

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.16.80.002

УДК 622.268.3; 622.281.2

© В.А. Карасев, Ю.А. Масаев, В.Ю. Масаев, 2020

В.А. КАРАСЕВ

канд. техн. наук,
заместитель директора
Горного института КузГТУ, г. Кемерово
e-mail: kva.gf@kuzstu.ru



Ю.А. МАСАЕВ

канд. техн. наук, доцент,
профессор КузГТУ, г. Кемерово
e-mail: mvya.spssh@kuzstu.ru



В.Ю. МАСАЕВ

канд. техн. наук, доцент,
доцент КузГТУ, г. Кемерово
e-mail: mvya.spssh@kuzstu.ru



ТЕХНОЛОГИЯ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК СПИРАЛЬНЫМИ КРЕПЯМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Крепление и поддержание горных выработок имеет большое значение в повышении эффективности и безопасности разработки угольных месторождений, особенно с углублением горных работ. Затраты на крепление и поддержание горных выработок предопределяются не только горно-геологическими и производственно-техническими условиями, но и местом расположения горной выработки, структурно-текстурного состояния горных пород, действующего горного давления, принятых конструктивных параметров и типа крепи. Большое значение имеет несущая способность конструктивных элементов крепи и окружающих горных пород.

В статье изложены вопросы технологии возведения разработанных многофункциональных спиральных крепей в различных горнотехнических условиях, позволяющих улучшить качество закрепления породных обнажений, повысить производительность и безопасность труда, обеспечить экономический эффект, в том числе в зонах обрушений и сдвижений подработанных очистными работами горных пород.

Ключевые слова: СПИРАЛЬНАЯ КРЕПЬ, ЗАКЛАДКА ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА, ВИНТОВАЯ СПИРАЛЬ, КАЛИБРАТОР, АНКЕР, ГОРНАЯ ПОРОДА, ОПОРНЫЙ ВЕНЕЦ.

При разработке угольных месторождений слоевыми системами выемки, для предотвращения геодинамических проявлений, обрушений кровли выработанного пространства, особенно при выемке полезного ископаемого под охраняемыми объектами, применяется полная закладка выработанного пространства. Приходится проводить и сохранять горные выработки на границе или в зонах закладочного пространства, и выработки будут находиться в зоне влияния очистных работ, испытывая повышенное горное давление. В

таких условиях необходимо применять крепи горных выработок более совершенные по своим конструктивным, прочностным и деформационным параметрам.

Таким параметрам соответствует разработанная нами комбинированная крепь для горизонтальных горных выработок, поддерживаемых в выработанном пространстве. На рис. 1 показано расположение горной выработки 1 в выработанном пространстве 2 и продольный разрез горной выработки, закрепленной комбинированной крепью 3.

