

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-2-75-86

УДК 622.012:331.101.262

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА К ОТРАБОТКЕ

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF PREPARATION OF COAL PLATE TO DEVELOPMENT

Костюк Светлана Георгиевна¹,
проректор по научной работе
и международному сотрудничеству, канд. техн. наук,
e-mail: ksg.adm@kuzstu.ru
Svetlana G. Kostyuk¹, Vice Rector for Research
and International Cooperation,
C. Sc. in Engineering, e-mail: ksg.adm@kuzstu.ru
Ситников Геннадий Анисимович²,
доцент, канд. техн. наук, e-mail: gasitnikov@yandex.ru
Gennady A. Sitntkov, associate professor, C. Sc. in Engineering
Любимов Олег Владиславович¹,
доцент, канд. техн. наук, e-mail: oleg_lyubimov@mail.ru
Oleg V. Lyubimov, associate professor, C. Sc. in Engineering
Породин Станислав Сергеевич³,
главный специалист по подготовительным работам
дирекции по развитию производства
Stanislav S. Porodin,
Chief Specialist in Preparatory Works
of Production Development Directorate

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

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

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г.
Прокопьевске, 653033, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Prokopyevsk branch, 19a street Nogradskaya,
Prokopyevsk, 6503033, Russian Federation

³СУЭК-Кузбасс, 652507, Россия, г. Ленинск-Кузнецкий, ул. Васильева, 1

³SUEK-Kuzbass, 1 street Vasilyeva, Leninsk-Kuznetskiy, 652507, Russian Federation

Аннотация:

Повышение уровня концентрации горных работ, являющееся общей тенденцией для действующих и проектируемых шахт, в том числе и в Кузбассе, требует совершенствования подготовки угольных полей к добыче. Существующий способ характеризуется сложностью проветривания выработок и высокой трудоемкостью. Анализ подготовки шахтных полей Кузнецкого бассейна в целом и на отдельных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» в частности дает обоснования к его усовершенствованию. Оценены технико-экономические показатели, достигнутые при проведении горных выработок с использованием комбайнов отечественного и зарубежного производства с различной производительностью и маневренностью в условиях АО «СУЭК-Кузбасс». Предложен вариант подготовки угольных полей, обладающий рядом существенных отличий, основным из которых является проведение отдельных участков конвейерных и вентиляционных штреков и вентиляционных сбоек в угольных целиках комбайнами с разной производительностью и маневренностью, что в свою очередь позволяет развязать осуществляемые работы в пространстве и во времени, повысить производительность транспортирования на

поверхность отбитого угля по выработкам при одновременном монтаже-демонтаже комплексов проходческого оборудования в предварительно сформированных камерах. Усовершенствованная технология защищена патентом Российской Федерации. Определено место перспективного отечественного проходческого оборудования в случае реализации данной технологии.

Ключевые слова: шахта, отработка угольного пласта, подготовка к отработке, производительность.

Abstract:

An increase in the concentration level of mining operations, which is a general trend for existing and planned mines, including in Kuzbass, requires improving the preparation of coal fields for mining. The existing method is characterized by the complexity of airing the workings and high complexity. Analysis of the preparation of mine fields in the Kuznetsk basin as a whole and in individual mines of SUEK-Kuzbass JSC in particular allows us to outline the prospects for its improvement. The technical and economic indicators achieved during mining with the use of domestic and abroad produced combines with different productivity and maneuverability in the conditions of SUEK-Kuzbass JSC are estimated. The option of preparing coal fields is proposed, which exhibits a number of significant differences, the main of which is the carrying out of separate sections of conveyor and ventilation drifts and ventilation disruptions in coal pillars by combines with different productivity and maneuverability, which, in turn, allows you to unleash ongoing work in space and time, increase performance of transportation to the surface of the beaten-out coal over the mine workings while assembling and disassembling complexes of tunneling equipment in preformed chambers. Advanced technology is protected by a patent of the Russian Federation. The place of promising domestic tunneling equipment in the case of the implementation of this technology is determined.

Key words: mine, coal plate development, preparation to development, productivity.

Долгосрочной программой развития угольной отрасли предусмотрено к 2030 г. увеличение общего объема добычи угля в России до 430 млн т и более [1], а к 2035 г. – обеспечение себестоимости добычи на уровне 68-112%, повышение рентабельности на уровне 9-41% относительно 2016 г. [2]. Рост угледобычи планируется как за счет строительства новых производственных мощностей, так и за счет увеличения производительности действующих предприятий. При этом общей тенденцией как для действующих, так и для проектируемых новых шахт является повышение уровня концентрации горных работ, т. е. снижение числа действующих очистных забоев при увеличении их производительности.

Подготовка выемочных полей до сих пор ведется по известному способу разработки мощных пологих угольных пластов [3-6], включающему подготовку выемочных столбов по простиранию пласта путем проведения конвейерных и вентиляционных штреков с оставлением угольного целика между конвейерным штреком, примыкающим к отработываемому столбу, и вентиляционным штреком, примыкающим к следующему столбу, проведение вентиляционных сбоек в угольном целике между этими штреками и выемку угля в столбах длинными очистными забоями. Вентиляционный штрек проводят одновременно с выемкой угля в отработываемом столбе с опережением его очистного забоя.

Недостатками указанного способа являются высокая опасность ведения очистных работ,

связанная со сложностью проветривания, а также их высокая трудоемкость, предопределяемая:

- затруднением (независимо от принятой схемы транспортирования) выдачи на поверхность отбитого угля по выработкам при одновременном монтаже-демонтаже в них в случае применения различных комплексов проходческого оборудования вследствие взаимозависимости в пространстве шахтного поля работ на выполнение основных и вспомогательных операций;

- пониженной эффективностью функционирования комплексов проходческого, а в дальнейшем и очистного оборудования вследствие взаимозависимости во времени работ на выполнение основных и вспомогательных операций.

Несмотря на ряд предложенных в свое время технических решений [7-9], вышеуказанные недостатки остаются актуальными. Они отмечаются также в ряде работ при анализе вскрытия и подготовки шахтных полей Кузнецкого бассейна в целом [10-18], а также при оценке технико-экономических показателей по проходке подготовительных выработок в процессе подготовки выемочных столбов на отдельных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» [19-20].

