

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-2-45-52

УДК 622.256.753

**УВЕЛИЧЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАМНОЙ КРЕПИ
ПУТЕМ ПОЛНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАКРЕПНОГО ПРОСТРАНСТВА
ТАМПОНАЖНЫМ МАТЕРИАЛОМ**

**INCREASE OF THE CAPACITY OF THE FRAME SUPPORT BY FULL FILLING
OF THE BEHIND-ANCHORING SPACE WITH BACKFILL MATERIAL**

Тациенко Виктор Прокопьевич¹,
доктор техн. наук, e-mail: ipeb@kuzstu.ru

Victor P. Tatsienko, Dr.Sc. (Tech.)

Лисковец Александр Сергеевич¹,

ст. научный сотрудник, e-mail: promsnab_kmr@mail.ru

Alexander S. Liskovets, senior researcher

Саблин Максим Викторович²,

главный инженер, e-mail: sablinmv@suek.ru

Maxim V. Sablin, chief engineer

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 Vesennyaya street, Kemerovo, 650000, Russian Federation

²Шахтоуправление им. А.Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс», 652519, Россия, г. Ленинск-Кузнецкий, ул. Шилина, 1

²A.D. Ruban Underground Mining Office of JSC «SUEK-Kuzbass», 1 Shilina street, Leninsk-Kuznetzky, 652519, Russian Federation

Аннотация: В данной статье приведено краткое описание и результаты лабораторных и натурных испытаний рамной крепи с заполнением закрепного пространства тампонажным материалом. Дана характеристика горно-геологических условий на участке проведения наклонного конвейерного ствола участка Сычëвский I Шахтоуправления имени А.Д. Рубана (АО «СУЭК-Кузбасс»). Выполнена проверка качества тампонажа по описанной технологии, определены прочностные характеристики тампонажного камня и степень влияния тампонажного раствора на вмещающий массив. Установлено, что применение армированного полотна в качестве межрамного перекрытия увеличивает прочность тампонажного камня. Сформулированы некоторые рекомендации по использованию армированного полотна.

Abstract: A brief description and results of laboratory and full-scale tests of the frame support with filling of the behind-anchoring space with backfill material are given in this article. The characteristics are given to the mining and geological conditions at the site where the belt incline is being driven at the Sychevsky I section of the A.D. Ruban Mine (JSC SUEK-Kuzbass). The quality of backfill was tested according to the described technology, the strength characteristics of backfill stone and the degree of influence of the grouting mortar on the surrounding rock massif were determined. It is established that the use of reinforced canvas as a between-frame overlap increases the strength of the backfill stone. Some recommendations on the use of reinforced canvas have been formulated.

Ключевые слова: Рамная крепь, тампони́рование, закрепное пространство, цементация породного массива.

Key words: Frame support, backfilling, behind-anchoring space, cementation of the rock massif.

Введение.

Тампонаж закрепного пространства в Кузбассе получил широкое распространение при проведении горных выработок в сложных горно-геологических условиях (переход водоносных

горизонтов, неустойчивых пород, зон влияния нарушений и пр.). Технологии тампонажа закрепных пустот и инъекционного упрочнения массива горных пород [1-8] в сочетании с традиционными типами крепей использовались на многих шахтах

Кузнецкого бассейна. Основными причинами, сдерживающими применение инъекционного упрочнения как способа повышения устойчивости выработок [9-12], являются отсутствие геомеханического обоснования крепления выработок с учётом водоотдачи тампонажных растворов под давлением, отсутствие конструкций и технологии возведения изолирующих оболочек вокруг выработок, а также работоспособных тампонажных комплексов. Поскольку большинство горно-геологических условий Кузбасса относится к сложным, то задачи, обозначенные в данной статье, являются актуальными.

Материалы и методы.

