

via mine surveying instrumental observations of surface shifting in the Western Donbass.

**Methodology.** Mining-and-geological conditions of undermined observation stations were different: the depth of the extraction was 100–550 meters, thickness of extracted seams was 0.7–1.2 meters, overburden thickness was 50–200 meters, and inclination of seams was 2–5°. Based on the results of instrumental observations after the surface shift on the profile lines (22 cases), the maximal values of horizontal and vertical displacement were set.

**Findings.** It was set that the maximal surface vertical displacement linearly depends on the thickness of extracted coal seam. But the similar dependence between the thickness of the seam and maximal horizontal displacements was not established. This testifies that the correlation of the vertical and horizontal displacements does not submit the law of proportions. There is an opinion that the sizes of horizontal displacement depend on the overburden thickness. But dependence between these values at the considerable change of the thickness of

covering rocks in the Western Donbass coal region was not discovered. The analysis of the maximal horizontal displacements, the overburden thickness and the depth of development showed that there was dependence between them at separate considerations in the main sections of trough. The location of profile line in relation to direction of longwall movement influences the sizes of maximal horizontal displacement.

**Originality.** It was found out that correlation of the maximal horizontal and vertical displacement is inconstant within the limits of a trough.

**Practical value.** The results of the research will allow developing the method of determination of the horizontal displacements and deformation for the conditions of the coal seams extraction in the Western Donbass.

**Keywords:** *observant station, surface subsidence, trough, horizontal displacements, longwall*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук А.М. Роєнком. Дата надходження рукопису 05.09.11*

УДК 622.281.6

**В.В. Фомичёв, канд. техн. наук,  
В.Ю. Медяник, канд. техн. наук,  
А.И. Скитенко, М.В. Снигур**

Государственное высшее учебное заведение  
„Национальный горный университет“, г. Днепропетровск,  
Украина, e-mail: fomichov@inbox.ru

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЗИНО-ВОЗДУШНОЙ АРМИРОВАННОЙ КРЕПИ

**V.V. Fomichev, Cand. Sci. (Tech.),  
V.Yu. Medyanik, Cand. Sci. (Tech.),  
A.I. Skitenko, M.V. Snigur**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,  
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: fomichov@inbox.ru

## PROSPECTS OF APPLICATION AND CONSTRUCTIVE FEATURES OF RUBBER-AIR REINFORCED LINING

**Цель.** Создание новых технологических систем поддержания пластовых горных выработок на шахтах Западного Донбасса.

**Методика.** В процессе эксплуатации подготовительных выработок используется рамная и рамно-анкерная крепь. Разработка новых типов крепи путем твердотельного моделирования и численного анализа позволяет автоматизировать процесс обеспечения охраны подготовительных выработок.

**Результаты.** Созданная крепь позволяет снизить трудоемкость работ по установке и демонтажу несущих конструкций, применяемых для охраны подготовительных выработок в условиях шахт Западного Донбасса.

**Научная новизна.** Реализован комплексный подход к обеспечению устойчивости выработки путем применения универсальной несущей системы, обеспечивающей согласование с основными технологическими процессами в шахте.

**Практическая значимость.** Монтаж, демонтаж и повторное использование крепи требует высокого уровня подготовки рабочих проходческих бригад. Затраты на эксплуатацию такого вида крепи относительно высоки, а эффективность низкая. Использование данной крепи позволяет снизить себестоимость эксплуатации погонного метра подготовительной выработки до 30% и повысить культуру производства на шахтах Западного Донбасса.

**Ключевые слова:** *комбинированная крепь, конструкция, эксплуатация выработки, технология применения, резина*

При добыче угля на шахтах Западного Донбасса одной из важных составляющих его себестоимости являются затраты на поддержание пластовых выработок. Разнообразии горно-геологических факторов, влияю-

щих на устойчивость выработок шахт данного региона, не позволяет с одинаковым успехом применять во всех случаях один и тот же тип крепи. Резино-воздушная армированная крепь (РВАК) объединяет в себе полезные технологические характеристики разных типов крепи. Применение этой крепи позволяет значительно

снизить влияние на устойчивость выработки большого числа горно-геологических факторов.

Добыча угля шахтным способом требует проведения большого числа горных выработок. В современных шахтах Украины общая длина поддерживаемых выработок одной шахты может превышать сто и более километров. Относительно незначительную часть в этом объеме составляют капитальные выработки. Поэтому поддержание временных выработок становится одной из основных задач, решение которой в значительной степени влияет на себестоимость добываемого угля [1].