В работе [19] такое направление, как снижение числа действующих очистных забоев и переход на добычу угля из длинных очистных забоев, считается положительным на основании анализа сравнительных расчетных ТЭП работы забоев длиной 100, 200, 300, 400 м. Расчет экономических показателей при величине очистного забоя 400 м позволяет сделать вывод,

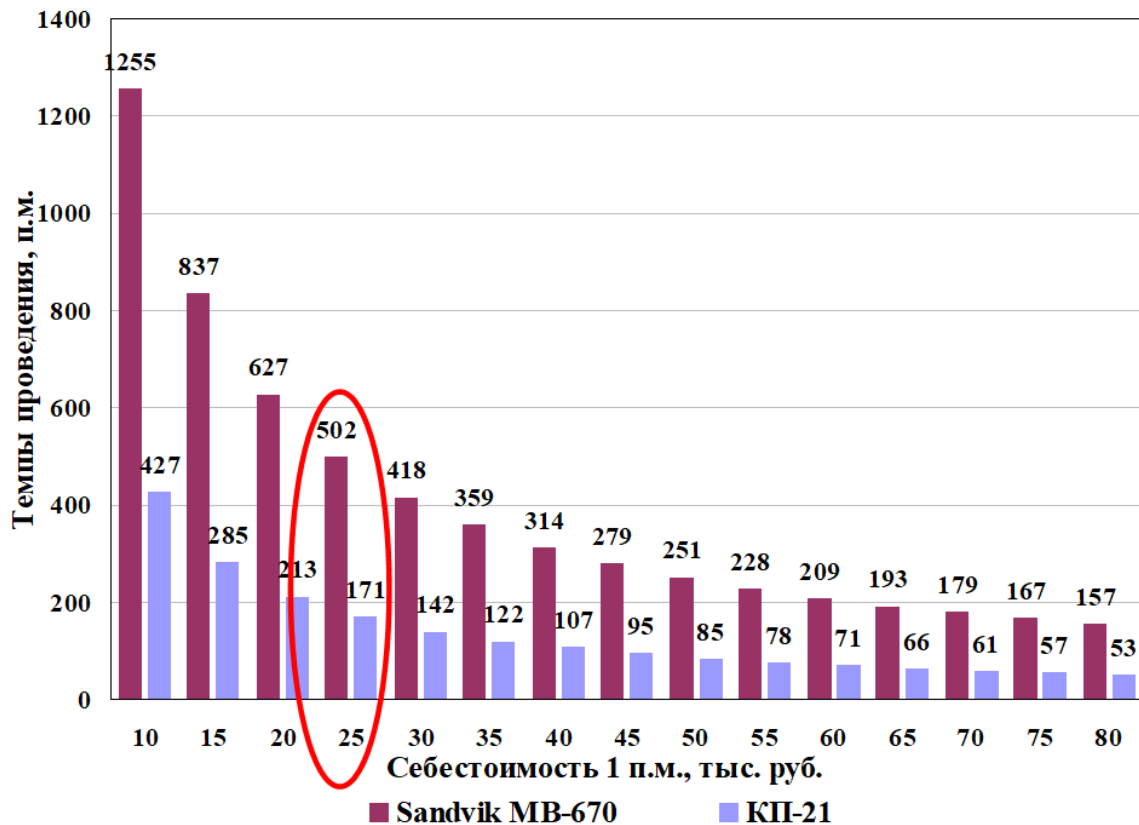


Рис. 1. Обратная зависимость себестоимости проведения 1 погонного метра выработок и темпов проведения.

Fig. 1. Inverse relationship of the cost of 1 running meter of workings and production rate.

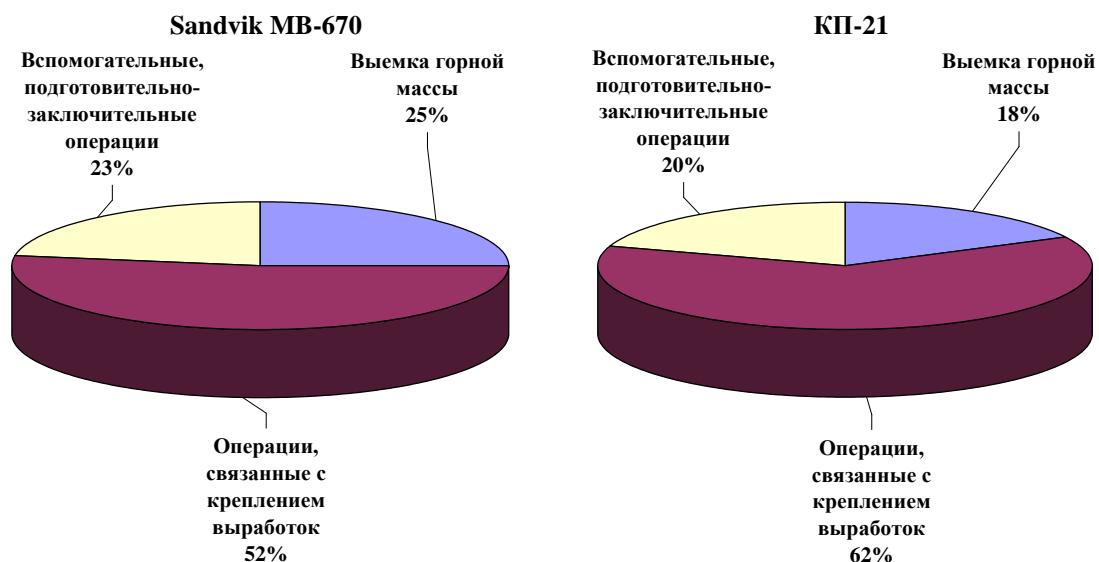


Рис. 2. Суточный баланс времени работы проходческих комбайнов.

Fig. 2. Daily balance of the working time of sinking combines.

что при увеличении затрат на монтаж секций крепи достигается экономия в целом 193,9 млн руб./год за счет снижения затрат на проходку горных выработок для подготовки очистного забоя. Однако на выбор длины очистного забоя влияют горно-геологические и горнотехнические

показатели угольного массива и вмещающих пород.