В рамках исследования технологии увеличения несущей способности рамной крепи способом полного заполнения закрепного пространства были проведены лабораторно-стендовые испытания элементов крепи горных выработок и натурные экспериментальные исследования состояния системы «крепь – тампонажный слой – массив гор-

ных пород» в наклонном конвейерном стволе участка Сычёвский I Шахтоуправления имени А.Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс». Объектом исследований являлась тампонажная крепь (тампонажный слой, массив горных пород вокруг тампонажного слоя). Схема конструкции исследуемой крепи представлена на рис. 1.

Рамная тампонажная крепь (рис 1) горной выработки состоит из металлической рамной крепи, тампонажного слоя, армированного полотна, используемого в качестве межрамного перекрытия, имеющего внутренние поперечные каналы, в которых расположены стержни из армированной стали.

Рамная тампонажная крепь горной выработки возводится следующим образом, после установки рам металлической крепи из спецпрофиля на них укладывают армированное рулонное полотно, изготовленное из фильтрующего жидкость материала. В пространство между армированным полотном и контуром выработки закачивают тампонажную смесь. Избыточное количество воды (жидкой

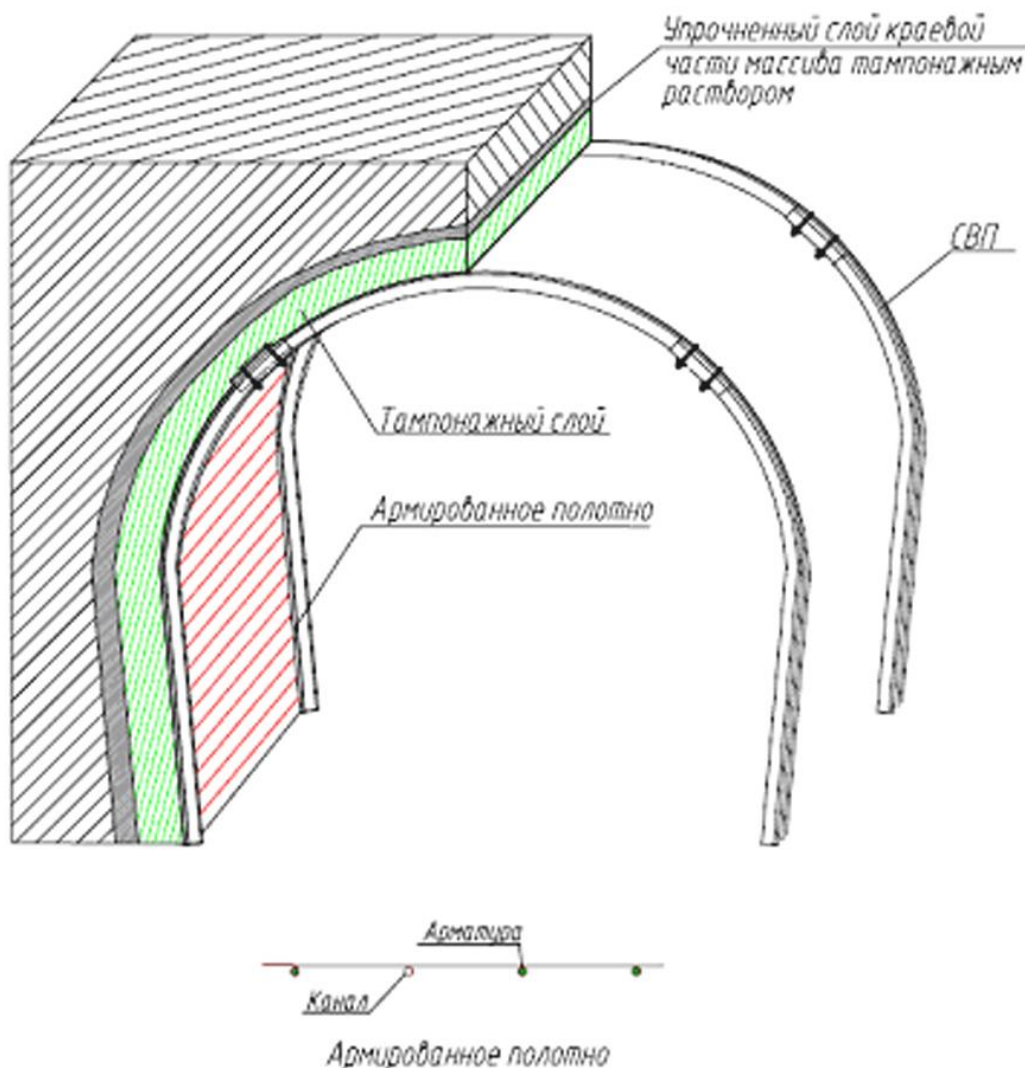


Рис. 1. Схема конструкции исследуемой крепи

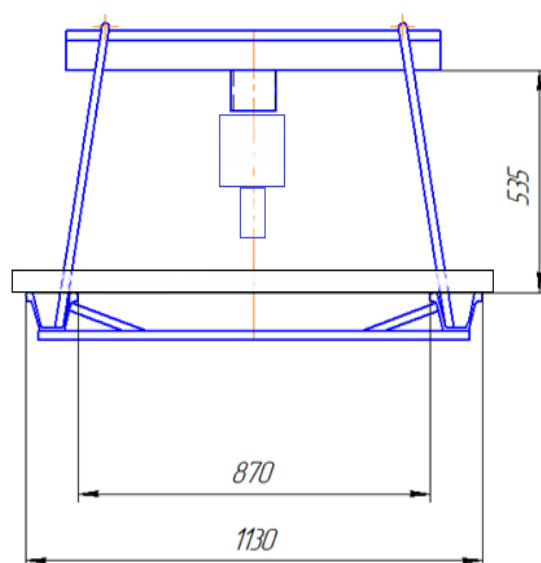


Рис. 2. Конструкция стенда для испытаний

Таблица 1 - Результаты испытаний элементов крепи

Возраст	Наименование образца	Максимальная нагрузка, кг	Максимальное давление, бар	Смещение, мм
1 сутки	Элемент ТК, 50 мм	157	7	2
