

УДК 622.232.8 © В.П. Тащиенко✉, Г.Д. Буялич,
К.А. Бубнов, Д.В. Царев, 2025

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

UDC 622.232.8 © V.P. Tatsienko✉, G.D. Buyalich,
K.A. Bubnov, D.V. Tsarev, 2025

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,
Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

Применение сбоечно-проходческого агрегата для безопасного проведения межштрековых сбоек

Application of the cross-cutting and tunnelling unit for carrying out interstrip cuts

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-53-58>

В данной статье приведен сравнительный анализ проведения сбоек проходческим комбайном и сбоечно-проходческим агрегатом. Обычно проходка сбоек выполняется с помощью того же оборудования, которое используется для проходки спаренных штреков, однако используемые проходческие комбайны имеют большие размеры и вес, что приводит к необходимости располагать сбоек по диагонали. В результате длина сбоек увеличивается. Для создания каждой сбоек необходимо остановить работы по проходке основного спаренного штрека и затем, развернув комбайн, начать проходку сбоек, что неизбежно приводит к сдерживанию проходки штрека. Кроме того, использование основного проходческого комбайна при проходке сбоек ведет к необоснованному увеличению их сечения и, как следствие, необоснованному увеличению как материальных, так и трудовых затрат.

На кафедре горных машин и комплексов в Кузбасском государственном техническом университете имени Т.Ф. Горбачева были разработаны способ технологии проведения спаренных штреков и сбоечно-проходческий агрегат для его осуществления.

Сбоечно-проходческий агрегат позволяет избежать необходимости использования проходческого комбайна для проходки сбоек, а его компактность уменьшает размеры сбоек, что повышает безопасное содержание сбоек, а также уменьшает расход материалов для крепления выработки. Использование этой технологии приведет к значительной экономической выгоде, которая будет выражаться в снижении трудозатрат, сокращении потребления материалов, ускорении темпов подготовки очистного забоя и увеличение уровня безопасности труда при проведении и поддержании межштрековых сбоек.

Ключевые слова: сбоек, проходческий комбайн, сбоечно-проходческий агрегат, межштрековые сбоек, проходческий забой, горношахтное оборудование, спаренный штрек, безопасность труда.

Для цитирования: Применение сбоечно-проходческого агрегата для безопасного проведения межштрековых сбоек / В.П. Тащиенко, Г.Д. Буялич, К.А. Бубнов и др. // Уголь. 2025;(4):53-58. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-53-58.

ТАЩИЕНКО В.П.

Доктор техн. наук,
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

БУЯЛИЧ Г.Д.

Доктор техн. наук,
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: gdb@kuzstu.ru

БУБНОВ К.А.

Старший научный сотрудник,
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: bka4444@rambler.ru

ЦАРЕВ Д.В.

Аспирант,
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: tsarev@kuzstu.ru

Abstract

This article provides a comparative analysis of stope driving by a roadheader and cross-cutting and tunnelling unit. Typically, a straddle is driven with the same equipment used to drive twin drifts, but the roadheaders used are larger and heavier, making it necessary to position the straddle diagonally. As a result, the length of the stack is increased. In order to create each stall, it is necessary to stop the main twin drift and then, after turning the shearer, to start drifting the stall, which inevitably leads to a delay in drifting of the drift. In addition, the use of the main roadheader when sinking the drifts leads to an unreasonable increase in their cross-section and, as a consequence, an unreasonable increase in costs of both material and labour.

At the department of mining machines and complexes in the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, a method of technology of twin drifts and cross-cutting unit for its implementation were developed.

The cross-cutting and tunnelling unit avoids the need to use a roadheader to pass the shearer, and its compactness reduces the size of the shearer, which increases the safe maintenance of the shearer, as well as reduces the consumption of materials to secure the workings. The use of this technology will result in significant economic benefits in terms of reduced labor costs, reduced material consumption and accelerated rate of preparation of the cleanup face, and increases the level of labor safety in the conduct and maintenance of interstrip joints.

Keywords

Stack, roadheader, cross-cutting and tunnelling unit, drift pit, interstrip stacks, roadheader, mining equipment, coupled drifts, occupational safety.

For citation

Tatsienko V.P., Buyalich G.D., Bubnov K.A., Tsarev D.V. Application of the cross-cutting and tunnelling unit for carrying out interstrip cuts. *Ugol'*. 2025;(4):53-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-53-58.