В работе [20] оценены промежутки времени при проведении горных выработок с использованием комбайнов с разной производительностью и маневренностью КП-21-03

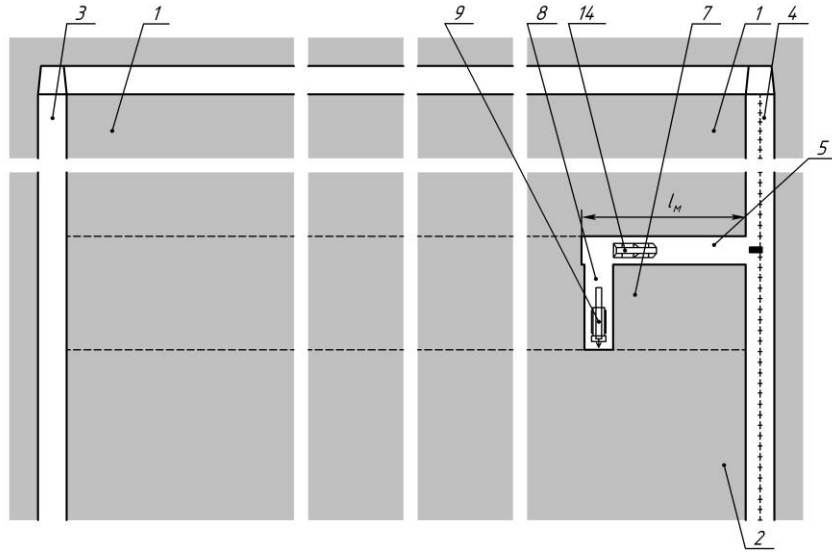


Рис. 3. Схема начала проходки и формирования монтажного участка штрека.
Fig. 3. Scheme of the start of driving and formation of the mounting drift section.

и Sandvik MB670 в условиях АО «СУЭК-Кузбасс».

Отмечена более чем двукратная разница себестоимости проведения 1 погонного метра выработки, связанная в основном с величиной амортизационных отчислений и затрат на электроэнергию при эксплуатации комбайнов импортного производства. При анализе обратной зависимости себестоимости проведения 1 погонного метра выработок и темпов проведения (представленной на рис. 1) установлено, что фронтальному комплексу требуется достижение среднемесячных темпов проведения порядка 500 погонных метров в месяц, чтобы сравняться с показателями комбайна избирательного действия с темпами около 170 погонных метров в месяц по себестоимости, составляющей 25 тыс. руб. за 1 погонный метр.

В дополнение к выполненным ранее исследованиям авторами была проведена оценка суточного баланса времени на основании анализа графиков организации работ комбайнов с разной производительностью и маневренностью; результаты графически представлены на рис. 2.

При практически равных временных долях вспомогательных и подготовительно-заключительных операций отрезок времени непосредственной выемки горной массы у комбайна Sandvik MB-670 существенно длиннее, чем у КП-21 при сокращении времени на крепление выработок, поскольку часть операций крепления производится одновременно с проходкой. При этом в условиях шахт АО «СУЭК-Кузбасс» средняя фактическая суточная производительность Sandvik MB-670 составляет 12,1 п.м. против 9,3 п.м. у обладающего большей маневренностью КП-21 при сопоставимых размерах сечений выработок.

Имеющий в качестве аналогов известные решения [21-23], предлагаемый авторами на

основании полученных результатов вариант подготовки выемочных полей [24] заключается в том, что проведение конвейерного и вентиляционного штреков осуществляют комбайнами с разной производительностью и маневренностью, первоначально проходят комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью участок конвейерного штрека на длину, достаточную для монтажа в нем комбайна с большей производительностью и меньшей маневренностью, формируют дополнительную сбойку напротив предполагаемой демонтажной камеры очистного комплекса с учетом требуемых размеров оставляемого охранного целика и в обратном направлении сопрягаемый участок вентиляционного штрека сдвоенного забоя, далее конвейерный штрек проходят комбайном с большей производительностью и меньшей маневренностью, а вентиляционный штрек и сбойки – комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью, который в продолжение последней сбойки формирует монтажную камеру очистного комплекса с учетом требуемых размеров оставляемого охранного целика.

Предлагаемое техническое решение поясняется чертежами, где на рис. 3 изображена схема проходки участка конвейерного штрека на длину, достаточную для монтажа в нем комбайна с большей производительностью и меньшей маневренностью; на рис. 4 – схема начала проходки конвейерного штрека комбайном с большей производительностью и меньшей маневренностью и продолжения проходки вентиляционного штрека комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью после формирования дополнительной сбойки напротив предполагаемой демонтажной камеры очистного комплекса; на рис. 5 – схема дальнейшей проходки конвейерного

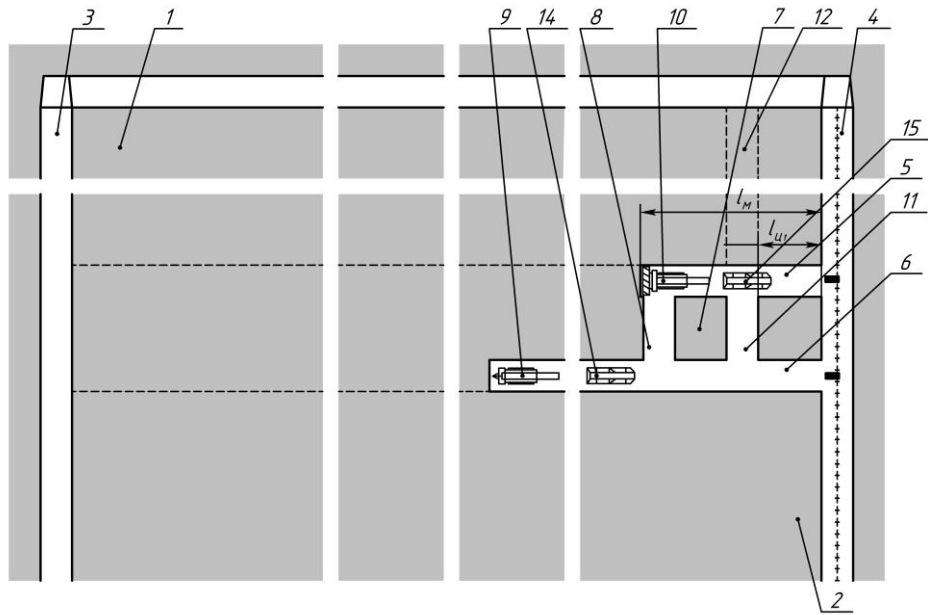


Рис. 4. Схема начала совместной проходки штреков и сбоек комбайнами.
 Fig. 4. Scheme of the beginning of joint driving of drifts and failures by combines.