	Элемент ТК, 100 мм	560	25	2
	Элемент ТК, 150 мм	1360	60	2
	Элемент ТК, 200 мм	2464	110	5
7 суток	Элемент ТК, 50 мм	269	12	2
	Элемент ТК, 100 мм	672	30	2
	Элемент ТК, 150 мм	1792	80	2
	Элемент ТК, 200 мм	3584	160	6
28 суток	Элемент ТК, 50 мм	448	20	2
	Элемент ТК, 100 мм	1008	45	2
	Элемент ТК, 150 мм	2240	100	2
	Элемент ТК, 200 мм	3478	155	5
–	ж/б затяжка, образец №1	784	35	19
	ж/б затяжка, образец №2	673	30	23
	ж/б затяжка, образец №3	112	5	7

фазы), придающее подвижность закачиваемому твердеющему материалу, отфильтровывается через армированное рулонное полотно, после чего тампонажный раствор затвердевает, образуя слой искусственного камня. Таким образом, армированные стержни, которые расположены в специальных каналах внутри рулонного полотна, выполняют роль внешнего армирования.

Испытание образцов элементов крепи горных выработок.

Целью испытаний являлось сравнение параметров элементов крепи. Для проведения испытаний были подготовлены образцы тампонажной крепи, железобетонной затяжки и металлической решётчатой затяжки. Образцы тампонажной крепи

использовались разной толщины и разного возраста (1 сутки, 7 суток и 28 суток), длиной 1200 мм, шириной 300 мм, изготовленные из цементующего раствора, используемого при проведении тампонажных работ на промежутке конвейерного ствола участка Сычѳвский, и армированного полотна. Испытания были выполнены в соответствии с ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». На образцы была приложена нагрузка с помощью поршня, имеющего площадь контакта 0.001765 м². Конструкция стенда для проведения испытаний представлена на рис. 2.

