

УДК 622.83:622.272.3:622.268.6

**С.Г. НЕГРЕЙ (канд.техн.наук., доц.)**

Донецкий национальный технический университет, г.Донецк

### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПОРОДНЫМИ СТОЙКАМИ**

Предложен эффективный ресурсосберегающий способ охраны подготовительных выработок отдельностоящими породными стойками с оставлением между ними компенсационных полостей. Обоснованы параметры данного способа на основании результатов проведенных лабораторных исследований. Установлено, что его внедрение позволит: существенно уменьшить необходимый объем породы, обеспечить устойчивость пород кровли за счет уменьшения податливости охранной конструкции до 22% и уменьшить смещения пород почвы выработки за счет оставления компенсационных полостей.

**Ключевые слова:** поддержание горных выработок, способ охраны, рядовая порода, породная стойка, компенсационная полость, структурное моделирование.

**Постановка проблемы.** С усложнением условий отработки угольных пластов на шахтах Украинского Донбасса особо актуальным становится вопрос поддержания подготовительных выработок, особенно в условиях временного влияния очистных работ позади лав, где происходят значительные смещения пород, которые обусловлены в основном выемкой пласта полезного ископаемого и перестановкой ножек арочной крепи выработок. На этом участке выработки достаточно высокие требования предъявляются к средствам охраны и от характеристик охранного сооружения зависит характер и величина смещений контура выработки.

Применяемые в настоящее время средства охраны выработок позади лав на основе податливых ограждений (бутовые полосы, костры, бутокостры) после установки практически не имеют начального распора и начинают противодействовать опусканиям пород кровли только после значительной усадки, достигающей 30-50% от вынимаемой мощности пласта. Плавное опускание кровли на этом участке (до образования заколов над опорой) приводит к увеличению опорного давления, в результате чего и возрастает конвергенция пород в выработках [1]. При применении охранных сооружений с небольшой податливостью смещения в выработках существенно меньше. Они наиболее эффективны на наиболее ответственном участке выработки - на ее сопряжении с отрабатываемой лавой, где происходит 25-50% смещений, зафиксированных за весь срок существования выработки, где величина и скорости смещений пород зависит от жесткости охранной конструкции и времени вступления ее в работу [1]. Жесткие охранные сооружения (литой полосой, тумбами БЖБТ) достаточно дорогостоящие и поэтому не могут применяться на большинстве угольных предприятий. Поэтому одной из основных задач горной науки является разработка эффективных и недорогих средств охраны подготовительных выработок, способных обеспечивать начальное сопротивление породам кровли позади лавы сразу же после их сооружения.

**Цель статьи.** Целью данной статьи является создание новых или совершенствование известных способов охраны подготовительных выработок, предусматривающих использование рядовой породы, применение которых позволят обеспечить эксплуатационное и безопасное состояние данных выработок.

**Основная часть.** Наиболее дешевыми по материальным затратам являются способы, предусматривающие использование рядовой породы. И, несмотря на то, что являются одними из наиболее трудозатратных, обладающих наибольшей податливостью, они и самые распространенные. Достаточно эффективными и малозатратными являются технологии с использованием рядовой породы, заключенной в различные емкости, имеющими малую стоимость или являющиеся вторичным сырьем. Стоит отметить способ охраны породными стойками, при котором обеспечивается достаточная несущая способность охранного сооружения и допустимая податливость, а обеспечение ограниченной податливости этого сооружения является достаточно эффективным мероприятием по обеспечению устойчивости выработки [2, 3].

Возведение опорных элементов из мешков с породой и армированных бутовых полос предусматривает их ленточное размещение вдоль выработки в непосредственной близости к

ней и увеличение их жесткости приводит к увеличению выдавливающего эффекта в сторону выработки. То есть данный способ, как и большинство других охранных конструкций, рано или поздно начинают работать как штамп, из-под которого под действием горного давления выдавливаются породы в выработку [3, 4]. Причем данное явление наблюдается как при способах охраны бутовой, так и литой полосой.