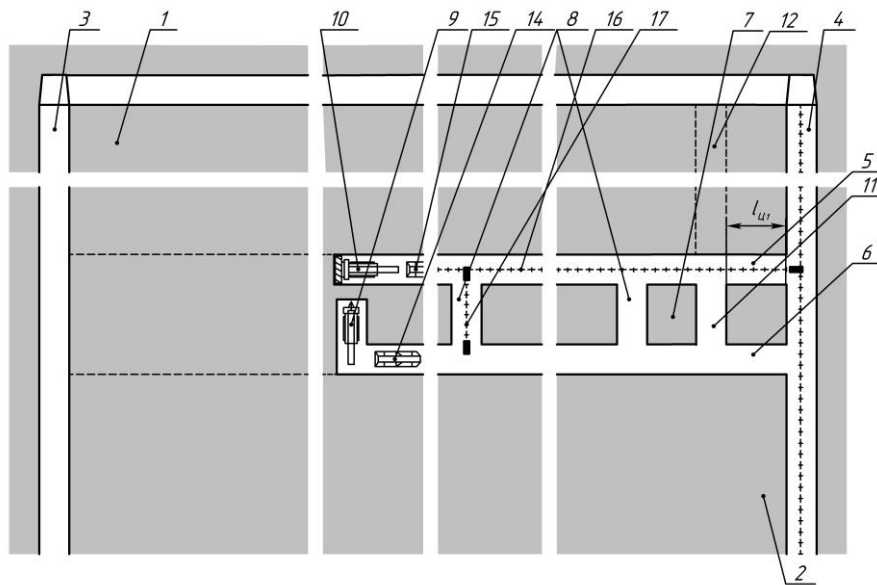


Рис. 5. Схема дальнейшей совместной проходки штреков и сбоек комбайнами.
 Fig. 5. Scheme of the further joint driving of drifts and failures by combines.

штрека комбайном с большей производительностью и меньшей маневренностью, вентиляционного штрека и сбоек – комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью; на рис. 6 – схема завершения проходки конвейерного и вентиляционного штреков и формирования комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью в продолжение последней сбойки монтажной камеры очистного комплекса с учетом требуемых размеров оставляемого охранного целика; на рис. 7 – выемочный столб, готовый к отработке.

Подготовка выемочных столбов 1, 2 по

простирацию пласта осуществляется путем проведения и крепления фланговых выработок 3 и 4, конвейерных 5 и вентиляционных 6 штреков сдвоенными забоями. При этом оставляют угольный целик 7 между конвейерным штреком 5 подлежащего непосредственно отработке столба 1 и вентиляционным штреком 6 столба 2, подлежащего отработке следующим. В угольном целике 7 между штреками 5 и 6 проводят с требуемым шагом вентиляционные сбойки 8 (рис. 3).

Согласно [20] проведение конвейерного 5 и вентиляционного 6 штреков осуществляют

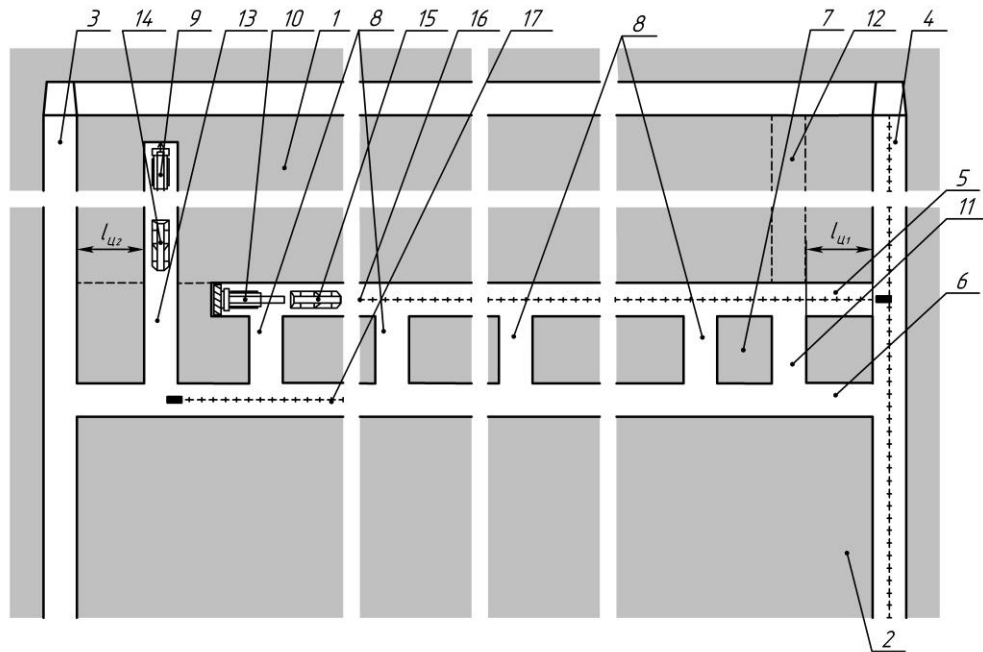


Рис. 6. Схема завершения совместной проходки штреков и сбоек комбайнами.
Fig. 6. Scheme of the completing of joint driving of drifts and failures by combines.

