

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

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗИНО-ВОЗДУШНОЙ АРМИРОВАННОЙ КРЕПИ НА ШАХТАХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

**V.V. Fomichov, 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

## FEATURES OF USE OF RUBBER-AIR REINFORCED LINING IN WEST DONBASS MINES

Крепь капитальных выработок может обладать высоким запасом прочности и в обычных условиях не требует демонтажа. Более того, она может в любой момент усиливаться всеми доступными средствами. Во временной выработке характеристики крепи, прежде всего, должны соответствовать правилу технологического баланса. Наличие агрессивных сред, локальные вывалы или вспучивания породы часто приводят к повреждению или разрушению отдельных элементов крепи, в результате чего крепь полностью или частично теряет свою конструктивную прочность.

Основной целью работы является описание методологии использования нетрадиционных видов крепи при поддержании пластовых выработок в сложных горно-геологических условиях. Благодаря своим конструктивным особенностям резино-воздушная армированная крепь (РВАК) может монтироваться как ручным, так и механизированным способами. При проходке выработки в реальных условиях достаточно сложно выдерживать заданный проектировщиками профиль поперечного сечения. При возведении крепи выработки с применением модулей РВАК это уже не составляет проблему. Высокая скорость возведения и нетребовательность к соблюдению точной формы контура выработки – это основное достоинство данного типа крепи. Фактически, при установке крепи шахтеры могут возводить ее прямо за плоскостью выработки, не давая времени породам горного массива перемещаться внутрь выработки. При ручном монтаже вес модуля РВАК является сдерживающим фактором по скорости возведения крепи выработки. При установке модуля в ручном режиме возможны его повреждения, которые могут привести к необходимости его внеочередной замены. РВАК позволяет решать комплексно широкий спектр проблем, возникающих при эксплуатации горных выработок на шахтах Западного Донбасса.

**Ключевые слова:** *смешанная крепь, пластовые выработки, возведение крепи, механизация, водопиток*

**Введение.** Крепь капитальных выработок может обладать высоким запасом прочности и в обычных условиях не требует демонтажа. Более того, она может в любой момент усиливаться всеми доступными средствами. Во временной выработке характеристики крепи, прежде всего, должны соответствовать правилу технологического баланса. Согласно этому правилу принимаемый запас прочности крепи обеспечивает доступный минимум производственных затрат на проведение и поддержание выработки[1].

В условиях шахт Западного Донбасса при возведении рамной и рамно-анкерной крепи крайне сложно добиться строгого соответствия проектной документации. Из-за сложных горно-геологических условий возведение крепи должно производиться высокими темпами с целью недопущения больших деформаций пород горного массива, окружающего выработку. При этом используемые типы крепей не допускают широкого применения автоматизации во время монтажа и демонтажа.

Наличие агрессивных сред, локальные вывалы или вспучивания породы часто приводят к повреждению

или разрушению отдельных элементов крепи, в результате чего крепь полностью или частично теряет свою конструктивную прочность, а значит, уже не может выполнять возложенные на нее функции[2,3].

Из вышеизложенного можно сделать вывод о необходимости разработки и внедрения в производство новых типов крепи, способной в значительной степени повысить качество поддержания временных выработок. Такой крепью может стать резино-воздушная армированная крепь (РВАК). Ее конструктивные особенности и технологии применения позволяют полностью исключить отклонения параметров возводимой крепи от параметров крепи, указанных в технической документации, и обеспечивают совершенно новый подход в решении задач по борьбе с локальными нарушениями горного массива.

**Технология применения резино-воздушной армированной крепи.** Резино-воздушную армированную крепь можно применять для поддержания разнообразных выработок произвольного поперечного сечения, эксплуатируемых в сложных геологических условиях, при которых использование классических рамных и рамно-анкерных крепей нецелесообразно. Благодаря своим конструктивным

особенностям РВАК может монтироваться как ручным, так и механизированным способами.

При возведении крепи на основе модулей РВАК всегда достигается высокий уровень контакта между отдельными элементами крепи и между элементами крепи и породами горного массива. Это достигается технологией монтажа крепи. Для примера рассмотрим последовательность возведения крепи на основе шести модулей РВАК в выработке поперечного круглого сечения (рис. 1).