ВВЕДЕНИЕ

На шахтах Кузбасса для оконтуривания очистных забоев все большее применение находит технология проведения горных выработок (штреков) спаренными забоями. При этой технологии обязательно наличие сбоек между спаренными штреками, которые проходятся, как правило, через 200-250 м. Это обусловлено технологическими возможностями применяемого оборудования и техническими потребностями по факторам проветривания, транспорта, доставочных работ, а также для целей водоотведения, дегазации, требований плана ликвидации аварий [1, 2, 3].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Традиционная проходка сбойки (рис. 1) осуществляется тем же оборудованием, которое применяется при проходке штрека [4, 5, 6]. Однако применяемые при проходке комбайны громоздки, тяжелы и неповоротливы, что предопределяет диагональное расположение сбойки, при этом длина сбойки увеличивается в 1,3-1,5 раза, с 35 м (при целике между штреками, равном 35 м) до 50 м.

На сооружение каждой сбойки требуется выполнение следующих работ: сооружение площадки сопряжения штрека со сбойкой, разворот комбайна из штрека в сбойку, проходка 50 м сбойки, выполнение мероприятий по сбойке с соседним штреком, сооружение площадки сопряжения при сбойке с соседней выработкой, перегон комбайна и демонтаж оборудования из пройденной сбойки, разворот комбайна на прежнее положение по проходке штрека. На каждом километре проходки штрека маршевая бригада отвлекается на проходку четырех-пяти сбоек длиной 50 м на время от 1 до 2-х недель на каждую сбойку, что сдерживает проходку основного штрека и сопровождается неоправданно большим сечением сбойки из-за больших габаритных размеров

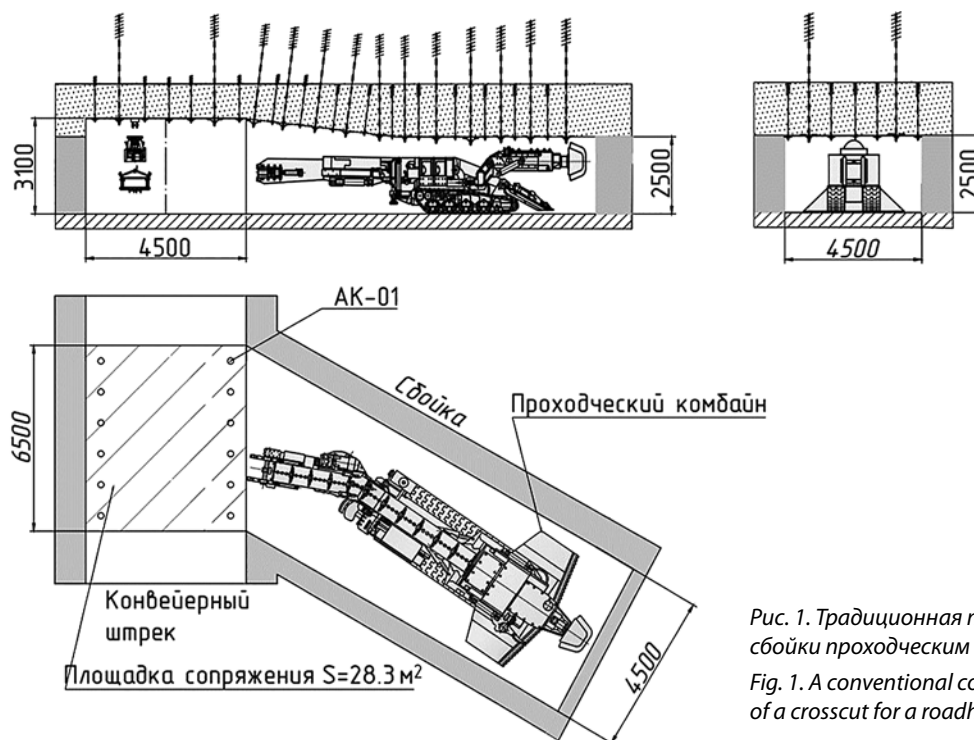


Рис. 1. Традиционная технология проходки сбойки проходческим комбайном

Fig. 1. A conventional construction technology of a crosscut for a roadheader

комбайна, невозможностью проведения сбоек перпендикулярно спаренным штрекам из-за неповоротливости комбайна и невписываемости его под углом 90 градусов по отношению к штреку.