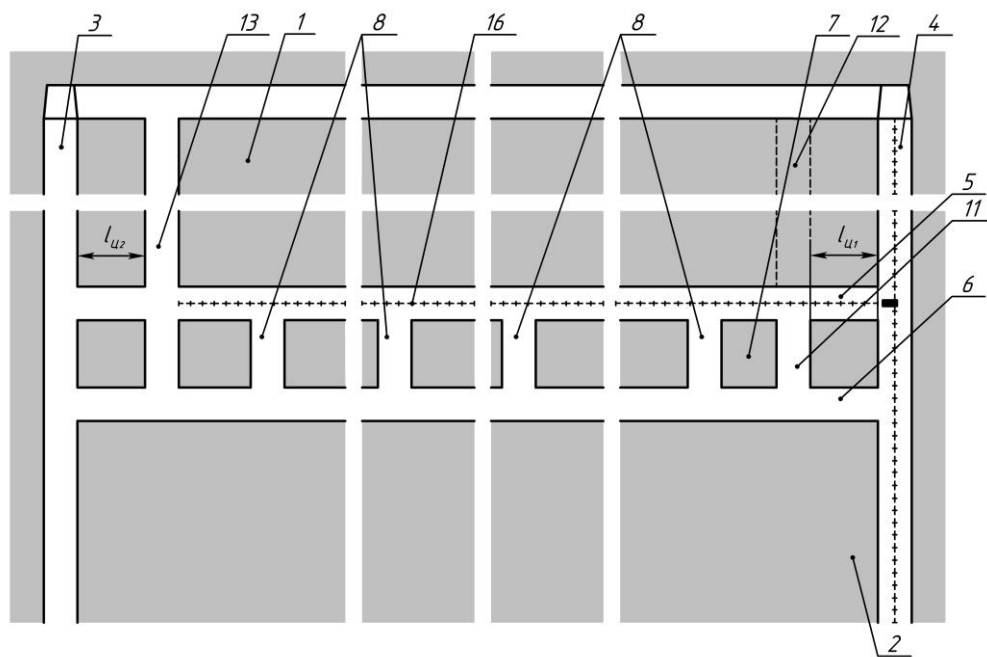


Рис. 7. Схема выемочного столба, готового к отработке.
Fig. 7. The scheme of the excavation column, ready for mining.

комбайнами 9 и 10 с разной производительностью и маневренностью. Первоначально проходят комбайном 9 с меньшей производительностью и большей маневренностью участок конвейерного штрека 5 на длину l_M , достаточную для монтажа в нем комбайна 10 с большей производительностью и меньшей маневренностью (рис. 3), формируют дополнительную сбойку 11 напротив предполагаемой монтажной камеры 12 очистного комплекса с учетом требуемых размеров

$l_{цд}$ оставляемого охранного целика и в обратном направлении сопрягаемый участок вентиляционного штрека 6 сдвоенного забоя (рис. 4).

Далее конвейерный штрек 5 проходит комбайном 10 с большей производительностью и меньшей маневренностью, а вентиляционный штрек 6 и сбойки 8 – комбайном 9 с меньшей производительностью и большей маневренностью (рис. 6), который в продолжение последней сбойки

Таблица. Технические характеристики проходческих комбайнов
 Table. Technical characteristics of roadheaders

Показатель	Комбайн	
	МВ - 670	Урал - 400 (проект)
1	2	3
Техническая характеристика		
Габаритные размеры, м	11,367x4,85x2,7	13,7x4,6x2,9
Масса, т	95	150
Ширина выработки, м	5,2	5,2
Высота выработки, м	3,0-3,6	3,1-4,5
Ширина барабана, м	5,2	5,2
Телескопичность барабана, м	1,0	1,0
Скорость резания, м/с	1,5	1,88
Длина уширителей барабана, м	0,25	0,3
Ширина погрузочного стола, м	5,2	5,2
Телескопичность погрузочного стола, м	0,45	1,0
Скорость цепи конвейера, м/с	3,7	2,44
Высота сброса конвейера, м	1,11-2,475	1,5-2,8
Производительность п.м./мес	242	400
Энергопотребление		
Общая энерговооруженность забоя, в т. ч.:	851	990
Проходческий комбайн	546	685
Самоходный вагон	145	
Бункер-перегрузатель	160	
Среднее время работы в сутки	18	
Среднее время работы в месяц	360	
Стоимость 1 кВт/ч	2,59	
Затраты на энергопотребление в сутки, руб	39673,52	46153,68
Затраты на энергопотребление в месяц, руб	793472,40	923076
Себестоимость проведения 1 п.м., руб	3278,81	2307,69
Амортизация (норма амортизации 20%/год)		
Стоимость амортизационных затрат, руб/год	92242276,00	69425000,00
Стоимость амортизационных затрат, руб/мес	7686856,33	5785416,67
Себестоимость проведения 1 п.м., руб	31763,87	14463,54
Фонд оплаты труда бригады		
Итоговый ФЗП бригады, руб./мес	4068199,75	
Себестоимость проведения 1 п.м., руб	16810,74	
Общая себестоимость проведения 1 п.м., руб	51853,42	33581,97

формирует монтажную камеру 13 очистного комплекса с учетом требуемых размеров $l_{ц2}$ оставляемого охранного целика (рис. 7).

Транспортировка отбитой горной массы осуществляется следующим образом. Комбайны 9 и 10 работают в комплексе с самоходными вагонами 14 и 15, первоначально – непосредственно на погрузочный комплекс (рис. 3, 4), а затем по мере удлинения штреков 5 и 6, самоходный вагон 15 доставляет горную массу от комбайна 10 к телескопическому конвейеру 16, а самоходный вагон 14 от комбайна 9 – туда же через передвижной конвейер 17 (рис. 5, 6) – и далее на погрузочный комплекс шахты (на чертежах не показан). Конвейеры 16 и 17 снабжены устройствами для перегрузки горной массы.

Графики организации работ комбайнов 9 и 10

и функционирующих совместно с ними транспортных комплексов могут быть спланированы таким образом, что их оборудование монтируется, эксплуатируется при проходке штреков (как было описано выше), демонтируется и транспортируется к месту дальнейшей эксплуатации независимо друг от друга в пространстве шахтного поля и во времени на выполнение основных и вспомогательных операций.

В дальнейшем выемку угля в столбах 1, 2 осуществляют длинными очистными забоями (рис. 7). Добыча в столбе 1 осуществляется при движении очистного комплекса от монтажной камеры 13, где он предварительно смонтирован под защитой оставляемого ранее охранного целика требуемых размеров $l_{ц2}$. По мере перемещения

очистного комплекса телескопический конвейер 16 сокращается, конвейерный штрек 5 гасится, свежая струя воздуха поступает по вентиляционному штреку 6 и вентиляционным сбойкам 8. При достижении места расположения предполагаемой демонтажной камеры 12 добыча останавливается, под защитой оставляемого ранее охранного целика требуемых размеров $l_{ч1}$ производится демонтаж очистного комплекса и его транспортировка через дополнительную сбойку 11, далее – по вентиляционному штреку 6 в любом необходимом направлении.