На первом этапе модули РВАК монтируются следующим образом: первый модуль помещают на почву выработки таким образом, чтобы выступающие концы металлической решетки и боковой профиль резиновой плиты вошли в соответствующие вырезы уже смонтированных модулей РВАК. При этом ячейки баллонов устанавливаемого модуля должны плотно прилегать к баллонам уже возведенной крепи. Затем, аналогичным способом, но с учетом уже установленного модуля, присоединяются левый и правый нижние модули крепи.

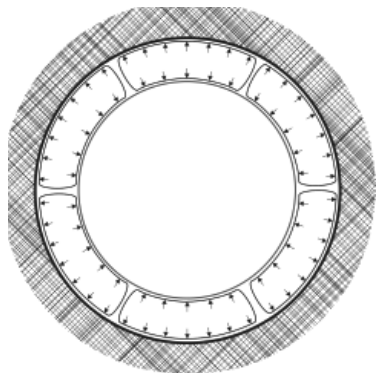


Рис. 1. Механическая модель взаимодействия модулей РВАК и горного массива, примыкающего к контуру выработки

После этого на один из открытых боков модулей РВАК устанавливается запорная планка, которая, впоследствии, будет использована для замыкания силового каркаса в поперечном сечении выработки. Затем устанавливаются верхние модули РВАК и запорная планка фиксируется специальным байоннетным замком. Первый этап сборки крепи окончен.

После сборки силового каркаса производится накачивание воздушной смесью баллонов установленных модулей РВАК. Накачка баллонов по периметру происходит в несколько этапов. На каждом этапе последовательно в баллоны противоположных модулей РВАК нагнетают определенное давление, величина которого задается техническими условиями. Так продолжается до получения требуемого давления воздуха во всех баллонах установленных модулей. После чего можно переходить к установке следующей группы модулей РВАК.

При проходке выработки в реальных условиях достаточно сложно выдерживать заданный проектировщиками профиль поперечного сечения. При возведении крепи выработки с применением модулей РВАК это уже не составляет труда. Как показано на рис. 2, за

счет эластичности ячеек баллонов модулей РВАК можно обеспечить качественный контакт между силовым каркасом крепи и контуром выработки, имеющим непостоянную форму. При этом конструктивные характеристики модулей РВАК могут быть одинаковы по всей длине и периметру выработки.

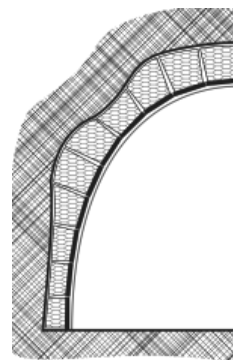


Рис. 2. Пример взаимодействия модулей РВАК с контуром выработки в реальных условиях

Для условий эксплуатации модулей РВАК, представленных на рис. 2, реализована возможность отвода шахтных вод, поступающих в выработку из свода. Между баллонами модулей РВАК специально оставлена воздушная щель, по которой может перемещаться поток воды, просачивающейся из свода и боков выработки. Сплошные и плотные замки жесткой части модуля РВАК не дают возможности этой воде попадать дальше в выработку. А плотное прилегание ячеек баллонов к поверхности контура выработки обеспечивает снижение объема водопритока.

В некоторых случаях потери устойчивости контура выработки, при выполнении аварийных работ или для усиления прочностных показателей крепи на отдельных особо аварийных участках, модули РВАК можно заполнять, под большим давлением, быстро твердеющим, расширяющимся при отвердевании раствором. В этом случае такие модули демонтажу не подлежат, но могут обеспечивать устойчивость выработки, сравнимую с показателями крепи в капитальных выработках.

**Достоинства и недостатки резино-воздушной армированной крепи.** Для того, чтобы в полной мере оценить необходимость применения того или иного типа крепи следует провести сравнительный анализ. Сам анализ основывается на сравнении достоинств и недостатков выбираемых типов крепи с учетом особенностей среды, в которой эти крепи должны функционировать.

**Достоинства.** Высокая скорость возведения и нетребовательность к соблюдению точной формы контура выработки – это основное достоинство данного типа крепи. Фактически, при установке крепи шахтеры могут возводить ее прямо за плоскостью выработки, не давая времени породам горного массива перемещаться внутрь выработки. А за счет податливости баллонов модулей РВАК соблюдение высокой точности контура выработки не требуется.

Поскольку в ходе грамотной эксплуатации модули РВАК не получают повреждения, влияющие на их

технологические характеристики, для них характерна высокая степень повторного использования. Простота монтажа и демонтажа позволяет сохранять полную функциональность модулей РВАК в нескольких циклах использования. То есть, один модуль может устанавливаться несколько раз в различных временных выработках, геологические условия которых совпадают или похожи. Но даже после разрушения модуля РВАК отдельные его компоненты могут быть использованы для производства новых элементов крепи.