Необходимость проведения сбойки под углом менее 90 градусов увеличивает протяженность сбойки, повышенный расход анкерного крепления сбойки из-за увеличенных сверх необходимого сечения и длины сбойки, что увеличивает трудозатраты на установку анкеров, расходы на большее количество анкеров и затяжек, а также затраты на поддержание сбоек, увеличение трудоемкости и затраты на материалы при установке перемычки после ухода проходческого комбайна и

перевода проветривания на следующую сбойку. Снижается скорость проходки спаренных штреков из-за необходимости отвлечения проходческого комбайна на проведение сбоек.

Планограмма работ проведения сбойки проходческим комбайном приведена на рис. 2.

На кафедре горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева разработаны способ разработки с проведением сбоек в спаренных штреках [7, 8] и комплект оборудования для его осуществления [9]. В основу предложенного комплекта оборудования заложен хорошо зарекомендовавший опыт применения устройств

п/п	Наименование операций	Ед. изм.	Объем	Норма выrab.	Труд.	Время		Профиль	I Смена							II Смена												
						час	мин		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21							
1	Подготовительно-заключительные операции						15																					
2	Выемка горной массы КСП-35	м	1.0	3.16	022	1	50	МГВМ																				
3	Установка временной крепи с перетяжкой, бурение шпуров в кровлю	шп.м	11	15.9	0.69	1	20	прох																				
4	Крепление анкеров АКМ	анк	5	17	029		35	прох																				
5	Бурение шпуров в борт	по породе	шп.м	2.8	13,88	0.2		25	прох																			
но углю			0	211,25	0																							
6	Крепление АКМ (борт)	анк	2	31	0,11		15	прох																				
7	Обслуживание КСП-35	мин					5	30	МГВМ																			
8	Бурение шпуров в кровлю для АК-01, L = 6 м	шп.м	12	15,9	0,75	1	30	прох																				
9	Крепление анкеров АК-01-121	анк.	2	17	0,11		15	прох																				
10	Монтаж балок МПД (с учетом перегружателя)	секц.	4	5,55	0,72	1	25	прох																				
11	Бурение шпуров в кровлю для МПД (с учетом перегружателя)	шп.м	8,4	13,4	0,84	1	15	прох																				
12	Крепление анкеров АК01-121 для МПД (с учетом перегружателя)	анк.	4	125	0.16		20	прох																				
13	Наращивание СР-70	м	4	9,3	0,43		50	прох г/р																				
14	Бурение шпуров в почву (СР-70)	шп.м	8,8	14,88	0,59	1	10	прох г/р																				
15	Монтаж вентиляционного трубопровода	м	4	130	0,03		10	прох																				
16	Монтаж ППС, водоотливного става	м	8	13,216	0,3	1	10	г/р прох																				
14,286				0,28																								
17	Бурение шпуров в борт	по породе	шп.м	2,8	13,88	0,202		25	прох																			
по углю			2,8	211,25	0,013																							
18	Крепление АКМ (борт)	анк	4	18	0,22		25	прох																				
19	Обслуживание конвейерной линии	мин					1	00	г/р																			
20	Доставка материалов в забой	мин					3	30	г/р прох																			

Рис. 2. Планограмма проведения сбойки при использовании комбайна сечением 11,25 м²

Fig. 2. A planogram of constructing a crosscut using a roadheader with a cross-section of 11,25 m²