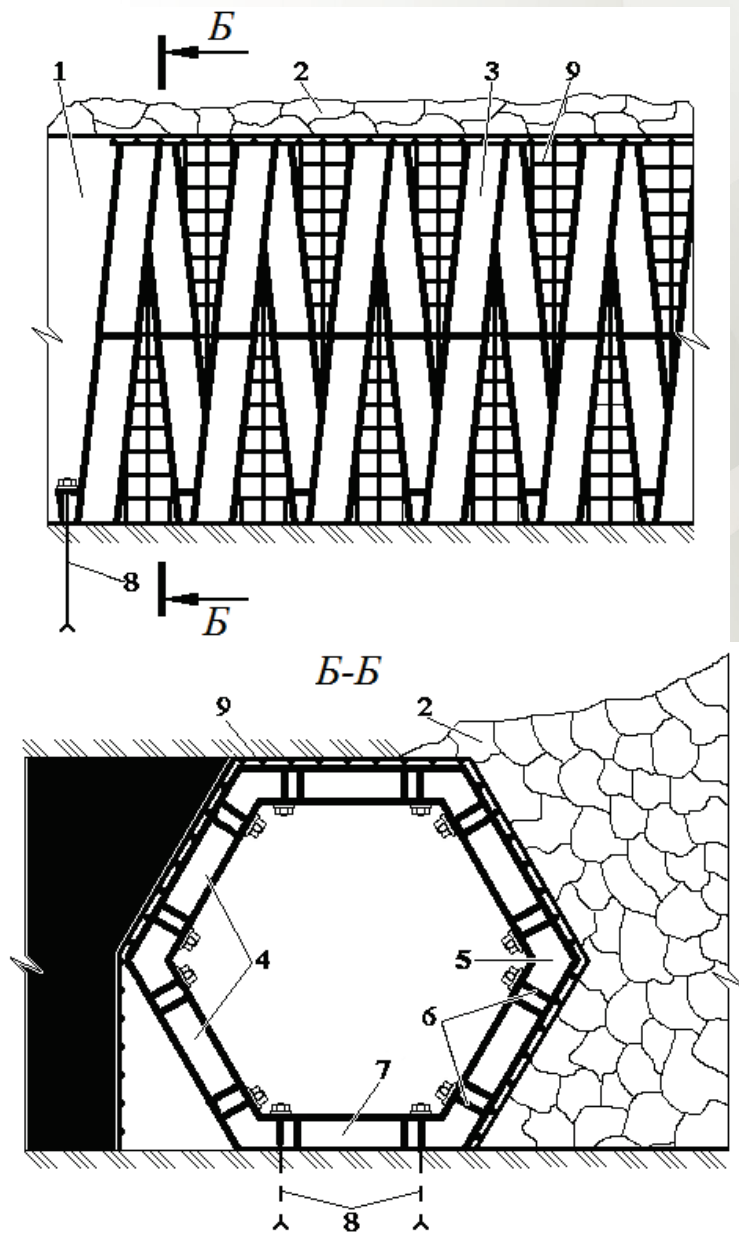


Рис. 1. Комбинированная крепь для горных выработок, поддерживаемых в выработанном пространстве:
1 — горная выработка; 2 — пустая порода в выработанном пространстве; 3 — комбинированная спиралевидная крепь; 4 — элементы крепи; 5, 6 — соединительные накладки; 7 — нижний закрепляемый элемент крепи; 8 — анкер; 9 — гибкая металлическая решетка

Крепь выполнена в форме винтовой спирали и состоит из равновеликих прямолинейных элементов 4 (например, из спецпрофиля СВП), соединенных между собой с помощью накладок 5 и 6. Витки винтовой спирали выполнены в форме шестиугольника. Установка крепи в горной выработке производится в следующем порядке. В начале установки крепи нижний элемент 7 первого витка крепи закрепляют на почве выработки анкерами 8, а затем производят соединение следующих элементов крепи. Для соединения между собой крепежных элементов спиралевидной крепи применяются специальные соединительные элементы (рис. 2), выполненные в виде закругленного сегмента 1, на одном торце которого имеется выступ 2, имеющий цилиндрическую форму, а на противоположном торце — выемка 3, внутренняя поверхность которой также имеет цилиндрическую форму [2]. При монтаже спиралевидной крепи выступ 2 устанавливаемого сегмента вставляется в выемку 3 уже установленного в крепежном элементе сегмента. Таким же образом соединяют между собой и остальные элементы спиралевидной крепи.

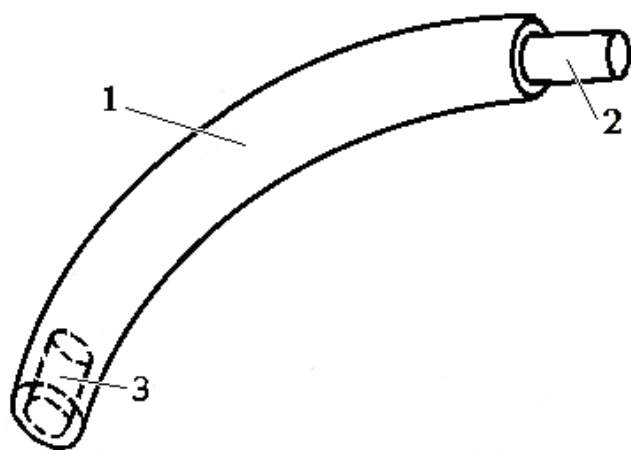


Рис. 2. Соединительный элемент сегментов спиралевидной крепи: 1 — корпус соединительного элемента; 2 — вставной выступ; 3 — выемка

Цилиндрическая форма выступа 2 и выемка 3 обеспечивает возможность кругового смещения витков спиралевидной крепи в верхних и нижних частях при необходимости изменения межвиткового расстояния (шага крепи) в зависимости от условий сооружения горной выработки, а также при изменении

горно-геологических условий и т. п., что предотвращает поломки и повышает надежность эксплуатации крепи. Такой соединительный элемент прост в изготовлении и монтаже элементов крепи и надежен в эксплуатации.