Результаты испытаний элементов крепи (образцы тампонажной крепи и ж/б затяжки) представлены в таблице 1.

Таблица 2 - Результаты испытаний образцов элементов крепи

Наименование образца	Максимальная нагрузка, кг	Максимальное давление, бар	Смещение, мм
Армированное полотно	898	40	87
Армированное полотно	785	35	100
Решетчатая затяжка	898	40	97
Решетчатая затяжка	561	25	100

Результаты испытаний образцов элементов крепи (армированное полотно и решетчатая затяжка) представлены в таблице 2.

Результаты и обсуждение.

В ходе лабораторных испытаний элементов крепи было установлено:

- несущая способность элементов крепи изготовленных с применением тампонажной смеси и армированного полотна сопоставима с железобетонной затяжкой;

- показатели сопротивления армированного полотна воздействию внешних нагрузок не уступает показателям решетчатой затяжки.

Кроме того, в ходе исследований было выявлено, что применение армированного полотна в качестве межрамного перекрытия увеличивает прочность тампонажного камня на 30% вследствие своевременного удаления излишней жидкости (воды) из смеси через ткань, при этом происходит оптимизация соответствия твердой и жидкой фазы раствора, что ускоряет процесс схватывания бетона и улучшает его прочностные параметры. В таблице 3 представлены результаты испытаний на одноосное сжатие образцов тампонажного камня, изготовленных с применением стандартной (деревянная плаха, железобетонная затяжка) опалубки (образец №1) и с применением в качестве опалубки армированного полотна (образец №2).

Выбор места проведения натурных испытаний, горно-геологические условия.

Испытание технологии увеличения несущей способности рамной крепи способом полного заполнения закрепного пространства проведено в наклонном конвейерном стволе участка Сычёвский I Шахтоуправления имени А.Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс».

Наклонный конвейерный ствол ранее был пройден по пласту Сычёвскому I комбайновым способом и закреплен анкерной крепью. Площадь сечения до 20 м². Позже было произведено усиление крепления путём установки металлической трёхзвенной арочной крепи А-16-27 с шагом установки 1 м и перетяжкой железобетонной затяжкой. В связи с наличием значительных незабученных пустот в закрепном пространстве, отсутствием непосредственного контакта крепёжных рам с вмещающими породами арочная крепь выполняла

исключительно ограждающие функции. Принимая во внимание длительный срок службы, высокую трещиноватость угля и вмещающих пород, склонность пласта Сычёвского I к самовозгоранию, а также успешное завершение испытаний на поверхностном полигоне технологии тампонажа закрепного пространства с использованием армированного полотна в качестве межрамного ограждения и гибкой опалубки, было принято решение осуществить тампонаж закрепного пространства наклонного конвейерного ствола пласта Сычёвский I по указанной выше технологии.

Горными работами на поле шахты «Сычевская» выявлены пережимы пласта со стороны кровли, имеющие характер размывов. На этих участках мощность пласта может уменьшаться до 2,7 м. Гипсометрия пласта - сложная. Отмечается значительная пликвативная нарушенность, а также наличие антиклинальных складок и мульд с амплитудами 4÷7 м. Складки имеют относительно пологий куполовидный и вытянутый гребнеобразный вид. К местам с максимальной пликвативной нарушенностью приурочена и наиболее интенсивная трещиноватость угля и вмещающих пород. С этой же трещиноватостью связаны и имеющие место нарушения сплошности пласта сбросового и взбросового характеров с амплитудами смещения 0,10÷0,15 м. Кроме того, высокая природная трещиноватость угля и вмещающих пород дополнительно усугублена массовыми взрывами при отработке запасов разрезом «Моховский».

Основная кровля пласта представлена крупнозернистыми алевролитами средней устойчивости, трещиноватые с коэффициентом крепости 4÷6 по шкале проф. Протодяконова. Мощность основной кровли составляет в среднем 14 м.