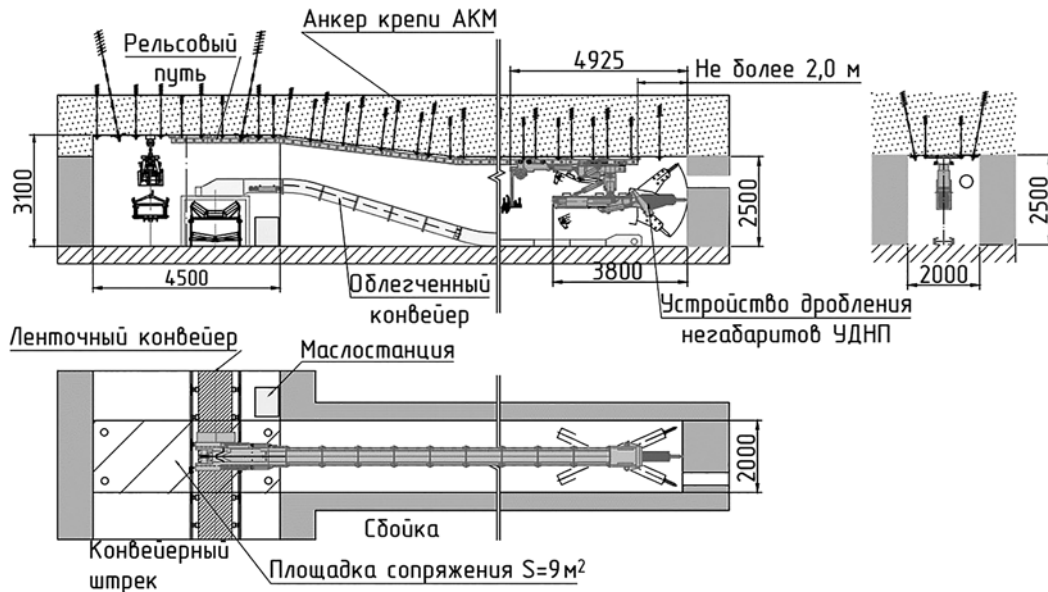


Рис. 3. Предлагаемая технология проходки сбойки сбоечно-проходческим агрегатом
 Fig. 3. The proposed technology to drive a crosscut using a cross-cutting and tunneling unit

дробления негабаритов в очистном забое [10, 11, 12, 13, 14] с возможностью привода насосной станции от внешнего источника энергии, например от магистрального трубопровода механизированной крепи с водо-масляной эмульсией [15, 16, 17, 18]. Эти решения существенно снизили трудоемкость работ и повысили уровень безопасности труда в забое. В состав предложенного сбоечно-проходческого агрегата входит следующее оборудование (рис. 3):

- УДНП – устройство для разрушения забоя гидравлическим молотом, передвигающееся по рельсовому пути в кровле выработки и питающееся от маслостанции;
- С-70.05Г – скребковый конвейер с гидродвигателем в качестве привода, жестким ставом и гидравлическим натяжителем цепи;
- маслостанция – для обеспечения гидравлической энергией всех забойных машин и механизмов (УДНП,

конвейер, анкероустановщик), работающая от внешнего неэлектрического источника энергии.

Расположение оборудования сбоечно-проходческого агрегата приведено на рис. 3, а планограмма проведения сбойки таким агрегатом – на рис. 4.

Сравнительный анализ параметров проходки при использовании проходческого комбайна и сбоечно-проходческого агрегата приведен в таблице.

Применение сбоечно-проходческого агрегата для проходки сбоек исключит отвлечение проходческого комбайна на проходку сбоек. При этом длина сбойки не будет превышать ширину целика 35 м вместо 50 м, сечение сбоек не будет превышать 5 м² (проходческим комбайном – 11,25 м²), общий объем горной массы сбойки уменьшится с 563,5 до 175 м³, для крепления кровли на каждый метр уменьшится расход анкеров с 5 до 2 шт., общий расход анкеров – с 250 до 70 шт., в 3,5 раза, верхняк (штрипс) дли-

Наименование операций	Ед. изм	Продолжительность операции	Кол-во человек	Объем работ	1 смена		2 смена		3 смена		4 смена																
					8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
Подготовительно-заключительные операции	мин	20,0	2	–																							
Доставка материалов, наращивание ПОТ, вент. става, обслуживание ШП	мин	160,0	2	–																							
Отбойка горной массы	мин	30,0	2	5 м ³																							
Остановка крепи	мин	15,0	2	3 анк.																							
Погрузка горной массы на конвейер	мин	15,0	2	5 м ³																							
Наростка конвейера	мин	25,0	2	2 м																							
Наростка рельсового пути	мин	25,0	2	2 м																							
Регламентированный перерыв	мин	10,0	2	–																							

Рис. 4. Планограмма проведения сбойки сбоечно-проходческим агрегатом сечением 5 м²

Fig. 4. A planogram of constructing a crosscut using a cross-cutting and tunneling unit with a cross-section of 5 m²

Сравнение расхода материалов при проходке и эксплуатации сбоек при использовании проходческого комбайна и сбоечно-проходческого агрегата

Comparison of material consumption during driving and operation of crosscuts when using a roadheader and a cross-cutting and tunneling machine