При монтаже и эксплуатации спиралевидной крепи важным является соблюдение установленного межвиткового расстояния (шага крепи) на всём протяжении горной выработки. Для этой цели нами разработан калибратор межвиткового шага спиралевидной крепи [3], который состоит из измерительной рейки 1 (рис. 3), закрепленной на одном из цилиндрических раздвижных стержней 2, на которых расположены ролики 3 и 4, снабженные зажимными гайками 5. Цилиндрические стержни 2 соединены между собой муфтой 6 с противоположными резьбами на торцах, закрепление которой на цилиндрических стержнях осуществляется стопорными гайками 7. Для фиксирования устанавливаемого расстояния (шага крепи) между витками спиралевидной крепи 8 служит указательная стрелка 9.

Калибратор работает следующим образом. Перед установкой калибратора на элементы спиралевидной крепи вращением муфты 6 производится раздвижка цилиндрических стержней 2 на необходимый межвитковый шаг спиралевидной крепи, устанавливаемый на измерительной рейке 1 с указательной стрелкой 9, и после этого муфта 6 зажимается стопорными гайками 7. Затем ролики 4 растопыриваются и смещаются на некоторое расстояние от роликов 3, между ними размещаются смежные витки (элементы) крепи 8, и это положение калибратора фиксируется зажимными гайками 5.

Установленный на смежных витках 8 калибратор 10 с зафиксированными гайками 5 в соответствии с размером поперечного сечения горной выработки, состоянием породного массива и действующим горным давлением, межвитковым шагом спиралевидной крепи, с помощью роликов 3 и 4 передвигается по виткам 8 спиралевидной крепи и устанавливает их на необходимом расстоянии (шаге) друг от друга по всей протяженности горной выработки.