Непосредственная кровля представлена среднеустойчивым глинистым мелкозернистым алевролитом с коэффициентом крепости 3÷4 по шкале проф. Протодяконова. Мощность непосредственной кровли составляет 4÷8 м. На отдельных участках наблюдается залегание мелкозернистого песчаника непосредственно над ложной кровлей или вообще отсутствие в непосредственной кровле алевролитов.

Ложная кровля пласта представлена глинистым мелкозернистым алевролитом, весьма неустойчивым, склонным к размоканию, мощностью 0,4÷0,6 м, коэффициент крепости - 3 по шкале проф. Протодяконова. Непосредственная почва

Таблица 3 - Результаты лабораторных исследований на одноосное сжатие

Образец	Испытание	Нагрузка, Н	Масштабный коэффициент	Предел прочности на растяжение, МПа	Предел прочности на сжатие, МПа	Коэффициент крепости по шкале Протодьяконова
1	1	97,80	0,97	0,54	8,59	0,9
	2	440,10	1,08	1,73	27,60	2,8
	3	154,85	0,87	1,16	18,56	1,9
	4	40,75	0,98	0,22	3,48	0,3
	5	130,40	0,91	0,87	13,88	1,4
					среднее:	1,4
2	6	203,75	0,91	1,36	21,69	2,2
	7	130,40	0,96	0,75	11,96	1,2
	8	309,70	0,91	2,02	32,37	3,2
	9	195,60	0,96	1,12	17,94	1,8
	10	187,45	0,88	1,37	22,00	2,2
					среднее:	2,1

пласта представлена мелкозернистым алевролитом мощностью 8÷13 м, слаботрешиноватым, склонным к размоканию, с коэффициентом крепости 3÷4. Все вмещающие породы являются силикоопасными.

Основные цели проведения испытаний в шахтных условиях:

Подтвердить работоспособность технологии тампонажа крепящего пространства с использованием армированного полотна в качестве межрамного ограждения и гибкой опалубки.

Осуществить проверку качества тампонажа по указанной технологии, прочностные характеристики тампонажного камня и степень влияния тампонажного раствора на вмещающий массив.

Определить возможность использования армированного полотна в качестве затяжки межрамного пространства.

Организация производства работ по проведению испытаний

Насосный агрегат типа ПБН-15КПС был установлен в 50 м от места производства работ. На участке ствола протяжённостью до 5 м производился монтаж железобетонной затяжки. На данном участке межрамное пространство перетягивалось армированным полотном. Затраты времени на перетяжку одной рамы не превышали 15 мин.

Для исключения протечек тампонажного раствора через торцевые зазоры на первой заходке монтировались два барьерных рукава, в начале экспериментального участка и в конце заходки. После заполнения барьерных рукавов тампонажным раствором осуществлялся тампонаж крепящего пространства.

Продолжительность нагнетания определяется:

- производительностью насоса;
- объёмом пустот в крепящем пространстве;
- уровнем организации труда операторов

Таблица 4 - Результаты определения фактических физико-механических свойств отобранных образцов пород (керна)

Структура керна	Лабораторное исследование на одноосное сжатие керна скважины №1 наклонного конвейерного ствола участка Сычëвский, ПК26+15,4м					
	Глубина отбора образца, м	Нагрузка, Н	Площадь разрушения, м ²	Предел прочности на растяжение, МПа	Предел прочности на сжатие, МПа	Коэффициент крепости по Протодьяконову
Цементирующий раствор	0,10	277,1	0,0008	2,17	26,03	2,6
Цементирующий раствор	0,32	211,9	0,0010	1,48	23,69	2,4
Цементирующий раствор	0,45	146,7	0,0010	1,03	20,50	2,1



Рис. 3. Проникновение цементирующего раствора в углеродный массив

насосного агрегата.

Скорость подачи тампонажного раствора составляла $3,0 \div 4,8 \text{ м}^3/\text{час}$. В отдельные смены при надлежащей организации труда удавалось осваивать более 10 т цементной смеси, в результате было заполнено более 14 м^3 закрепного пространства.