Показатели		Комбайн	Сбоечно-проходческий агрегат	Отклонения, +/-
Длина сбойки, м		50	35	-15
Ширина сбойки, м		4,5	2,0	-2,5
Высота сбойки, м		2,5	2,5	0
Сечение сбойки, м ²		11,25	5,0	-6,25
Объем горной массы, м ³		563,5	175	-387,5
Расход крепежных материалов для крепления на всю длину сбойки	Анкер, шт.	250	70	-180
	Штрипс, м	225	70	-155
	Анкеры второго уровня для сопряжений, шт.	24	8	-16
	Анкеры второго уровня для сбойки, шт.	100	0	-100
Расход материала для изоляции сбойки (бетон, шлакоблок и др.) толщиной 5 м: – на 1 перемычку, м ³		56,25	25	-31,25
Численность звена, чел.		5	2	-3
Трудоемкость выполнения операций:				Снижение:
– по выемке горной массы, %		100	31	в 3,2 раза
– по креплению анкерами, %		100	28	в 3,6 раза
– по креплению штрипс, %		100	31	в 3,2 раза
– по сооружению перемычек, %		100	44	в 2,3 раза
– по доставке материалов, %		100	45	в 2,2 раза

ной 4,5 м укоротится до 2 м, общая длина штрипсов для крепления 225 м против 70 м, в 3,2 раза. Площадь сопряжения уменьшится с 28,3 м² до 9 м², т.е. два сопряжения 56,6 м² против 18 м², в 3,14 раза, это влечет уменьшение количества анкеров усиления крепи сопряжения с 24 до 8, т.е. в 3 раза. С уменьшением ширины сбойки до 2 м не потребуется крепь усиления по сбойке – 100 штук канатных анкеров.

ВЫВОДЫ

Из сравнения показателей следует, что:

- физические объемы выполнения работ по проходке сбойки по предлагаемой технологии в 2,2-3,6 раза меньше, чем при проходке сбойки проходческим комбайном;
- повышается безопасность проведения сбоек за счет меньшей площади поддержания кровли и использования неэлектрических источников энергии;
- трудоемкость выполнения работ снижается пропорционально физическим объемам в 2,2-3,6 раза, что ведет к улучшению условий труда работающих и, соответственно, снижается численность сменного звена с пяти до двух человек;
- темпы проведения сбойки сбоечно-проходческим агрегатом обеспечивают выполнение всего комплекса работ (площадки сопряжения, монтаж оборудования и его демонтаж, отбойка горной массы и крепление, прочие вспомогательные работы, включая мероприятия по сбитию, по сооружению сбоечной печи (сбойки)) в кратчайшие сроки.

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

- Выбор места заложения сбойки (особенно по фактору перепуска воды) ведется в пройденной выработке, когда произошла доразведка гипсометрии пласта и может быть уточнена геологической службой со 100%-ной гарантией возможности определения самой нижней точки для перепуска воды.
- Доставочные работы по сбойке длиной 35 м быстрее, чем по сбойке длиной 50 м в 1,43 раза.
- Работы по изоляции выработанного пространства лавы выполняются в 2,3 раза быстрее и дешевле из-за:
 - уменьшения объема материала на каждую перемычку с 56,25 до 25 м³, т.е. на 31,25 м³ (в 2,3 раза);
 - снижения трудоемкости возведения перемычки в 2,3 раза.

Внедрение предлагаемой технологии ведет к существенному экономическому эффекту, выражающемуся в снижении трудоемкости, уменьшении расхода материалов и ускорении темпов подготовки очистного забоя, а также к безусловному повышению уровня безопасности работ при проведении и поддержании межштрековых сбоек.

Список литературы • References

1. Mohammad Panahi Borujeni, Hossein Gitinavard. Evaluating the sustainable mining contractor selection problems: An imprecise last aggregation preference selection index method. *Journal of Sustainable Mining*. 2017;16(4):207-218.
2. Agnieszka Klupa. Determination of properties of clean coal technology post-process residue. *Journal of Sustainable Mining*. 2016;15(4):143-150.