Так как условия эксплуатации крепи обеспечивают ее постоянную сплошность, а элементы крепи не обладают высокой хрупкостью, она обеспечивает эффективную защиту от мелких вывалов или обрушений. Это в значительной степени может снизить травматизм, вызванный этими не периодическими явлениями, предсказание которых является сложной аналитической задачей.

**Недостатки.** При ручном монтаже вес модуля РВАК является сдерживающим фактором по скорости возведения крепи выработки. При установке модуля в ручном режиме возможны его повреждения, которые могут привести к необходимости его внеочередной замены. Кроме того, в ряде случаев, для определенных размеров поперечных сечений выработок, при ручном монтаже модулей РВАК, становится необходимым применение дополнительных монтажных конструкций, которые должны располагаться непосредственно в зоне сбора крепи, а также отдельных модулей для пластовых участков выработок.

Выполнение монтажа модулей РВАК требует наличия компрессора высокого давления вблизи зоны выполнения работ по установке крепи. Для обеспечения наилучших условий эксплуатации крепи давление в баллонах модулей РВАК должно максимально соответствовать величинам, указанным в техническом задании по поддержанию конкретной выработки. Это требует определенных навыков и знаний.

**Выводы.** Из-за сложных горно-геологических условий, присутствующих в шахтах Западного Донбасса, возникает ряд проблем, связанных с обеспечением устойчивости временных горных выработок. Обычно эти проблемы решаются путем количественного увеличения элементов стандартных крепей на один погонный метр выработки. Часть возникающих проблем связана с низкой скоростью и качеством возводимой крепи, а часть просто не может быть решена при использовании классических схем крепи пластовых выработок. Ликвидация большинства таких проблем требует значительных затрат технических средств и времени.

Широкое применение этой крепи или комбинации применяемых крепей для поддержания временных выработок на шахтах Западного Донбасса даст возможность преодолеть основной ее недостаток – достаточно высокую себестоимость добычи угля.

#### Список литературы / References

1. Справочник по креплению горных выработок / Общ. ред. Гелескула М.Н. // Изд.2, перераб. и доп. – М.: Недра; 1976. – 508 с.

Geleskula, M.N. (1976), *Spravochnik po krepeleniyu gornykh vyrabotok* [Reference Book About Mine Worings Fastening], 2nd Edition, Nedra, Moscow, Russia, 508 p.

2. Правила безпеки у вугільних шахтах / ДПАОП 10.0-1.01-10. – К.: ДП „РЖ Охорона праці“, 2010. – 430 с.

*Safety rules for collieries*, (2010), NPAOP 10.0-1.01-10. DP „RG Ohorona pratsi“, Kyiv, Ukraine, 430 p.

3. Правила технічної експлуатації вугільних шахт. Стандарт Мінвуглепрома України. – К.–Донецьк: ДонНДВІ, 2006. – 360 с.

*Operational regulations of collieries, Ministry of Coul Production of Ukraine Standard*, (2006), DonNDVI, Kyiv-Donetsk, Ukraine, 360 p.

Кріплення капітальних виробок може мати високий запас міцності і у звичайних умовах не потребує демонтажу. Більш того, воно може в будь-який момент зміцнюватися всіма доступними засобами. У тимчасовій виробі характеристики кріплення, перш за все, повинні відповідати правилу технологічного балансу. Наявність агресивних середовищ, локальні вивали або спучування породи часто призводять до пошкодження або руйнування окремих елементів кріплення, у результаті чого кріплення повністю або частково втрачає свою конструктивну міцність.

Основною метою роботи є опис методології використання нетрадиційних видів кріплення при підтримці пластових виробок у складних гірничо-геологічних умовах. Завдяки своїм конструктивним особливостям гумово-повітряне армоване кріплення (ГПАК) може монтуватися як ручним, так і механізованим способами. При проходці виробки в реальних умовах досить складно витримувати заданий проектувальниками профіль поперечного перерізу. При зведенні кріплення виробки із застосуванням модулів ГПАК це вже не становить проблему. Висока швидкість зведення і невимогливість у дотриманні точної форми контуру виробки – це основна перевага даного типу кріплення. Фактично, при установці кріплення шахтарі можуть зводити його прямо за площиною виробки, не даючи часу породам гірського масиву переміщуватися всередину виробки. При ручному монтажі вага модуля ГПАК є стримуючим фактором зі швидкості зведення кріплення виробки. При установці модуля в ручному режимі можливі його пошкодження, які можуть призвести до необхідності його позачергової заміни. ГПАК дозволяє вирішувати комплексно широкий спектр проблем, що виникають при експлуатації гірських виробок на шахтах Західного Донбасу.