Поэтому заслуживает внимания способ охраны жесткими сооружениями с компенсационными полостями [4], при котором вдоль выработки сооружаются жесткие опоры в форме прямоугольного параллелепипеда с ориентацией своей большей боковой гранью перпендикулярно продольной оси выработки, а между ними оставляются полости. За счет того, что смещения пород, подстилающих опоры, происходит по большей стороне основания, то есть непосредственно в эти полости, чем достигается уменьшение смещений пород почвы выработки.

По нашему мнению, обеспечить эксплуатационное состояние подготовительных выработок возможно применением дешевых способов, основанных на использовании рядовой породы и ограничивающих поверхностей, но при условии, что их конструкции предусматривали бы перенаправление выдавливающей сил в выработанное пространство или специальные полости с целью минимизации смещений в охраняемой выработке.

Поэтому предлагается несколько относить от выработки в выработанное пространство данные охранные сооружения [5] или применять способ охраны с компенсационными полостями [4], но с опорами из рядовой породы с ограничивающими элементами. В качестве ограничивающих элементов могут быть как мешки [3], так и автомобильные шины [6], возможно комбинированное применение с различными стойками, элементами крепи, армирование породных объемов деревянными, металлическими стержнями [7], листовым металлом [8] или сеткой [9] и т.д.

Нами рассматривался способ охраны породными стойками с компенсационными полостями, как наиболее дешевый и технологичный при сооружении, который предусматривает выкладку опор ограниченных размеров перпендикулярно продольной оси выработки (рис. 1).

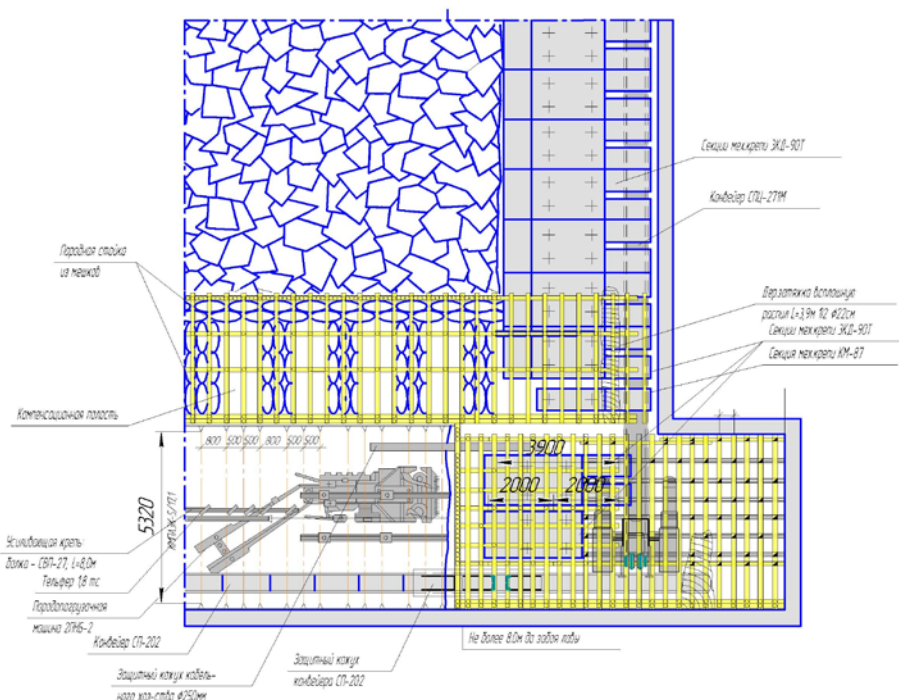


Рис. 1. Схема крепления концевого участка лавы породными стойками с оставлением компенсационных полостей

Породные стойки в предложенной технологической схеме крепления концевого участка лавы предлагается выкладывать из мешков, заполненных рядовой породой. Учитывая тот факт, что до сих пор породные стойки рассматривались как ленточное охранные сооружение, возводимое вдоль продольной оси выработки, и не рассматривались как отдельностоящие опоры, то

вызывает сомнение возможность обеспечения устойчивости этих опор и обеспечения охранного эффекта при их применении.