Таким образом, эффективность заявленного технического решения обеспечивается за счет того, что:

- при подготовке выемочных столбов к обработке проведение конвейерных и вентиляционных штреков сдвоенными забоями с оставлением угольного целика, проведение с требуемым шагом вентиляционных сбоек в угольном целике осуществляют комбайнами с разной производительностью и маневренностью, что позволяет развязать осуществляемые с их помощью работы на выполнение основных и вспомогательных операций в пространстве шахтного поля и во времени;

- первоначально проходят комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью участок конвейерного штрека на длину, достаточную для монтажа в нем комбайна с большей производительностью и меньшей маневренностью, формируют дополнительную сбойку напротив предполагаемой демонтажной камеры очистного комплекса с учетом требуемых размеров оставляемого охранного целика и в обратном направлении сопрягаемый участок вентиляционного штрека сдвоенного забоя. Тем самым облегчается транспортирование на поверхность отбитого угля по выработкам, так как одновременный монтаж (демонтаж) комплексов проходческого (а затем и очистного) оборудования осуществляется в предварительно сформированных монтажных (демонтажных) камерах;

- в дальнейшем конвейерный штрек проходят комбайном с большей производительностью и меньшей маневренностью, а вентиляционный штрек и сбойки – комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью, который в продолжение последней сбойки формирует монтажную камеру очистного комплекса с учетом требуемых размеров оставляемого охранного целика, чем обеспечивается независимость в пространстве шахтного поля и во времени работ на выполнение основных и вспомогательных операций, монтаж комплекса очистного оборудования осуществляется в предварительно сформированной монтажной камере, что не препятствует транспортированию отбитого угля по

выработкам на поверхность.

Еще одной предпосылкой эффективного внедрения предлагаемого авторами способа подготовки угольного пласта к отработке является производство современных отечественных проходческих комплексов, превосходящих зарубежные аналоги по своим технико-экономическим показателям. Так, в АО «СУЭК-Кузбасс» проходит промышленные испытания проходческий комплекс «Урал-400» производства ОАО «Копейский машиностроительный завод». В таблице проведено сравнение технических характеристик проходческих комбайнов зарубежного и отечественного производства.

Как видно из данных таблицы, внедрение отечественного проходческого комплекса, существенно превосходящего по своей проектной производительности зарубежный аналог, позволяет даже в условиях более высокой энергоемкости процесса проходки снизить себестоимость проведения 1 п.м. выработки более, чем в 1,5 раза за счет низких амортизационных затрат.

Выводы:

1. Выбор длины очистного забоя зависит от горно-геологических и горнотехнических показателей угольного массива и вмещающих пород и, как следствие, оказывает влияние на характер воздействия горного давления на крепь как очистного забоя, так и на крепь прилегающих к нему горных выработок. Кроме того, следует иметь в виду, что в погоне за увеличением добычи угля за счет увеличения длины очистного забоя, скорости его подвигания не следует забывать о допустимой величине обнажения кровли, предельно допустимых концентрациях рудничных газов, пыли, предотвращении самовозгорания и др.; все указанные вопросы нужно решать комплексно.

2. Предлагаемый вариант подготовки угольного пласта к отработке характерен тем, что проведение конвейерного и вентиляционного штреков осуществляют комбайнами с разной производительностью и маневренностью, первоначально проходят комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью участок конвейерного штрека на длину, достаточную для монтажа в нем комбайна с большей производительностью и меньшей маневренностью, формируют дополнительную сбойку напротив предполагаемой демонтажной камеры очистного комплекса с учетом требуемых размеров оставляемого охранного целика и в обратном направлении сопрягаемый участок вентиляционного штрека сдвоенного забоя, далее конвейерный штрек проходят комбайном с большей производительностью и меньшей маневренностью, а вентиляционный штрек и сбойки – комбайном с меньшей производительностью и большей маневренностью,

который в продолжение последней сбойки формирует монтажную камеру очистного комплекса с учетом требуемых размеров оставляемого охранный целика.

3. Для реализации предложенного способа и получения положительного эффекта, как с точки зрения повышения технико-экономических показателей, производительности труда, объема работ, так и для безопасности, уменьшения материальных затрат собственникам угольных

