКОВЫХ ВЫРАБОТОК ИСКУССТВЕННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ИЗ РЯДОВОЙ ПОРОДЫ С ОГРАНИЧИВАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

**Иванюгин А. А.**, студент гр. РПМ-13а,  
**Касьян Н. Н.**, д-р техн. наук, проф., науч. рук.,  
**Касьяненко А. Л.**, канд. техн. наук, доц.  
(ГОУВПО «ДОННТУ», г. Донецк, ДНР)  
[rpm@mine.donntu.org](mailto:rpm@mine.donntu.org)

*Приведены результаты исследований влияния параметров породных опорных сооружений, возводимых с использованием ограничивающих поверхностей на их нагрузочно-деформационную характеристику.*

**Ключевые слова:** способы охраны, металлическая сетка, породные охранные сооружения, нагрузочно-деформационная характеристика.

Одним из известных породных охранных сооружений, возводимых при малом объеме используемой породы, является конструкция, в которой породная стенка разделяется по высоте жесткими прокладками [1].

Как отмечалось в работе [2], существенным недостатком этого охранного сооружения является необходимость выравнивания породного слоя перед укладкой жестких прокладок. Для устранения этого технологического недостатка в работе предлагается в качестве ограничивающей поверхности породных слоев использовать гибкие прокладки – металлические сетки (рис. 1).

Это позволяет возводить породное охранное сооружение без выравнивания каждого породного слоя.

Жесткость породной стенки, разделенной по высоте прокладками, определяется компрессионными свойствами породного материала и величиной бокового подпора, который формируется силами трения по контакту породного материала с прокладками. При использовании в качестве гибкой разделительной прокладки металлической сетки величина бокового подпора

определяется силами трения, возникающими между породными фрагментами в слое (которые способны перемещаться) и кусками породы, которые находятся в ячейках сетки (неподвижные). Следует отметить, что при этом к силам трения, препятствующим расползанию породы в слое, добавляются силы, характеризующие зацепление между породными фрагментами, находящимися в слое и ячейках сетки.

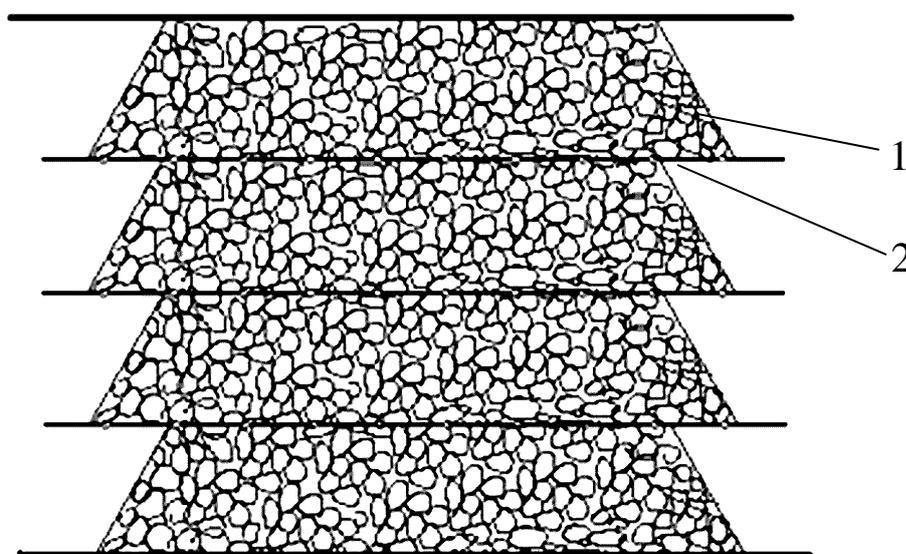


Рис. 1. Опорное сооружение с использованием разделительных прокладок с применением сетки: 1 – порода; 2 – сетка

Как установлено в работе [2] одним из существенных недостатков породного охранного сооружения, возводимого при разделении его по высоте жесткими прокладками, является его большая усадка, величина которой превышает 25 %. Такое положение объясняется на наш взгляд тем, что лабораторные испытания таких сооружений велись как отдельно стоящих конструкций, размеры которых соизмеримы с мощностью пласта.

В реальных условиях это конструкции в виде полосы. В отдельно стоящих породных конструкциях при нагружении происходит их деформирование в 3-х направлениях: по направлению нагружения и во взаимно перпендикулярных направлениях. В реальных условиях деформирование породного сооружения по линии его возведения (вдоль оси выработки) должно отсутствовать.