Проектировалось размещение отдельностоящих опор из мешков с породой с определенным шагом вдоль оси выработки. Эти опоры в плане должны иметь форму прямоугольника, причем наибольшая его сторона должна быть перпендикулярна оси выработки. Соотношение длины и ширины отдельной опоры должно быть не менее чем 2:1. Если это соотношение будет меньше, чем 2:1, будет наблюдаться пучение пород почвы выработки, а большее – будет экономически не целесообразным. Ширина полостей должна быть равна от 54 до 200% от ширины породных опор, так как если ширина полости будет меньше 50% от ширины опоры – породы подстилающие опору будут выдавливаться в выработку, а более 200% – будет наблюдаться потеря устойчивости пород кровли. При этом, стоит отметить, компенсационные полости должны быть закреплены деревянными стойками, как при традиционной схеме крепления концевой участка лавы для предотвращения вывалов и обеспечения безопасности работ. Данные параметры были нами установлены экспериментально при применении способа охраны с компенсационными полостями [4].

Для установления возможности применения породных стоек как обособленных опор и определения параметров данного способа охраны (схемы выкладки мешков, фракционный состав рядовой породы в мешке, размеры мешков) нами было проведено лабораторные испытания. Для этого на прессе испытывались тканевые мешки, наполненные рядовой породой, при разном их количестве и различных схемах размещения по отношению друг к другу.

Был принят метод структурного моделирования, так как его применение позволяет достаточно полно исследовать механические процессы, происходящие в породной конструкции.

Согласно требованиям моделирования и с соблюдением условий подобия [10] был принят масштаб моделирования 1:10. Были изготовлены тканевые мешки диаметром 40мм и глубиной 100мм, которые наполнялись рядовой породой (алевролитом) с различным фракционным составом.

Одинаковые условия засыпки мешков позволили нам моделировать различные схемы породных стоек с одинаковыми плотностными характеристиками.

Поочередно на пресс параллельно вплотную друг к другу выкладывались от 1 до 4 мешков в один, два и три слоя, после чего они пригружались. После этого определялась усадка возведенных конструкций с различными схемами выкладки породных опорных элементов.

Результатом моделирования было установление зависимостей податливости возведенных конструкций от величины нагрузки с учетом крупности породных отдельностей в мешках (рис. 2).

Из рисунка 2 следует, что с увеличением количества мешков в слое податливость конструкции уменьшается в 1,7-3 раза в зависимости от крупности фракций. При меньшей фракции диапазон варьирования податливости уже, что объясняется меньшей подвижностью породных отдельностей внутри мешков вследствие меньшей пустотности.

Основная доля усадки конструкций (до 53%) реализуется при приложении нагрузки до 1т (рис. 3а), в дальнейшем скорость усадки уменьшается, что свидетельствует об интенсивном уплотнении породного материала на начальном этапе. Отсюда следует, что опоры стоит выкладывать из мешков с предварительно уплотненным материалом для обеспечения скорейшего включения в работу данных сооружений. Уплотнение рядовой породы в мешках, возможно, достичь при помощи динамических нагрузок (сжатие на прессе), вибрацией (утрамбовка мешков на специальных виброустановках).

Кроме того, при всех равных условиях, чем больше размер слагающих отдельностей, тем меньше податливость опоры (рис. 3б). А при различном количестве мешков по высоте стойки относительная величина усадки практически не изменяется (рис. 4а), увеличение же количества мешков в слое существенно влияет на уменьшение усадки всей конструкции, причем наилучший эффект при многослойной обеспечивается при ориентации мешков перпендикулярно выше- и нижележащим (рис. 4б).