предприятий и государству следует инвестировать ОАО «Копейский машиностроительный завод», «Юргинский машиностроительный завод» для проектирования и серийного выпуска высокопроизводительных, технологичных комбайнов, не уступающим зарубежным образцам по производительности и нагрузочной способности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ютяев, Е.П. Подземная разработка пологих газоносных угольных пластов длинными забоями. – М.: Горная книга, 2017. – 288с.
2. Плакитин, Ю.А. Мировой инновационный проект «Индустрия-4.0» возможности применения в угольной отрасли России. 2. Что «требуется» от угольной отрасли четвертая промышленная революция / Ю.А. Плакитин, Л.С. Плакитина // Уголь, 11, 2017, с. 46-53.
3. Диколенко, Е.Я. Концепция технологического развития подземного способа добычи угля в Российской Федерации / Е.Я. Диколенко, А.Д. Рубан, Н.С. Крашкин // Уголь, 10, 2002, с. 25-29.
4. Aggson, J.R. Coal Mine Floor Heave in the Beckley Coalbed, An Analysis // Bureau of Mines, Denver, CO (USA). 1978, 7 p.
5. Barczak, T.M., Tadolini, S.C. Standing support alternatives in western United States longwalls // Reprint number performed adequately in the twoparticularly difficult for western U. S. 05078, uredenled at the SME Annual Meeting Feb.—Mar., 2005, Pittsburgh, PA.
6. Zubov, V. Status And Directions of Improvement of Development Systems of Coal Seams on Perspective Kuzbass Coal Mines // Journal of Mining Institute. 2017. Vol. 225. P. 292-297.
7. А. с. 898068, СССР, МКИ Е 21 С 41/04. Способ вскрытия, подготовки и разработки горизонтальных и пологих пластов полезных ископаемых / Научно-исследовательский горнорудный институт, В.П. Урванцев, А.Н. Ивденко, В.Х. Барбашев. – Оpubл. В Б.И., 1982. – № 2.
8. А. с. 1666719, СССР, МКИ Е 21 С 41/18. Способ вскрытия и разработки пологого угольного пласта / Государственный проектный институт «Донгипрошахт», А.П. Носань, Б.Б. Зельдин, О.В. Крушельницкий. – Оpubл. В Б.И., 1991. – № 28.
9. А. с. 1701919, СССР, МКИ Е 21 С 41/18. Способ вскрытия и подготовки пологих наклонных угольных пластов / Государственный проектный институт «Донгипрошахт», В.С. Пиховкин, И.А. Южанин [и др.]. – Оpubл. В Б.И. 1991. – № 48.
10. Федорин, В.А. Разработка модульных горнотехнологических структур вскрытия и подготовки шахтных полей Кузнецкого бассейна. Диссертация ... д. т. н., Кемерово, 2000.
11. Егоров, П.В. Исследование влияния длины очистного забоя на проявление горного давления на механизированную крепь / П.В. Егоров., С.Г. Костюк, В.М. Колмагоров, В.П. Белов, К.В. Раскин, Л.М. Синельников // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 6-1 (43), 2004. – С. 99-103.
12. Семенцов, В.В. Обоснование параметров разработки мощных крутых пластов системами с поэтажным обрушением на основе физического моделирования / В.В. Семенцов, С.Г. Костюк, Н.Т. Бедарев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 4, 2012. - С. 5-10.
13. Патент 136620, РФ, МПК G 09 В 23/00. Устройство для изучения проявлений горного давления на моделях / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», Н.Т. Бедарев, Н.Б. Ковалев, С.Г. Костюк, О.В. Любимов [и др.]. – Оpubл. в Б.И., 2014. – № 1.
14. Костюк, С.Г. Имитация отработки угольного пласта с наличием синклинали складки на модели из эквивалентных материалов / С.Г. Костюк, Н.Б. Ковалев, Н.Т. Бедарев, О.В. Любимов, В.В. Семенцов,

Г.А. Ситников // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 5 (105), 2014. – С. 67-70.

15. Патент 163535, РФ, МПК G 09 В 23/00. Устройство для изучения проявлений горного давления на моделях / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», Н.Т. Бедарев, С.Г. Костюк, И.В. Бородин, О.В. Любимов [и др.]. – Оpubл. в Б.И., 2016. – № 20.

16. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Shaikhislamov A. The Mine Working's Roof Stress-Strain State Research In The Perspective Of Development Of New Coal Deposits Of Kuzbass // E3S Web of Conferences, The Second International Innovative Mining Symposium, 2017.

17. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Shaikhislamov A. The Relationship Between The Manifestations Of Rock Pressure And The Relative Deformation Of Surrounding Rocks // E3S Web Of Conferences, 2017.

18. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Kovalyov N. Searching For The Optimal Parameters Of The Thick Steep Seams' Under-Level Development // E3S Web of Conferences Electronic edition, 2018.

19. Ситников, Г.А. Целесообразность ведения очистных работ в забоях длиной 400 м / Г.А. Ситников, С.И. Казаченко, С.С. Породин // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: 6-я Международная научно-практическая конференция / Филиал КузГТУ в г. Прокопьевске. – Прокопьевск, 2018. – С. 69-74.

20. Ситников, Г.А. Оценка эффективности производства механизированной проходки подземных горных выработок / Г.А. Ситников, С.С. Породин // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: 5-я Международная научно-практическая конференция / Филиал КузГТУ в г. Прокопьевске. – Прокопьевск, 2016. – С. 57-61.

21. Пучков, Л.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых / Л.А. Пучков, Ю.А. Жежелевский. – М., Горная книга, 2013, Т. 2, с.49-53.

22. А. с. 819339, СССР, МКИ Е 21 С 41/04. Способ разработки мощных пологих угольных пластов / Государственный научно-исследовательский, проектно-конструкторский проектный угольный институт; Ю. Н. Бессонов [и др.]. – Оpubл. в Б.И., 1981. – № 13.

23. Патент 2278262, РФ, МПК Е21С 41/18, Е21F 1/00. Способ вскрытия и подготовки шахтного поля пологого угольного пласта / Институт угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, В.Д. Явлевский, В. А. Федорин, Б. А. Анферов, Е. Л. Варфоломеев. – Оpubл. в Б.И., 2006. – № 17.

24. Патент 2655502, РФ, МПК Е 21 С 41/18. Способ подготовки угольного пласта к отработке / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», С.Г. Костюк, Г.А. Ситников [и др.]. – Оpubл. в Б.И., 2018. – № 16.

REFERENCES

1. Yutyaev, E.P. Podzemnaya razrabotka pologikh gazonosnykh ugol'nykh plastov dlinnymi zoboyami [Underground mining of shallow gas-bearing coal seams with long faces]. Moscow, Gornaya kniga, 2017. 288 p.

2. Plakitin, Yu.A., Plakitina L.A. Mirovoy innovatsionnyy proekt «Industriya-4.0» vozmozhnosti primeneniya v ugol'noy otrasli Rossii. 2. Chto «trebuet» ot ugol'noy otrasli chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya [Industry-4.0, a global innovative project, the possibility of application in the Russian coal industry. 2. What “requires” the fourth industrial revolution from the coal industry]. Ugol', 11, 2017. P. 46-53.

3. Dikolenko, E.Ya., Ruban A.D., Krashkin N.S. Kontsepsiya tekhnologicheskogo razvitiya podzemnogo sposoba dobychi uglya v RF [The concept of technological development of the underground method of coal mining in the Russian Federation]. Ugol', 10, 2002. P. 25-29.

4. Aggson, J.R. Coal Mine Floor Heave in the Beckley Coalbed, An Analysis // Bureau of Mines, Denver, CO (USA). 1978. 7 p.

5. Barczak, T.M., Tadolini, S.C. Standing support alternatives in western United States longwalls // Reprint number performed adequately in the twoparticularly difficult for western U. S. 05078, uresenled at the SME Annual Meeting Feb.—Mar., 2005, Pittsburgh, PA.