При поддержании пластовых выработок на шахтах Западного Донбасса в основном применяют рамную и рамно-анкерную крепь, основанную на различных технических решениях. Однако в ряде случаев применение классических компоновок крепи в пластовых выработках не дает ожидаемого эффекта, что приводит к значительному росту затрат на проведение проходческих работ, в связи с подорожанием цены на металл, поддержание уже пройденных выработок [2, 3].

Причины, по которым эффективность применения крепи, основанной на классических технологических решениях, можно разделить на несколько групп: первая – отклонения параметров возводимой крепи от параметров крепи, указанных в технической документации; вторая – технические особенности отдельных элементов крепи; третья – горно-геологические особенности породного массива; четвертая – локальные нарушения в структуре породного массива.

**Конструктивные элементы резино-воздушной армированной крепи.** Физически РВАК представляет собой армированный металлической решеткой резиновый блок (рис. 1), в дальнейшем называемый модулем. Логически модуль состоит из двух частей. Первая часть обеспечивает общую жесткость крепи и обмен усилиями между соседними модулями. Вторая обеспечивает податливость и устойчивый контакт крепи с поверхностью выработки. Физически в крепи первая часть представлена металлической решеткой и жесткой резиновой плитой, а вторая часть состоит из баллона ячеистой структуры, выполненного из не горючей резины различной жесткости.

Основным несущим элементов модуля РВАК является металлическая решетка. Изменяемыми характеристиками этой решетки являются диаметр металлического прута и ширина квадратной ячейки (прототип автомобильного ската). Решетка при помощи вулканизации размещается внутри квадратного резинового блока. По периметру данного блока выполнен профиль, используемый как элемент замка при объединении отдельных элементов крепи в общую несущую конструкцию (рис. 2). К переменным характеристикам этого блока относятся длина стороны, толщина и профиль бокового сечения.



Рис. 1. Общий вид отдельного модуля РВАК

К тыльной части резинового блока примыкает воздушный баллон. Баллон реализован в виде набора ячеек квадратного сечения. Нижняя открытая часть баллона примыкает к жесткой резиновой плите. Верхняя часть при монтаже крепи должна примыкать к поверхности горного массива, поэтому состоит из плотной жесткой резины, которая может быть усилена мелким металлическим кордом. Средняя часть баллона обладает высокой эластичностью и, в ходе эксплуатации модуля крепи, испытывает наибольшие гиперупругие деформации.

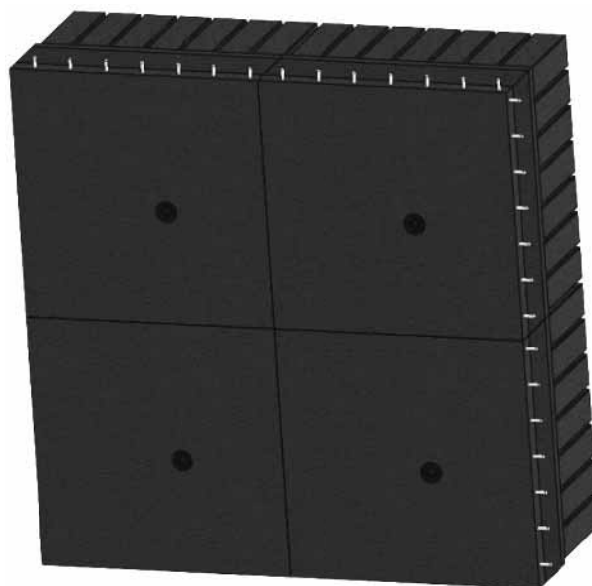


Рис. 2. Пример объединения 4-ех модулей резино-воздушной армированной крепи

Непосредственно в жестком резиновом блоке размещается воздушный клапан, который используют для закачивания воздуха в баллон модуля РВАК. Этот клапан снабжен визуальным трехуровневым индикатором давления воздуха. Каждый уровень ин-

дикатора определяет одно из состояний воздушного баллона крепи: низкий уровень внутреннего давления; нормальное давление (соответствует техническим условиям); избыточное давление. При определенных условиях эксплуатации данный клапан обеспечивает сброс избытка воздушной смеси из баллона крепи. Используя этот воздушный клапан, в любой момент времени, рабочий может изменить давление воздуха внутри баллона.