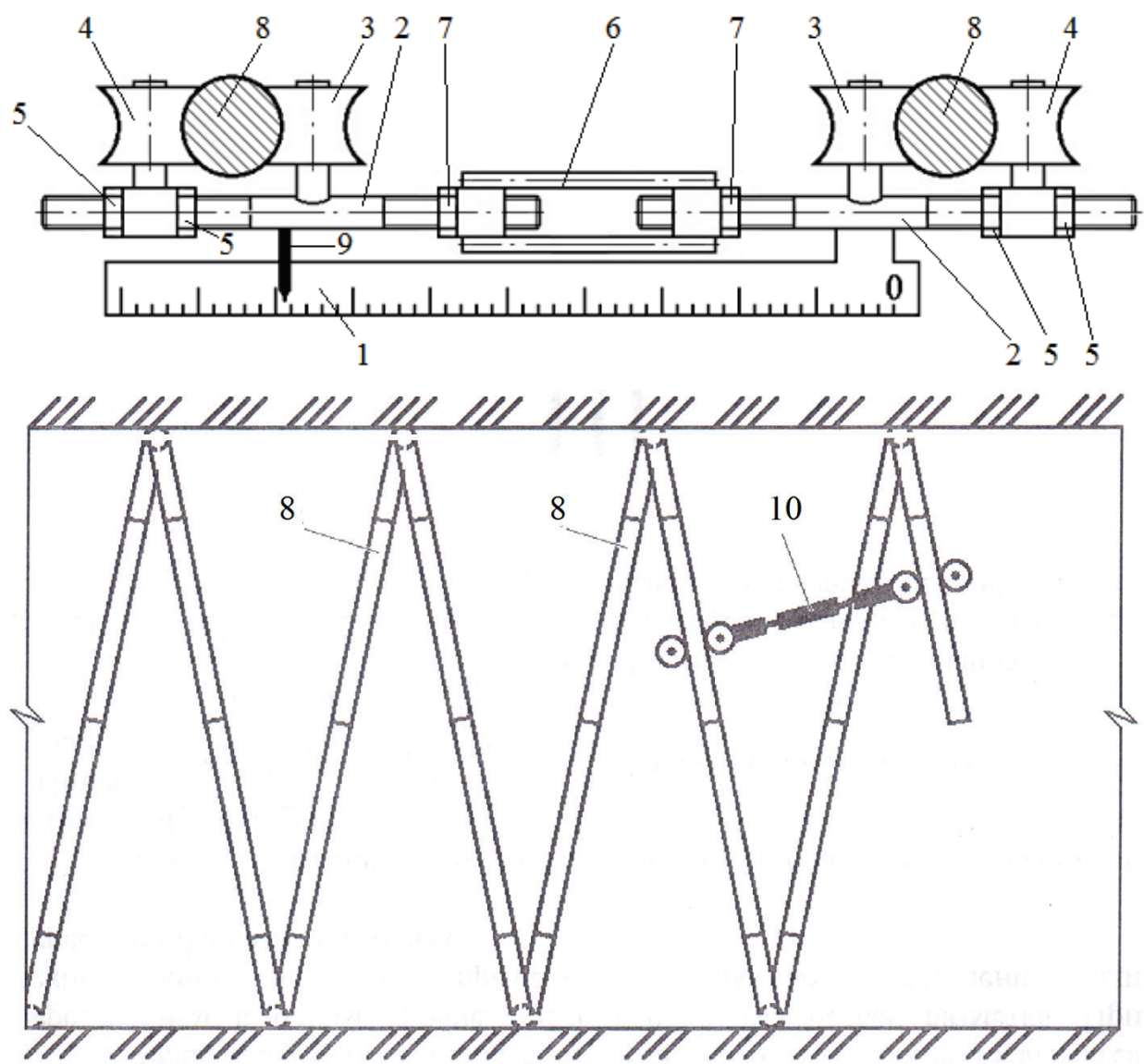


Рис. 3. Калибратор межвиткового шага спиралевидной крепи: 1 — измерительная рейка; 2 — раздвижные стержни; 3, 4 — ролики; 5 — гайки; 6 — муфта; 7 — стопорные гайки; 8 — элементы спиралевидной крепи; 9 — указательная стрелка; 10 — калибратор на элементах спиралевидной крепи

В процессе монтажа комбинированной спиралевидной крепи на её внешнюю поверхность размещают предохранительную гибкую металлическую решетку, которая должна предотвращать возможное падение кусков обрушенной породы в горную выработку из выработанного пространства через межвитковые промежутки крепи, обеспечивая безопасные условия работы в горной выработке.

При разработке крутопадающих угольных пластов проводится и поддерживается большое количество горных выработок, и условия их крепления и поддержания, особенно с уве-

личением глубины разработки, значительно сложнее, чем горизонтальных выработок. В таких условиях делались попытки применять различные виды крепей, которые можно разделить на следующие группы:

- крепи, состоящие из отдельных несущих элементов, которые в процессе возведения соединяются в единую конструкцию, а при погашении выработки могут быть демонтированы на отдельные элементы (например, деревянная срубная крепь);

- анкерные крепи (металлические, деревянные, полимерные — с металлической сет-

кой, с продольными кольцевыми подхватами);

- крепи из твердеющих материалов (металлическая сетка + пенобетон; пенобетонные; монолитные бетонные; фосфогипсовые);
- секционные крепи (бетонные, металлические, углепластовые, пневмотюбинговые).

Применяемые виды крепей обладали рядом недостатков и требовали усовершенствования.

В соответствии со сложностью проведения, поддержания и эксплуатации восстающих горных выработок при отработке крутопадающих угольных пластов, крепь должна удовлетворять требованиям [4]:

- занимать мало места в горной выработке с целью снижения затрат на выемку породы и крепление и иметь возможность механизации возведения и изготовления её элементов;
- не должна оказывать большого сопротивления движению воздуха при проветривании;
- быть удобной и нетрудоёмкой при транспортировании и возведении в выработке;
- удовлетворять условиям прочности, податливости и жесткости.

В соответствии с предъявляемыми требованиями для отработки с закладкой выработанного пространства была разработана многозвенная спиральная крепь [5], представляющая собой непрерывную винтовую спираль, состоящую из равновеликих прямолинейных элементов. В зависимости от размера поперечного сечения горной выработки количество элементов спирали крепи принимается различным.