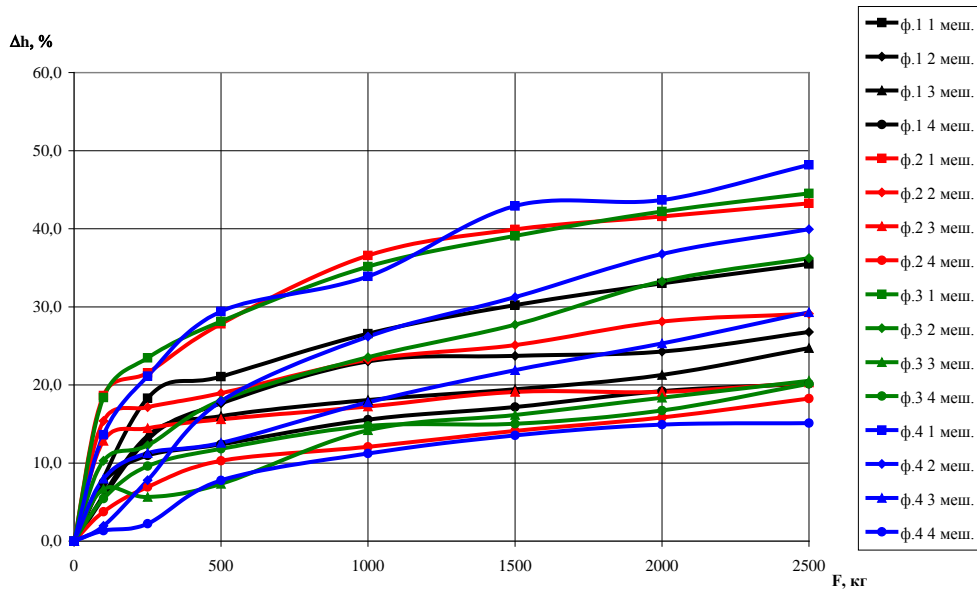


Рис. 2. Зависимость величины усадки породных стоек от величины нагрузки при различном количестве мешков и различном фракционном составе вмещающих их породных отделиностей

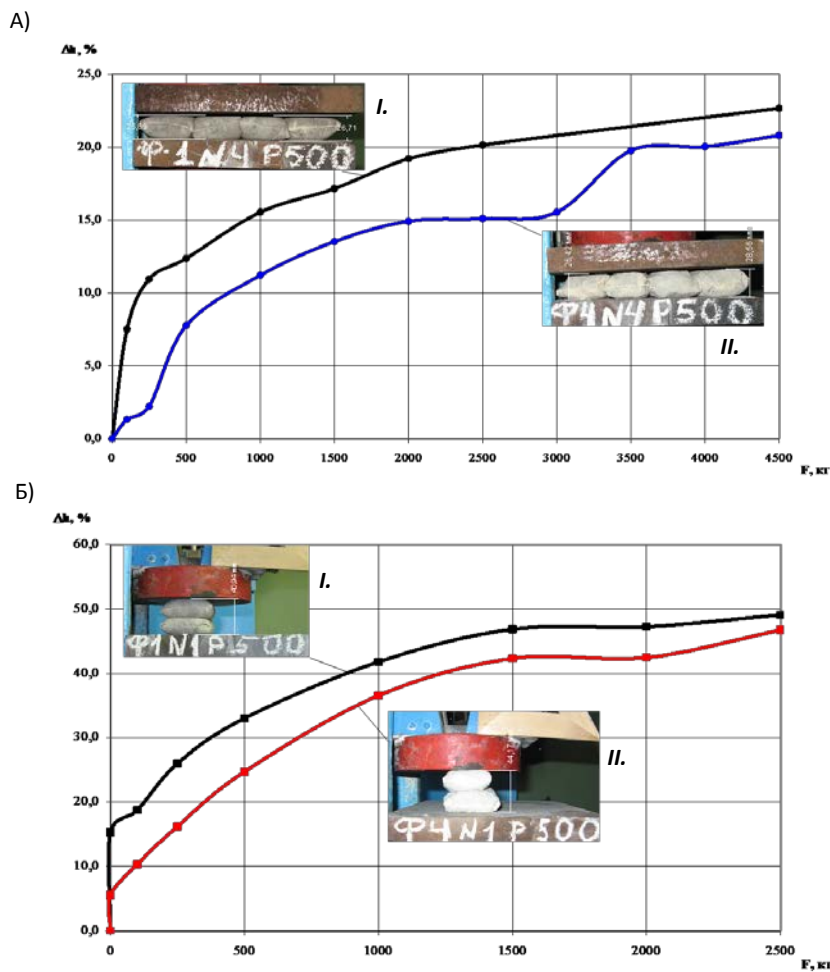


Рис. 3. Зависимости величины усадки однослойных из 4-х мешков (А) и двухслойных породных стоек (Б) от величины нагрузки при различном фракционном составе породных фракций (с фракциями I- от 0,01 до 1,5 и II- от 5,1 до 10мм)