Выбор конечной конфигурации модуля РВАК основывается на системе математических выражений, решение которых позволяет получить совокупность допустимых значений для всех изменяемых характеристик крепи. Для конкретных горно-геологических условий фрагмент возведенной крепи может выглядеть как на рис. 2. В данном случае внутреннее сечение выработки имеет вид прямоугольника. Окружающие выработку породы сильно обводнены и обладают развитой трещиноватостью. Расположение выработки в горном массиве таково, что крепь должна воспринимать значительные статические нагрузки.

Структура баллона модуля крепи состоит из 49 ячеек, размер которых соответствует среднему шагу трещиноватости пород горного массива, примыкающих к контуру выработки. Высота ячеек равна пяти сторонам квадрата, образующего поперечное сечение ячейки. Этот выбор обусловлен двумя особенностями: значительной обводненностью горного массива и величиной статических нагрузок, действующих на крепь. Таким образом, решаются следующие задачи: поддержание сплошности контакта крепи и пород; обеспечение водоотвода без выброса воды в выработку; сглаживание избыточного локального давления по всему поперечному сечению выработки.

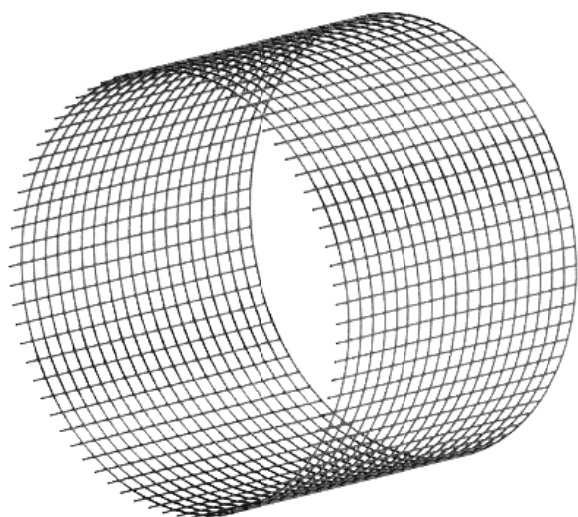


Рис. 3. Внутренний силовой каркас крепи, собранной из модулей резино-воздушной армированной крепи, в выработке с круговым поперечным сечением

Формирование рабочего сечения выработки при помощи модулей РВАК производится за счет элементов силового каркаса. Форма силового каркаса для выработки кругового сечения представлена на рис. 3. Как видно, в результате объединения нескольких модулей РВАК образуется несущая сеть, форма которой близка к идеальной. При этом, благодаря перераспределению усилий в воздушных баллонах крепи, эта сеть практически равномерно нагружена. Это повышает ее общую конструктивную устойчивость. Жесткие резиновые блоки повышают ее сопротивляемость локальным поперечным перемещениям элементов силового каркаса крепи.

Таким образом, отдельные элементы модуля РВАК обеспечивают конкретные характеристики крепи: силовой каркас – отпор горному давлению, поддержание сечения выработки; баллоны – передача и выравнивание усилий, общую податливость крепи. Кроме основных характеристик, присущих только классическим типам временных крепей, данная крепь может использоваться для решения таких задач как борьба с водопритокком и т.п.

**Достоинства и недостатки резино-воздушной армированной крепи.** Оценить необходимость применения того или иного типа крепи можно только после проведения сравнительного анализа. Такой анализ основывается на сравнении достоинств и недостатков выбираемых типов крепи с учетом особенностей среды, в которой эти крепи должны функционировать.

**Достоинства.** Повышение культуры производства при применении модулей РВАК достигается за счет системы ее монтажа. Фактически невозможно возвести эту крепь на протяжении 1–2 метров без точной посадки один в один отдельных модулей. Применение байонетного замка позволяет объединить модули РВАК быстро и с соблюдением высокого качества контакта.

Благодаря конструктивным особенностям крепи распределение внешней нагрузки происходит не только по сечению выработки, но и вдоль нее. Это, в ряде нарушений целостности горного массива на контуре выработки, позволяет снизить концентрацию усилий на одном элементе крепи путем распределения внутренних напряжений по всему силовому каркасу РВАК.

И наконец, еще одним достоинством крепи РВАК является возможность с помощью ее модулей удержания и целевого отведения шахтных вод. В случаях высокой обводненности, благодаря техническим особенностям баллонов модулей РВАК, становится возможным управлять процессом фильтрации и накопления шахтных вод при сохранении основных технологических характеристик крепи РВАК вдоль всей поддерживаемой выработки.

**Недостатки.** Основным недостатком РВАК является относительно высокая себестоимость производства модулей. Это связано с применением резины, химический состав которой должен обеспечивать сопротивление материала крепи высокотемпературному возгоранию. Кроме того, отдельные элементы модуля крепи обладают различными характеристиками по прочности

и эластичности, что, в свою очередь, также увеличивает себестоимость отдельного модуля.