Перед началом установки многозвенной спиральной крепи в стенки горной выработки 1 (рис. 4) с помощью анкеров 2 закрепляется опорный венец 3, на который устанавливают полый направляющий шаблон 4, форма которого соответствует форме спиральной крепи 5. После этого вокруг шаблона укладывают элементы спиральной крепи 5, закрепляемые между собой с помощью металлических скоб 6, на высоту h_3 , равную шагу закладки. В процессе возведения закладочного массива 7

установленный направляющий шаблон 4 препятствует возможному смещению элементов спиральной крепи. После возведения закладочного массива перемещают направляющий шаблон 4 на высоту следующего шага закладки, процесс установки крепи продолжают.

Устойчивость многозвенной спиральной крепи из деревянных элементов зависит от высоты закрепляемого пространства и способа соединения элементов крепи. Установленная крепь окружена закладочным материалом, и при большой высоте закрепленного пространства на элементы крепи будет действовать давление большой массы закладочного материала, поэтому устойчивость крепи, особенно при длительном сроке эксплуатации, будет зависеть от способа соединения крепежных элементов.

Одним из надёжных способов соединения элементов деревянных конструкций является так называемый «способ лобовой врубки», при котором передача усилия от одного элемента к другому осуществляется путем плотного стыка примыкающих плоскостей через специально устроенное гнездо в соединяемом элементе [6]. В этом случае один элемент крепи давит на другой и условие прочности лобовой врубки на смятие можно определить по формуле

$$\sigma_{\text{СМ}} = \frac{N_{\text{СМ}}}{F_{\text{СМ}}} = \frac{N_{\text{СЖ}} \cdot \cos \alpha}{h_{\text{вр}} \cdot b} \leq R_{\text{СМ}} \cdot \alpha,$$

где $N_{\text{СМ}}$ — расчетное усилие сжатия, равное $N_{\text{СЖ}}$ в сжатом элементе; $F_{\text{СМ}} = \frac{h_{\text{вр}}}{\cos \alpha} \cdot b$ — расчетная площадь смятия при соединении брусчатых элементов, м^2 ; $h_{\text{вр}}$ — глубина врубки, м ; $R_{\text{СМ}} \alpha$ — расчётное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон, Па (Мпа).

Древесина является анизотропным материалом и по-разному сопротивляется одним и тем же силовым воздействиям в зависимости от их направления относительно волокон.