После завершения работ по тампонажу закрепного пространства и набора прочности была произведена оценка физико-механических параметров тампонажного материала (камня) и вмещающих пород борта в наклонном конвейерном стволе участка Сычёвский, результаты которой приведены в таблице 4.

В ходе лабораторных исследований керна было установлено:

- наблюдается обратная зависимость между глубиной проникновения цементирующего раствора и коэффициентом крепости тампонажного камня;
- размер обломков исследуемого керна варьируется от 40 до 120 мм, степень трещиноватости оценивается как средняя;
- в процессе заполнения пустого пространства между арочной крепью и бортом выработки глубина проникновения раствора в массив составила 50 мм (рис. 3).

Выводы.

По результатам проведения испытаний технологии повышения несущей способности рамных крепей способом полного заполнения закрепного пространства цементным раствором в шахтных условиях, сформулированы следующие выводы:

1. Заполнение тампонажной смесью закрепно-

го пространства обеспечивает надёжный контакт металлической рамной крепи с вмещающими породами, что способствует предотвращению развития смещений пород и росту нагрузок на крепь.

2. Наблюдается проникновение цементного раствора в окружающий массив, что в свою очередь также обеспечивает высокую степень сцепления смеси с углеродным массивом и упрочняет краевую часть массива.

3. Армированное полотно, играющее роль опалубки, обеспечивает «отжатие» лишней влаги, способствует своевременному набору прочности тампонажного камня.

4. Обеспечивается огнестойкость выработки за счет антистатичности и негорючести армированного полотна, что подтверждено соответствующим заключением ВостНИИ.

5. Трудозатраты на тампонаж закрепного пространства с применением армированного полотна значительно ниже, чем при использовании железобетонной затяжки. Расход железобетонной затяжки сопоставим с расходом сухой смеси при заполнении закрепного пространства толщиной 100 мм. Доставка железобетонной затяжки в забой и ее укладка производится вручную, а тампонажный раствор подается насосным агрегатом, что существенно сокращает трудозатраты при креплении выработки. При этом сопротивление тампонажного слоя толщиной 100 мм внешним нагрузкам сопоставимо с параметрами железобетонной затяжки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51748-2001. Крепи металлические податливые рамные. Крепь Арочная. Общие технические условия. – М., 2001.
2. Демин В.Ф. Исследование напряжённого состояния приконтурного массива вокруг выемочных выработок в зависимости от влияния горно-технологических факторов / В.Ф. Демин, В.В. Яворский, Т.В. Демина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 7-2. – С. 196-200.
3. Маттен В. Заполнение закрепного пространства штреков природным ангидритом / В. Маттен, И. Зеегер, Х. Цильэссен // Глюкауф. – 1980. – № 14.
4. Брайт Ф. Заполнение пустот за рамами штрековой крепи методом Буллфлекса / Ф. Брайт, Ю. Крае // Глюкауф. – 1980. – № 13.
5. Касьян, Н.Н. Новый концептуальный подход к обеспечению устойчивости горных выработок / Н.Н. Касьян, И.Г. Сахно // Научный вестник национального горного университета. – 2011. – №5 (125). – С. 70–75.
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Москва. ЗАО НТЦ ПД. 2015 г.
7. Бурков, Ю.В. Обоснование и разработка технологии крепления капитальных горных выработок на основе инъекционного упрочнения массивов горных пород / Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – Кемерово. – 1998.
8. Галеман В. Практические примеры механизированного заполнения механизированного заполнения закрепного пространства / Глюкауф. – 1979. – №24.
9. Ирресбергер Х. Успехи техники заполнения закрепного пространства в выемочных штреках / Глюкауф. – 1980. – № 14.
10. Гамаюнов В.В. О направлении развития технологии сооружения горизонтальных и наклонных горных выработок в сложных горно-геологических условиях / В.В. Гамаюнов, В.П. Друцко, В.Г. Гнездилов, Б.В. Алферов, Ю.С. Шаповал // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. — Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2004. – Вып. 51. – С. 92-102.
11. Мартыненко И.И. Новые способы крепления выемочных выработок, основанных на использовании традиционных применяемых серийных крепей / И.И. Мартыненко, И.А. Мартыненко, М.В. Прокопова, И.А. Капралова, Ж.А. Голенева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – №7. – С. 226-230.
12. Бучатский В.М. Основные направления повышения устойчивости выработок на удароопасных пластах при использовании анкерной и рамно-анкерной крепи на шахтах ОАО «Воркутауголь» / В.М. Бучатский [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – №9. – С. 241-247.