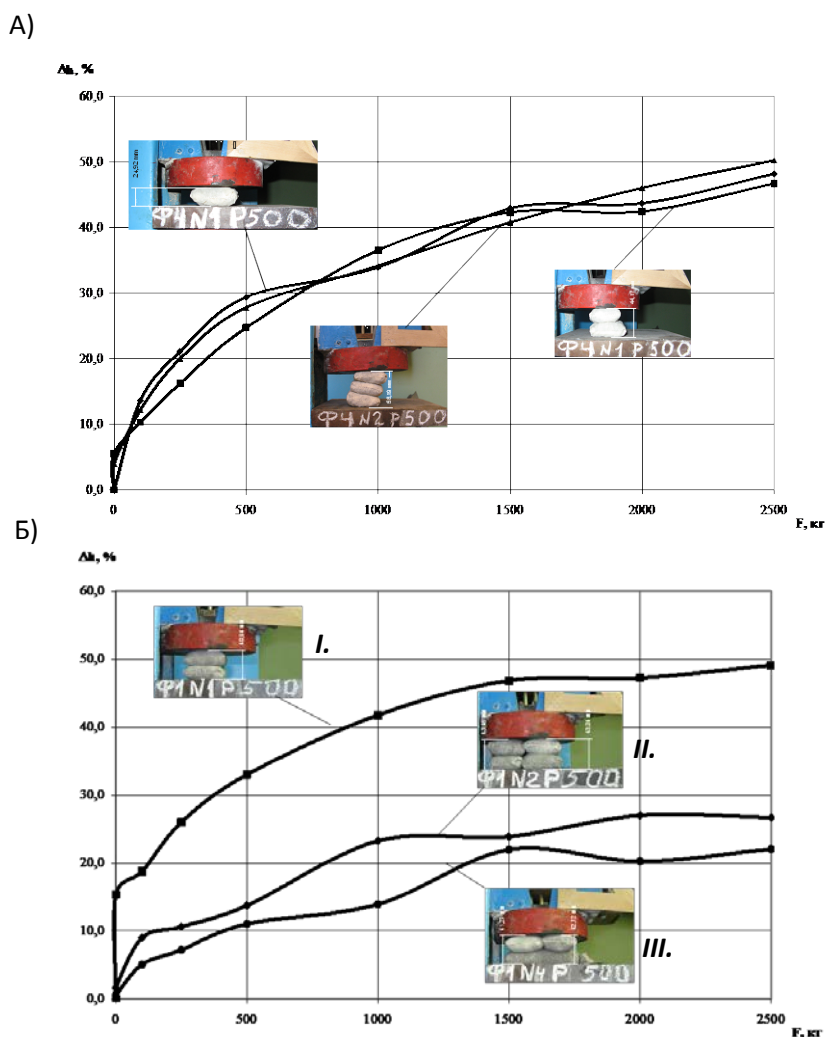


Рис. 4. Зависимость величины усадки породных стоек от величины нагрузки при различном количестве мешков по высоте охрannого сооружения (А) и при их различных конструкциях (Б)

**Выводы.** В результате проведенных исследований было предложено применение способа охраны обособленными породными стойками с компенсационными полостями с целью обеспечения эксплуатационного состояния подготовительных выработок. Сущность способа заключается в том, что позади очистного забоя на границе выемочной выработки с выработанным пространством выкладываются с определенным шагом вдоль оси выработки отдельностоящие охранные конструкции (породные опоры) из мешков, заполненных породой. Эти конструкции в плане должны иметь форму прямоугольника, ориентированного наибольшей стороной перпендикулярно оси выработки, у которого соотношение длины к ширине должно быть не менее чем 2:1. Ширина полостей должна быть равна от 54 до 200% от ширины породных опор.

На основании результатов лабораторных исследований установлено, что податливость данных конструкций будет составлять 15–48% в зависимости от крупности слагающих пород и схемы выкладки мешков в опоре. И, чем больше размер слагающих отдельностей, тем меньше податливость опоры. Основная доля усадки (до 53%) породных стоек реализуется при приложении нагрузки до 1т, а в дальнейшем скорость усадки уменьшается, что обуславливает необходимость уплотнения породы в мешках перед их закладкой в опору. При различном количестве мешков по высоте стойки относительная величина усадки практически не изменяется, увеличение же количества мешков в слое и послойная их укладка перпендикулярно друг другу существенно влияет на уменьшение податливости всей конструкции.