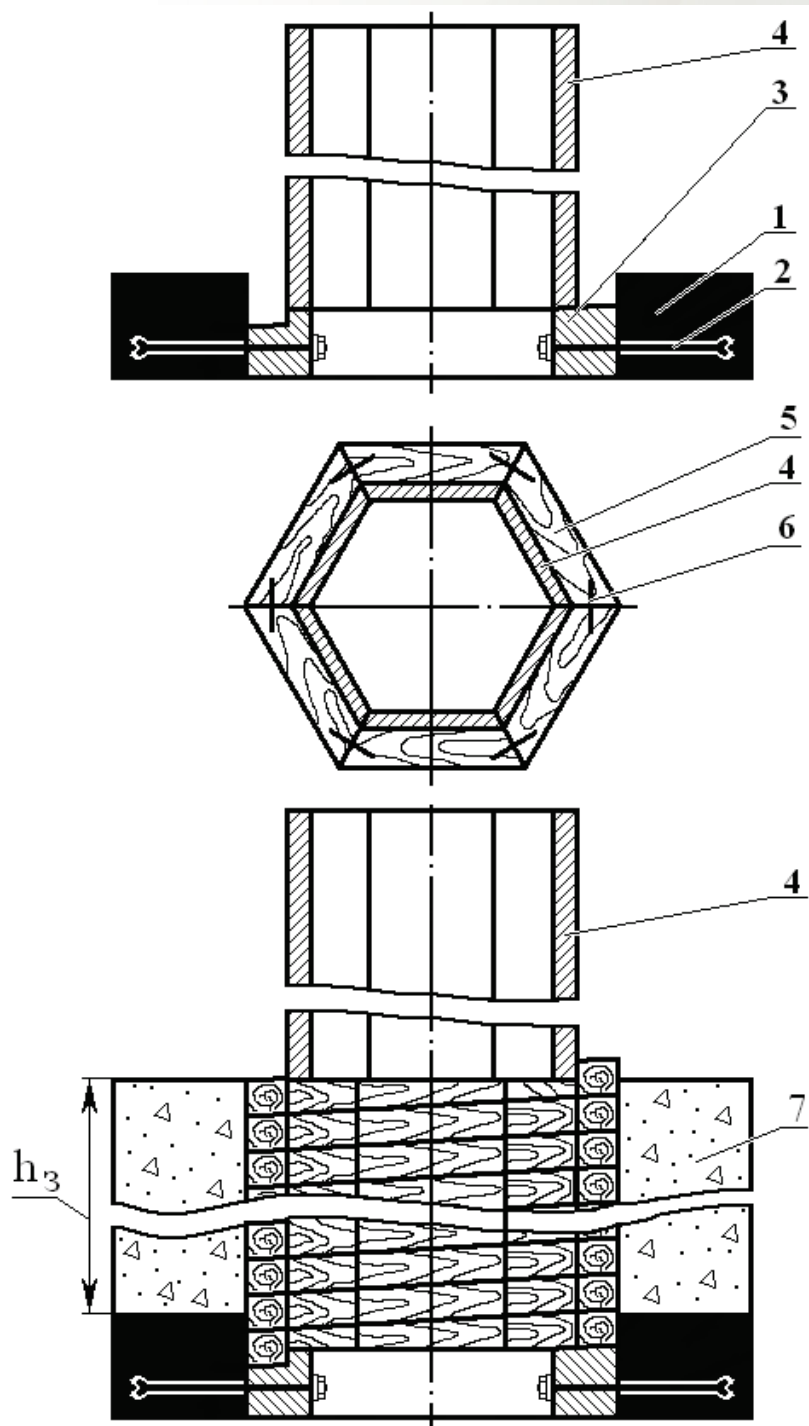


Рис. 4. Последовательность установки многожвонной спиральной крепи: 1 — угольный пласт; 2 — анкер; 3 — опорный венец; 4 — направляющий шаблон; 5 — элементы спиральной крепи; 6 — скрепляющая скоба; 7 — закладочный породный массив; h_3 — шаг закладки

При силовом воздействии вдоль волокон сопротивление древесины достигает максимального значения, а при воздействии под углом к волокнам — оно существенно ниже. Расчетное сопротивление $R_{см}$ α имеет промежуточное значение между сопротивлением вдоль ($R_{см} = 13$ Мпа) и поперек ($R_{см} = 3$ Мпа) волокон.

На величину указанных характеристик влияют условия эксплуатации возведенной крепи: влажность окружающей среды, величина давления окружающего закладочного массива, действующее горное давление и пр., и это необходимо учитывать при возведении крепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 134588 РФ, МПК E 21 D 5/00, E 21 D 11/00 (2006.01). Комбинированная крепь для горных выработок / заявители Масаев Ю.А., Карасев В.А., Храмцов В.И.; патентообладатель Кузбасский государственный технический университет. № 2013129386/03; заявл. 26.06.2013; опубл. 20.11.2013. Бюл. № 32.
2. Пат. 137333 РФ, МПК E 21 D 5/00, E 21 D 11/00 (2006.01). Соединительный элемент сегментов спиралевидной крепи / заявители Карасев В.А., Масаев Ю.А.; патентообладатель Кузбасский государственный технический университет. № 2013129390/03; заявл. 26.06.2013; опубл. 10.02.2014. Бюл. № 4.
3. Пат. 134589 РФ, МПК E 21 D 5/00, E 21 D 11/00, G01B3/00 (2006.01). Калибратор межвиткового шага спиралевидной крепи / заявители Масаев Ю.А., Карасев В.А.; патентообладатель Кузбасский государственный технический университет. № 2013129388/03; заявл. 26.06.2013; опубл. 20.11.2013. Бюл. № 32.
4. Крылов В.Ф., Запреев С.И., Бердюгин В.А., Скрылев П.А., Макаров Н.Е. Разработка мощных пологих пластов. М.: «Недра», 1973. 125 с.
5. Пат. 2399765 РФ, МПК E 21 D 5/00, E 21 F 15/00 (2006.01). Способ крепления горных выработок / заявители Гоголин В.А., Карасев А.В., Масаев Ю.А., Карасев В.А., Масаев В.Ю.; патентообладатель Кузбасский государственный технический университет. № 2009128938/03; заявл. 27.07.2009; опубл. 20.09.2010. Бюл. № 26.
6. Михайлов А.М. Основы расчета элементов строительных конструкций в примерах. М.: «Высшая школа», 1980. 304 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.16.80.002