Целью лабораторных исследований являлось изучение влияния параметров породных опорных сооружений, возводимых с использованием ограничивающих поверхностей на их нагрузочно-деформационную характеристику. В ходе лабораторных испытаний исследовались опорные сооружения, ограничивающая поверхность которых представлена гибкими прокладками.

Все лабораторные исследования производились в лаборатории кафедры «Обогащение полезных ископаемых» ДонНТУ на гидравлическом прессе.

В качестве породы применялась мелкая щебенка. Гранулометрический состав породной фракции находился в пределах 2–5 мм.

Геометрический масштаб физических моделей 1:10. Для приближения условий испытаний охранных сооружений к реальным, отработка моделей осуществлялась с использованием специальной обоймы, имитирующей боковой отпор в охранном сооружении вдоль оси выработки.

Было отработаны три модели, в которых породная конструкция по высоте разделялась двумя, тремя и четырьмя сетками. При этом модель отработывалась для условий мощности пласта в натуре 1,1 м, что соответствует 110 мм в модели. При этом, мощность породных слоев была соответственно равной 37, 27 и 22 мм в модели. Количество слоев, на которые по высоте разделялась породная конструкция, было равным 3; 4; 5.

Сами лабораторные испытания моделей охранных сооружений, после их укладки, заключались в измерении абсолютных деформаций ( $\Delta h$ ) в зависимости от величины прикладываемой нагрузки ( $P$ ). Затем вычислялись относительные деформации ( $\Delta h/h_n$ ), где  $h_n$  – начальная высота охранного сооружения, и удельные деформации на единицу нагрузки между каждой ступенью нагружения от уровня нагрузки  $\Delta h/\Delta P = f(P)$ .

Во второй серии экспериментов было отработано две модели на специальном закрытом стенде с прозрачной боковой поверхностью. На этих моделях изучался механизм деформирования породного слоя между жесткими прокладками (типа древесины) и прокладками в виде металлической сетки. При отработке моделей измерялись абсолютные значения продольной ( $\Delta h$ ) и по-

перечной ( $\Delta\ell$ ) деформаций породного слоя. Затем вычислялись относительные деформации  $\Delta h/h_n$  и  $\Delta\ell/\ell_n$ .

На рис. 2 показано состояние одной из моделей в процессе формирования охранного сооружения (а) и в процессе ее испытания (б).



Рис. 2. Лабораторные исследования модели в процессе формирования: а) охранного сооружения; б) испытания

На рис. 3 приведены графики относительных и удельных деформаций испытываемых конструкций по трем моделям, соответственно, 1, 2, 3 и 1', 2', 3'. Их анализ показывает, что при нагружении моделей с 2-мя и 3-мя сетками (разделение по высоте на 3 и 4 слоя) от 1 кН до 2 кН (кривые (1) и (2)) наблюдается незначительный рост относительных деформаций породных конструкций от 5,5 до 8 и от 2,5 до 4,4 % соответственно. При этом величина удельных деформаций составляет соответственно 6–3 и 3–2 мм/кН. При дальнейшем нагружении до 9 кН величина относительных деформаций для моделей №1 и №2 составили, соответственно 16,2 и 12,4 %, что является неплохим показателем.

При нагружении модели № 3 (четыре сетки, пять слоев) до величины 2 кН величина относительной деформации (3) соответственно составила 1,4 %. При дальнейшем нагружении модели до 9 кН величина относительной деформации охранного сооруже-

ния составила 8,7 %. В последнем случае соотношение между толщиной породного слоя и его шириной составило 1:5.