6. Zubov, V. Status And Directions of Improvement of Development Systems of Coal Seams on Perspective Kuzbass Coal Mines // Journal of Mining Institute. 2017. Vol. 225. P. 292-297.

7. 7. Certificate of authorship 898068, USSR, MKI E 21 C 41/04. Sposob vskrytiya, podgotovki i razrabotki gorizonta'nykh i pologikh plastov poleznykh iskopaemykh / Nauchno-issledovatel'skiy gornorudnyy institut, V.P. Urvantsev, A.N. Ivdenko, V.Kh. Barbashev. – Opubl. V B.I., 1982. – No. 2.

8. 8. Certificate of authorship 1666719, USSR, MKI E 21 C 41/18. Sposob vskrytiya i razrabotki pologogo ugol'nogo plasta / Gosudarstvennyy proektnyy institut «Dongiproshakht», A.P. Nosan', B.B. Zel'din, O.V. Krushel'nitskiy. – Opubl. V B.I., 1991. – No. 28.

9. 9. Certificate of authorship 1701919, USSR, MKI E 21 C 41/18. Sposob vskrytiya i podgotovki pologikh naklonnykh ugol'nykh plastov / Gosudarstvennyy proektnyy institut «Dongiproshakht», V.S. Pikhovkin, I.A. Yuzhanin [i dr.]. – Opubl. V B.I.1991. No. 48.

10. Fedorin, V.A. Razrabotka modul'nykh gornotekhnologicheskikh struktur vskrytiya i podgotovki shakhtnykh poley Kuznetskogo basseyna [Development of modular mining technology structures for opening and preparing mine fields in the Kuznetsk basin]. Dissertatsiya ... d. t. n., Kemerovo, 2000.

10. Egorov, P.V. Issledovanie vliyaniya dliny ochistnogo zaboya na proyavlenie gornogo davleniya na mekhanizirovannuyu krep' / P.V. Egorov., S.G. Kostyuk, V.M. Kolmagorov, V.P. Belov, K.V. Raskin, L.M. Sinel'nikov // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 6-1 (43), 2004. – P. 99-103.

11. Sementsov, V.V. Obosnovanie parametrov razrabotki moshchnykh krutykh plastov sistemami s podetazhnym obrusheniem na osnove fizicheskogo modelirovaniya / V.V. Sementsov, S.G. Kostyuk, N.T. Bedarev // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal), 4, 2012. - P. 5-10.

12. Patent 136620, RF, MPK G 09 B 23/00. Ustroystvo dlya izucheniya proyavleniy gornogo davleniya na modelyakh / Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva», N.T. Bedarev, N.B. Kovalev, S.G. Kostyuk, O.V. Lyubimov [i dr.]. – Opubl. v B.I., 2014. – No. 1.

13. Kostyuk, S.G. Imitatsiya otrabotki ugol'nogo plasta s nalichiem sinklinal'noy skladki na modeli iz ekvivalentnykh materialov / S.G. Kostyuk, N.B. Kovalev, N.T. Bedarev, O.V. Lyubimov, V.V. Sementsov, G.A. Sitnikov // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 5 (105), 2014. – P. 67-70.

14. Patent 163535, RF, MPK G 09 B 23/00. Ustroystvo dlya izucheniya proyavleniy gornogo davleniya na modelyakh / Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva», N.T. Bedarev, S.G. Kostyuk, I.V. Borodin, O.V. Lyubimov [i dr.]. – Opubl. v B.I., 2016. – No. 20.

15. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Shaikhislamov A. The Mine Working's Roof Stress-Strain State Research In The Perspective Of Development Of New Coal Deposits Of Kuzbass // E3S Web of Conferences, The Second International Innovative Mining Symposium, 2017.

16. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Shaikhislamov A. The Relationship Between The Manifestations Of Rock Pressure And The Relative Deformation Of Surrounding Rocks // E3S Web Of Conferences, 2017.

17. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Kovalyov N. Searching For The Optimal Parameters Of The Thick Steep Seams' Under-Level Development // E3S Web of Conferences Electronic edition, 2018.

18. Sitnikov, G A., Kazachenko S.I., Porodin S.S. Tselesoobraznost' vedeniya ochistnykh rabot v zaboyakh dlinoy 400 m [The feasibility of conducting treatment work in the faces of 400 m]. Perspektivy innovatsionnogo razvitiya ugol'nykh regionov Rossii: 6-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya / Filial KuzGTU v g. Prokop'evske. Prokop'evsk, 2018. P. 69-74.

19. Sitnikov, G.A., Porodin, S.S. Otsenka effektivnosti proizvodstva mekhanizirovannoy prokhodki podzemnykh gornykh vyrabotok [Evaluation of the effectiveness of the production of mechanized underground mining]. Perspektivy innovatsionnogo razvitiya ugol'nykh regionov Rossii: 5-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya / Filial KuzGTU v g. Prokop'evske. Prokop'evsk, 2016. P. 57-61.

20. Puchkov, L.A., Zhezhelevskiy, Yu.A. Podzemnaya razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Underground mining]. Moscow, Gornaya kniga, 2013, V. 2, p.49-53.

21. Certificate of authorship 819339, USSR, MKI E 21 C 41/04. Sposob razrabotki moshchnykh pologikh ugol'nykh plastov / Gosudarstvennyy nauchno-issledovatel'skiy, proektno-konstruktorskiy proektnyy ugol'nyy institut; Yu.N. Bessonov [i dr.]. – Opubl. v B.I., 1981. – No. 13.

22. Patent 2278262, RF, MPK E21C 41/18, E21F 1/00. Sposob vskrytiya i podgotovki shakhtnogo polya pologogo ugol'nogo plasta / Institut uglya i uglekhimii Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, V.D. Yavlevskiy, V.A. Fedorin, B.A. Anferov, E.L. Varfolomeev. – Opubl. V B.I., 2006. – No. 17.

23. Patent 2655502, RF, МПК Е 21 С 41/18. Sposob podgotovki ugol'nogo plasta k otrabotke / Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet imeni T.F. Gorbacheva», S.G. Kostyuk, G.A. Sitnikov [i dr.]. – Opubl. v B.I., 2018. – No. 16.

Поступило в редакцию 05.02.2020

Received 05 February 2020