REFERENCES

1. GOST R 51748-2001. Krepi metallicheskie podatlivye ramnye. Krep' Arochnaya. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – M., 2001.
2. Demin V.F. Issledovanie napryazhennogo sostoyaniya prikonturnogo massiva vokrug vyemochnykh vyrabotok v zavisimosti ot vliyaniya gorno-tekhnologicheskikh faktorov / V.F. Demin, V.V. Yavorskiy, T.V. Demina // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. – 2015. – № 7-2. – pp. 196-200.
3. Matten V. Zapolnenie zakrepnogo prostranstva shtrekov prirodnyim angidritom / V. Matten, I. Zeeger, Kh. Tsil'essen // Glyukauf. – 1980. – № 14.
4. Brayt F. Zapolnenie pustot za ramami shtrekovoy krep'i metodom Bullfleks / F. Brayt, Yu. Krae // Glyukauf. – 1980. – № 13.
5. Kas'yan N.N. Novyy kontseptual'nyy podkhod k obespecheniyu ustoychivosti gornykh vyrabotok / N.N. Kas'yan, I.G. Sakhno // Nauchnyy vestnik natsional'nogo gornogo universiteta. – 2011. – №5 (125). – pp. 70–75.
6. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Instruktsiya po raschetu i primeneniyu ankernoy krep'i na ugol'nykh shakhtakh». Moskva. ZAO NTTs PD. 2015.
7. Burkov Yu.V. Obosnovanie i razrabotka tekhnologii krep'leniya kapital'nykh gornykh vyrabotok na osnove in'ektsionnogo uprochneniya massivov gornykh porod / Avtoref. diss. ... dokt. tekhn. nauk. – Kemerovo. – 1998.
8. Galeman V. Prakticheskie primery mekhanizirovannogo zapolneniya mekhanizirovannogo zapolneniya

zakrepnogo prostranstva / Glyukauf. – 1979. – №24.

9. Irresberger Kh. Uspekhi tekhniki zapolneniya zakrepnogo prostranstva v vyemochnykh shtrekakh / Glyukauf. – 1980. – № 14.

10. Gamayunov V.V. O napravlenii razvitiya tekhnologii sooruzheniya gorizonta'nykh i naklonnykh gornykh vyrabotok v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh / V.V. Gamayunov, V.P. Drutsko, V.G. Gnezdilov, B.V. Alferov, Yu.S. Shapoval // Geotekhnicheskaya mekhanika: Mezhd. sb. nauch. tr. — Dnepropetrovsk: IGTM NANU, 2004. – Вып. 51. – pp. 92-102.

11. Martynenko I.I. Novye sposoby krepleniya vyemochnykh vyrabotok, osnovannykh na ispol'zovanii traditsionno primenyaemykh seriynykh krepey / I.I. Martynenko, I.A. Martynenko, M.V. Prokopova, I.A. Kapralova, Zh.A. Goleneva // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2002. – №7. – pp. 226-230.

12. Buchatskiy V.M. Osnovnye napravleniya povysheniya ustoychivosti vyrabotok na udaroopasnykh plastakh pri ispol'zovanii ankernoy i ramno-ankernoy krep'i na shakhtakh OAO «Vorkutaugol'» / V.M. Buchatskiy [i dr.] // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2006. – №9. – pp. 241-247.

Поступило в редакцию 17.03.2018

Received 17.03.2018