3. Sylwia Jaroslawska-Sobór. Social potential growth of a mining company on the basis of human capital and occupational safety. *Journal of Sustainable Mining*. 2015;14(4):195-202.
4. Barakos G., Gutzmer J., Mischo H. Strategic evaluations and mining process optimization towards a strong global REE supply chain. *Journal of Sustainable Mining*. 2016;15(1):26-35.
5. Sadridinov A.B. Analysis of energy performance of heading sets of equipment at a coal mine. *Mining Science and Technology*. 2021;5(4):367-375.
6. Yang Yu, Jianbiao Bai, Xiangyu Wang et al. Control of the surrounding rock of a goaf-side entry driving heading mining face. *Sustainability*. 2020;12(7):2623.
7. Способ разработки пластов длинными столбами по простиранию с обратным порядком отработки: пат. 2780415 РФ: МПК E21C 41/18 (2006.01), E21F 16/00 (2006.01), E02D 19/00 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Хорешок А.А., Мешков А.А., Понизов А.В., Ананьев К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2022112832; заявл. 13.05.2022; опубл. 22.09.2022, Бюл. № 27. 12 с.
8. Способ проведения ответвления от подземной выработки в зоне скопления воды: пат. 2781724 РФ: МПК E21C 41/18 (2006.01), E21D 9/10 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Хорешок А.А., Мешков А.А., Понизов А.В., Ананьев К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2022112834; заявл. 13.05.2022; опубл. 17.10.2022, Бюл. № 29. 7 с.
9. Подвесной проходческий породоразрушающий агрегат: пат. 210029 РФ: МПК E21C 25/02 (2021.08), E21C 31/02 (2021.08) / Тащиенко В.П., Мешков А.А., Царев Д.В.; патентообладатель ООО «Управление горного сервиса». № 2021132545; заявл. 08.11.2021; опубл. 24.03.2022, Бюл. № 9. 8 с.
10. Секция механизированной крепи: пат. 2735274 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Мешков А.А., Беликов С.Е., Бубнов К.А., Черданцев А.М., Дашковский Г.А.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136394; заявл. 12.11.2019; опубл. 29.10.2020, Бюл. № 31. 12 с.
11. Секция механизированной крепи: пат. 184573 РФ: МПК E21D 23/04 (2006.01) / Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Беликов С.Е., Буялич Г.Д., Дашковский Г.А.; патентообладатель ООО «Управление горного сервиса». № 2018124768; заявл. 05.07.2018; опубл. 30.10.2018, Бюл. № 31. 5 с.
12. Секция механизированной крепи: пат. 196644 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Бубнов К.А., Дашковский Г.А.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136451; заявл. 12.11.2019; опубл. 11.03.2020, Бюл. № 8. 9 с.
13. Секция механизированной крепи: пат. 195623 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Тащиенко В.П., Буялич Г.Д., Мешков А.А., Беликов С.Е., Бубнов К.А., Черданцев А.М., Дашковский Г.А.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136445; заявл. 12.11.2019; опубл. 03.02.2020, Бюл. № 4. 10 с.
14. Очистной комбайн: пат. 184570 РФ : МПК E21C 27/02 (2006.01) / Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Беликов С.Е., Буялич Г.Д., Дашковский Г.А.; патентообладатель ООО «Управление горного сервиса». № 2018124767; заявл. 05.07.2018; опубл. 30.10.2018, Бюл. № 31. 7 с.
15. Гидропривод очистного механизированного комплекса: пат. 196646 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Буялич Г.Д., Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136449; заявл. 12.11.2019; опубл. 11.03.2020, Бюл. № 8. 7 с.
16. Насосная станция: пат. 2735276 РФ: МПК E21D 23/16 (2006.01) / Буялич Г.Д., Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136396; заявл. 12.11.2019; опубл. 29.10.2020, Бюл. № 31. 10 с.
17. Насосная станция: пат. 196188 РФ: МПК F04B 47/00 (2006.01), F04B 49/10 (2006.01) / Буялич Г.Д., Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Хуснутдинов М.К.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136446; заявл. 12.11.2019; опубл. 20.02.2020, Бюл. № 5. 8 с.
18. Насосная станция: пат. 195624 РФ: МПК F04B 47/00 (2006.01), F04B 49/10 (2006.01) / Буялич Г.Д., Тащиенко В.П., Бубнов К.А., Ананьев К.А.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). № 2019136447; заявл. 12.11.2019; опубл. 03.02.2020, Бюл. № 4. 6 с.

Authors Information

Tatsienko V.P. – Doctor of Engineering Sciences, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

Buyalich G.D. – Doctor of Engineering Sciences, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: gdb@kuzstu.ru

Bubnov K.A. – Senior Researcher, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: bka4444@rambler.ru

Tsarev D.V. – Post Graduate Student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: tsarev@kuzstu.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 31.01.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

Paper info

Received January 31, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025