В ходе эксплуатации модулей нужно постоянно вести наблюдение и проводить контрольные замеры по давлению воздуха в баллонах отдельных модулей. Изменения состояния горного массива, окружающего выработку, могут вызывать значительные деформации и перераспределение напряжений по контуру выработки. При этом давление в баллонах отдельных модулей РВАК может изменяться либо в сторону возрастания, либо в сторону убывания. Такие изменения приводят к снижению качества контакта между контуром выработки и силовым каркасом РВАК. Поэтому, в таких случаях необходимо восстанавливать заданное техническими условиями давление в баллонах крепи.

**Выводы.** Сложные горно-геологические условия, характерные для шахт Западного Донбасса, создают ряд проблем при обеспечении устойчивости временных горных выработок. Резино-воздушная армированная крепь позволяет избежать возникновения большей части проблем, связанных с поддержанием пластовых выработок. Ее конструктивные особенности дают возможность повысить культуру производства, снизить стоимость поддержания одного погонного метра временной выработки и, в ряде случаев, позволяет увеличить срок эксплуатации выработок.

#### Список литературы / References

1. Усаченко Б.М. Охрана подготовительных выработок глубоких шахт Западного Донбасса: Обзор / Усаченко Б.М. Кириченко В.Я., Шмиголь А.В. // ЦНИИУголь. – М., 1992.

Usachenko, B.M., Kirichenko, V.Ya. and Shmigol, A.V. (1992), "Development working protection in deep mines in the Western Donbass: Review", *CNIEI-ugol*, Moscow.

2. Мельников Н.И. Проведение и крепление горных выработок / Мельников Н.И. – Недра, 343 с.

Melnikov, N.I. *Provedeniye i krepneniye gornykh vyrobotok* [Drifting and Timbering of Mine Tunnels], Nedra, Moscow, Russia.

3. Фармер Я. Выработки угольных шахт / Фармер Я. [Пер. с англ. Е.А. Мельников] – Недра, 1990. – 269 с.

Farmer, I. (1990), *Vyrobotki ugolnykh shakht* [Coal Mine Structures], Translated from English by Melnikov, Ye.A., Nedra, Moscow, Russia.

**Мета.** Створення нових технологічних систем підтримки пластових гірничих виробок на шахтах Західного Донбасу.

**Методика.** У процесі експлуатації підготовчих виробок використовується рамне і рамно-анкерне кріплення. Розроблення нових типів кріплення шля-

хом твердотілого моделювання і чисельного аналізу дозволяє автоматизувати процес забезпечення охорони підготовчих виробок.

**Результати.** Створене кріплення дозволяє знизити трудомісткість робіт по встановленню та демонтажу несучих конструкцій, що застосовуються для охорони підготовчих виробок в умовах шахт Західного Донбасу.

**Наукова новизна.** Реалізовано комплексний підхід до забезпечення стійкості виробки шляхом застосування універсальної несучої системи, що забезпечує узгодження з основними технологічними процесами в шахті.

**Практична значущість.** Монтаж, демонтаж і повторне використання кріплення вимагає високого рівня підготовки робітничих прохідницьких бригад. Витрати на експлуатацію такого виду кріплення відносно великі, а ефективність низька. Використання даного кріплення дозволяє знизити собівартість експлуатації погонного метра підготовчої виробки до 30% і підвищити культуру виробництва на шахтах Західного Донбасу.

**Ключові слова:** змішане кріплення, конструкція, експлуатація виробки

**Purpose.** Creation of new technological systems to maintain in-seam working in the Western Donbass mines.

**Methodology.** Frame and roof bolting support which is used in the preliminary workings requires overmaintenance. Development of new types of bolting by means of solid modeling and numerical analysis allows making development workings maintaining easier and safer.

**Findings.** Designed lining simplifies mount and unmount of bearing structures used for protection of development workings in mines of the Western Donbass.

**Originality.** A comprehensive approach to ensuring development working stability through application of universal bearing structures concordant with the main technological processes in the mine was applied.

**Practical value.** Mounting and maintenance of ordinary kinds of support require work of high-skilled tunnellers' brigade. Use of new designed kind of support can reduce operating costs per linear meter of lining up to 30% and improve coal production in the Western Donbass mines.

**Keywords:** compound shoring, construction, mine operation

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Бондаренком. Дата надходження рукопису 05.07.11*