**Ключові слова:** змішане кріплення, пластові виробки, зведення кріплення, механізація, водопритік

Support of the capital workings can have a high margin of safety in normal conditions and does not require disassembly. Moreover, it can be reinforced at any time by all available means. At times-term development characteristics of the lining should satisfy the requirements of technological balance. The presence of corrosive media, local swelling or intrushes of rocks often damage or destroy elements of lining and the lining loses its constructive strength.

The main purpose is to describe the methodology of using non-traditional types of support to maintain the strata workings in difficult geological conditions. Due to its design features rubber-air reinforced lining can be mounted both manual and mechanized methods. When driving mine working it is quite difficult to maintain a predetermined by designers cross-sectional profile. When erecting lining using modules of rubber-air reinforced lining it is no longer a problem. High-speed construction and no need in exact shape of tunnel are the main advantages of this type of roof support. In fact, during installation of the roof support the miners can mount it right be-

hind the plane of production giving no time to the rocks to move into the production tunnel. During manual installation the weight of module reduces speed of rubber-air reinforced lining mounting. Also damage of module is possible that leads to replacement of it. Rubber-air reinforced lining allows solving wide range of problems arising in mines of the Western Donbass.

**Keywords:** *mixed lining, in-seam working, lining installation, mechanization, water influx*

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

УДК 621.695.622.276

**Е.А. Кириченко, д-р техн. наук, проф.,**  
**В.Е. Кириченко, канд. техн. наук,**  
**В.Г. Шворак, канд. техн. наук, доц.,**  
**В.В. Евтеев, Н.Н. Хворостяной**

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

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫМИ РЕЖИМАМИ ГЛУБОКОВОДНЫХ ЭРЛИФТНЫХ ГИДРОПОДЪЕМОМ

**Ye.A. Kirichenko, Dr. Sci. (Tech.), Professor,**  
**V.Ye. Kirichenko, Cand. Sci. (Tech.),**  
**V.G. Shvorak, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Professor,**  
**V.V. Yevteyev, N.N. Khvorostyanoy**

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

## METHODICAL MAINTENANCE OF AUTOMATIC WAY OF TRANSIENT REGIMES CONTROL FOR DEEP-WATER AIRLIFT HYDRAULIC HOISTINGS

Целью данной статьи является создание математического обеспечения для автоматизированного способа управления переходными режимами в глубоководных эрлифтных установках. Поставленная цель достигается путем математического моделирования наиболее характерных переходных процессов в основных технологических звеньях подводного оборудования на мета-, макро- и микроуровнях.

К основным результатам данной статьи относится разработка нестационарных математических моделей базовых элементов эрлифтного гидроподъема: дозатор, подводная и подъемная трубы, смеситель, пневмопровод, компрессор и ресивер. Разработанное математическое обеспечение, описывающее распространение ударных и кинематических волн в пневмогидравлических трактах гидроподъема, а также переходные процессы в силовом оборудовании, послужило основой для разработки программного комплекса, который позволяет определять параметры основных переходных процессов в широком диапазоне изменения производительности установки и глубин разработки месторождений. С помощью разработанного программного комплекса обоснована часовая производительность глубоководной эрлифтной установки в рабочем режиме, обеспечивающая, с учетом длительности переходных процессов, выполнение суточной нормы по подъему минерального сырья. Предложены обладающие патентной чистотой технические решения по сокращению длительности переходных режимов за счет уменьшения числа пусковых операций, гарантированно обеспечивающие устойчивость протекающих нестационарных процессов в элементах гидроподъема.

**Ключевые слова:** *гидротранспорт, автоматизированное управление, эрлифтный гидроподъем, твердые полезные ископаемые, морская добыча, циклограмма*

**Введение.** На протяжении нескольких последних десятилетий мировое сообщество проявляет все больший интерес к освоению месторождений полез-

ных ископаемых Мирового океана, где находятся богатейшие залежи полиметаллических руд, количество которых многократно превышает аналогичные запасы на суше. На сегодняшний день наиболее перспективными, в плане промышленного освоения, являются месторождения полиметаллических конкреций, поли-