**Список использованной литературы**

1. Андрощук Н.В. Совершенствование способа охраны повторно используемых подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ // Автореф. канд.техн.наук, сп-ть 05.15.02.– Санкт-Петербург, 1997.- 21с.
2. Спосіб охорони підготовчих виробок. Касьян М.М., Фельдман Е.П., Хазіпов І.В., Негрій С.Г. Мокрієнко В.М. Пат. № 54012, МПК(2011.01) E21D 15/00, опубл. 25.10.2010; 25.10.2010, бюл. № 20– 4 с.
3. Хазіпов И.В. Разработка способов создания искусственных породных сооружений для охраны повторно-используемых выработок. Дисс... канд. техн. наук: 05.15.02. - Д.: ДонНТУ, 2009. – 160с.
4. Спосіб охорони гірничих виробок. Касьян М.М., Негрій С.Г., Мокрієнко В.М., Хазіпов І.В. Пат. № 94327, МПК(2011.01) E21D 11/00 (2006.01), E21C 41/18 (2006.01), опубл. 26.04.2011; 26.04.2010, бюл. № 8– 6с.
5. Стуліщенко О.Ю. Прогнозування зближень порід контуру, проведених слідом за лавою підготовчих виробок на пологих пластах // Автореф. дис... канд. техн. наук, сп-ть 05.15.02 / Донец. нац. техн. ун-т. — Донецьк, 2002. — 17 с.
6. Ефименко А.А. Околштрековая охранная полоса из автомобильных шин / Ефименко А.А. // Уголь Украины. – 1998. – с. 13-14.
7. А.с. СССР № 343048 А1, М.Кл.5 E21 d11/18. Крепь подготовительных выработок / А.С. Диманштейн, Г.А. Катков, С.С. Уайспеков – Заявлено 04.05.1971г.; Опубл. 22.06.1972р., Бюл. №20– 2с.
8. А.с. СССР №1701920 А1, М.Кл.5 E21 C41/20, 41/18. Способ возведения боковой полосы / Ю.В. Бондаренко, А.Ю. Макеев, В.И. Теличко, К.Ф. Сапицкий.– Заявлено 12.02.1990г.; Опубл. 30.12.1991р., Бюл. №48– 2с.
9. Негрей С.Г. О возможности увеличения несущей способности боковых полос // Вісті Донецького гірничого інституту. Донецьк, 2011, №1, С. 179-184.
10. Сучасні проблеми проведення та підтримання гірничих виробок глибоких шахт / Під заг.ред. С.В.Янко.– Донецьк: ДУНВГО, 2003.– 256 с.

*Надійшла до редакції 08.05.2014*

Негрій С.Г.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ПОРОДНИМИ СТІЙКАМИ**

Запропоновано ефективний ресурсозберігаючий спосіб охорони підготовчих виробок породними стійками, що окремо стоять, та залишенням між ними компенсаційних порожнин. Обґрунтовано параметри даного способу на підставі результатів проведених лабораторних досліджень. Встановлено, що його впровадження дозволить: істотно зменшити необхідний об'єм породи, забезпечити стійкість порід покрівлі за рахунок зменшення податливості охоронної конструкції до 22% і зменшити зміщення порід підшви виробки за рахунок залишення компенсаційних порожнин.

Ключові слова: підтримання гірничих виробок, спосіб охорони, рядова порода, породна стійка, компенсаційна порожнина, структурне моделювання.

Negrey S.

**ENHANCEMENT THE TECHNOLOGY OF MAINTENANCE MINE WORKINGS USING ROCKS RACKS**

Effective resource-saving the method of protection of development workings free-standing rock stoop leaving between there compensatory cavities was offered. The parameters of this method on the basis of the results of laboratory tests were justified. Its use will enable: the required volume of rock significantly reduce, roof rock stability by decreasing the compliance of the security design of up to 22% provide and soil rock displacement generation due to the abandonment of compensatory cavities reduce.

Keywords: maintenance of mine workings, way to protect, ordinary rock, rock stoop, compensation cavity, structural modeling.