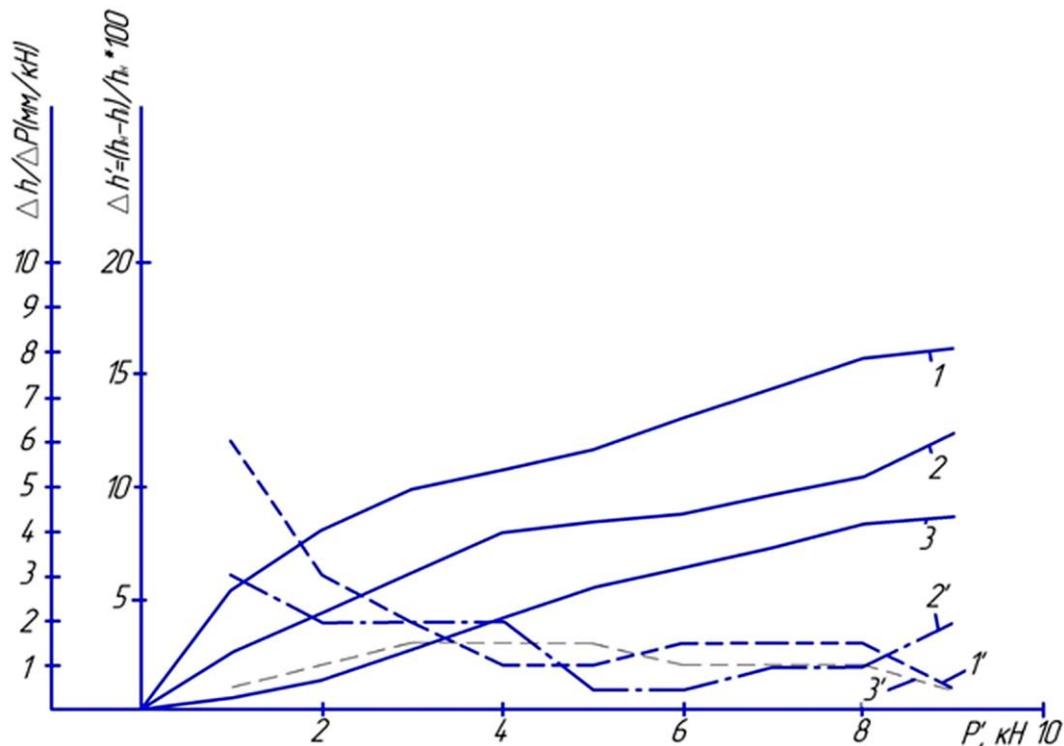


Рис. 3. Зависимость относительных и удельных деформаций от величины прикладываемой нагрузки: 1 – две сетки; 2 – три сетки; 3 – четыре сетки

Полученные результаты свидетельствуют о том, что создание даже минимального бокового подпора способствует быстрому формированию несущего ядра и уменьшению усадки конструкции.

Таким образом, на основании выполненного в работе анализа способов охраны выемочных выработок, установлено, что в условиях сложной экономической ситуации в ДНР наиболее рациональным способом охраны является искусственное сооружение из рядовой породы с использованием ограничивающих поверхностей. Одним из вариантов такого способа охраны является породное сооружение, возводимое при малом объеме используемой породы, в котором породная стенка разделяется по высоте гибкими прокладками (сетка). Результаты ранее выполненных лабораторных исследований данного охранного сооружения, как отдельно стоящей конструкции, показали, что его усадка составляет более 25 %.

Выполненные в настоящей работе лабораторные исследования охранного сооружения как полосовой конструкции (наличие бокового) позволили установить следующее:

- при разделении породной конструкции по высоте на 3 слоя (2 сетки) его усадка составила 16,2 %;
- при разделении породной конструкции по высоте на 4 слоя (3 сетки) – 12,4 %;
- при разделении породной конструкции по высоте на 5 слоев (4 сетки) – 8,7 %.

Исследования механизма формирования несущего ядра в породном слое показали, что использование сетки в качестве прокладки значительно уменьшает продольные и поперечные деформации породного слоя за счет увеличения сил сцепления и внутреннего трения внутри породной конструкции.

### Библиографический список

1. Бондаренко, Ю. В. Определение параметров управления сопротивлением породных опор [Текст] / Ю. В. Бондаренко // Изв. вузов Горный журнал. – 1990. – № 6. – С. 24–27.
2. Способы повышения жесткости породных опор [Текст] / В. Д. Иващенко, В. Н. Артамонов, И. Н. Кузык, М. В. Сердюченко // Изв. вузов Горный журнал. – 1994. – № 3. – С.50–52.

**Ivanugin A. A., Kasyan N. N., Kasyanenko A. L.**

(SEI HPE «Donetsk national technical university», Donetsk, DPR)

### **RESEARCHES OF SUPPORT METHOD MINING TUNNEL BY MADE STRUCTURES FROM USUAL ROCKS WITH LIMITING ELEMENTS**

*The results of studies of the influence of parameters of rock support structures created with the use of limiting surfaces on their load-deformation characteristics are given.*

**Keywords:** support methods, metal mesh, rock support structures, load-deformation characteristic.