UDC 622.268.3; 622.281.2

© V.A. Karasev, Yu.A. Masaev, V.Yu. Masaev, 2020

V.A. KARASEV

Candidate of Engineering Sciences,
Deputy Director
Mining Institute of KuzSTU, Kemerovo
e-mail: kva.gf@kuzstu.ru

YU.A. MASAIEV

Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
Professor KuzSTU, Kemerovo
e-mail: mvya.spssh@kuzstu.ru

V.YU. MASAIEV

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor KuzSTU, Kemerovo
e-mail: mvya.spssh@kuzstu.ru

TECHNOLOGY FOR FIXING MINE WORKINGS WITH SPIRAL SUPPORTS FOR THE DEVELOPMENT OF POWERFUL COAL SEAMS

Fixing and maintaining mine workings is important in improving the efficiency and safety of coal mining, especially with the deepening of mining operations. The cost of mounting and maintaining mining pre-determined not only the mining-geological and technological conditions, but the location of mine workings, structural and textural state of rocks, rock pressure of the current adopted design parameters and the type of lining. The bearing capacity of structural elements of the support and surrounding rocks is very important. The article describes the issues of technology for the construction of multi-functional spiral supports in various mining conditions that improve the quality of rock outcroppings, increase productivity and safety, and ensure economic efficiency, including in areas of collapses and displacements of rocks that have been worked out by cleaning operations.

Keywords: SPIRAL SUPPORT, LAYING OF THE DEVELOPED SPACE, HELICAL SPIRAL, CALIBRATOR, ANCHOR, ROCK, SUPPORT CROWN.

REFERENCES

1. Pat. 134588 RUSSIAN FEDERATION, IPC E 21 D 5/00, E 21 D 11/00 (2006.01). Combined roof support for mining / applicants Masaev Yu.A., Karasev V.A., Khramtsov, V.I.; patent holder Kuzbass State Tech. Un-t. No 2013129386/03; declared 26.06.2013; publ. 20.11.2013. Bull. No 32. (In Russ.).
2. Pat. 137333 RUSSIAN FEDERATION, IPC E 21 D 5/00, E 21 D 11/00 (2006.01). Coupling segments of a spiral lining / applicants Karasev V.A., Masaev Yu.A.; patent holder Kuzbass State Tech. Un-t. No 2013129390/03; declared 26.06.2013; publ. 10.02.2014. Bull. No 4. (In Russ.).
3. Pat. 134589 RUSSIAN FEDERATION, IPC E 21 D 5/00, E 21 D 11/00, G01V3/00 (2006.01). Caliber-tor of inter-turn step spiral lining / applicants Masaev Yu.A., Karasev V.A.; patent holder Kuzbass State Tech. Un-t. No 2013129388/03; declared 26.06.2013; publ. 20.11.2013. Bull. No 32. (In Russ.).
4. Krylov V.F., Zapreev S.I., Berdyugin V.A., Skrylev P.A., Makarov N.E. Development of powerful flat layers. M.: Nedra, 1973. 125 p. (In Russ.).
5. Pat. 2399765 RUSSIAN FEDERATION, IPC E 21 D 5/00, E 21 F 15/00 (2006.01). Method of fixing mining workings / applicants Gogolin V.A., Karasev A.V., Masaev Yu.A., Karasev V.A., Masaev V.Yu.; patent holder Kuzbass State Tech. Un-t. No 2009128938/03; declared 27.07.2009; publ. 20.09.2010. Bull. No 26. (In Russ.).
6. Mikhailov A.M. Basics of calculating the elements of building structures in the examples. M.: «Higher school», 1980. 304 p. (In Russ.).