

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 622.014.02

DOI: 10.26730/1999-4125-2025-3-148-159

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЧЕЛНОКОВОЙ СХЕМЫ РАБОТЫ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

Филимонов Константин Александрович,  
Капанина Анна Викторовна

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

\* для корреспонденции: fka.rmpip@kuzstu.ru



### Информация о статье

Поступила:

15 ноября 2024 г.

Одобрена после  
рецензирования:

10 июня 2025 г.

Принята к публикации:

20 июня 2025 г.

Опубликована:

26 июня 2025 г.

### Ключевые слова:

схема выемки,  
производительность  
очистного комбайна, длина  
забоя, скорость подачи,  
мощность приводов, ширина  
захвата

### Аннотация.

Возможность увеличения добычи при конкретной схеме выемки следует рассматривать в аспекте увеличения длины забоя, скорости подачи, энерговооруженности и ширины захвата комбайна. За последние несколько десятков лет произошло увеличение этих параметров, особенно энерговооруженности. Это способствовало значительному росту суточной добычи. В статье исследуется потенциал этих параметров в увеличении добычи, оценивается целесообразность их дальнейшего увеличения при неизменности схемы выемки. Исследование выполнено для пласта мощностью 2,5 м с сопротивляемостью резанию 260 кН/м. Установлены элементы, составляющие работу комбайна в пределах очистного цикла при челноковой схеме выемки. Предложена классификация элементов цикла по нескольким признакам. На основе продолжительности элементов определена продолжительность цикла выемки при значениях длины забоя от 200 до 400 м и рабочей скорости подачи очистного комбайна от 3 до 30 м/мин. Результаты представлены в виде диаграмм с распределением элементов, слагающих выемочный цикл, по укрупненным группам. Установлена мощность приводов комбайна, требуемая для обеспечения рабочей скорости подачи комбайна в конкретных условиях. Определена суточная эксплуатационная производительность очистного комбайна в рассматриваемом диапазоне условий. Результаты представлены в виде графиков зависимости производительности от рабочей скорости подачи и соответствующей ей требуемой мощности приводов комбайна при различных значениях длины забоя. Установлено, что рабочую скорость подачи до 30 м/мин в рассмотренных условиях могут обеспечить только комбайны с максимальной на сегодняшний день энерговооруженностью ( $\approx 2600$  кВт). Произведена оценка перехода от выемки с шириной захвата 0,8 м к 1,0 м. Определена скорость подачи и эксплуатационная производительность комбайна при различной длине лавы при ширине захвата 1,0 м. Представлены выводы о потенциале увеличения суточной добычи при челноковой схеме выемки путем применения более мощных комбайнов, увеличения длины забоя, увеличения ширины захвата.

**Для цитирования:** Филимонов К.А., Капанина А.В. Исследование технологических возможностей челноковой схемы работы очистного комбайна // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 3 (169). С. 148-159. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-3-148-159, EDN: SCOZEJ

### Введение

Одним из основных технологических параметров шахты является суточная нагрузка на очистной забой. В условиях снятия или изначально отсутствия ограничения нагрузки на забой по газовому фактору суточная нагрузка зависит от технических возможностей очистного оборудования и эффективности технологических схем его использования. В этом аспекте, как определяющие, следует отметить процессы очистной выемки, выполняемые с помощью комбайна: отбойку, дробление и погрузку угля. Именно эти процессы изначально определяют уровень добычи, а остальные процессы и оборудование должны обеспечивать соответствие эксплуатационной производительности комбайна  $Q_3$ .

Эффективность процессов отбойки, дробления и погрузки угля комбайном с начала их широкого внедрения в середине XX века увеличилась. В значительной степени это связано с развитием конструкции комбайнов и увеличением их энерговооруженности. Важными этапами эволюции конструкции комбайнов можно считать внедрение комбайнов с разнесенными по концам корпуса шнековыми исполнительными органами и переход от выемки ниш к самозарубке. Это способствовало распространению челноковой схемы работы комбайна с самозарубкой на концевых участках.

В настоящее время отечественная горная терминология и нормативная база озвучивают три схемы выемки: челноковую, одностороннюю и двустороннюю [1, 2]. Эти схемы применяются и за рубежом [3, 4, 5]. Двусторонняя схема, по сути, является модификацией односторонней. Схемы выемки консервативны и практически не меняются с момента появления. По сути, они являются набором операций, выполняемых в определенной последовательности. В одинаковых условиях озвученные схемы выемки будут обеспечивать различную эксплуатационную производительность очистного комбайна. В рамках конкретной схемы технологические возможности изменения эксплуатационной производительности определяются количеством циклов  $n_{ц}$  и добычей с цикла  $Q_{ц}$  [см. ф. (1)].

Количество циклов в сутки зависит от скорости подачи комбайна  $V$ , которая является производной от мощности приводов  $N_y$ . Энерговооруженность очистных комбайнов отмеченного выше типа с момента их появления увеличилась примерно в 10 раз. Внедрение более мощных комбайнов позволило производить выемку с большей скоростью, что способствовало уменьшению продолжительности очистного цикла и, соответственно, увеличению количества циклов

в сутки. Известно, что очистной комбайн производит отбойку только часть продолжительности цикла. Поэтому при неизменности технологических схем выемки дальнейший потенциал увеличения суточной нагрузки за счет применения еще более мощных комбайнов не очевиден.

Добыча с цикла на пласте конкретной мощности определяется длиной очистного забоя  $l_3$  и шириной захвата исполнительного органа комбайна  $r$ . Эти два параметра также влияют на технологические возможности схемы выемки. Тенденция к увеличению длины забоя особенно проявлялась в последние 20÷30 лет. Увеличение длины очистного забоя способствует повышению эксплуатационной производительности комбайна за счет увеличения доли выемки в продолжительности цикла (коэффициента машинного времени). Ориентиром можно считать значение  $l_3 = 400$  м, достигнутое и ведущим производителем угля РФ [6, 7, 8]. Однако дальнейшего увеличения, за исключением единичных случаев, не происходит. Есть мнение, что тенденция к увеличению мощности приводов и длины очистного забоя близка к пределам технической и экономической целесообразности [4].

Ширина захвата шнековых комбайнов с момента внедрения челноковой схемы увеличилась более чем в 2 раза. На предыдущих этапах технической эволюции стандартными были значения 0,5 м и 0,63 м. В последние 20÷30 лет базовым стало значение  $r = 0,8$  м, а ведущие производители могут комплектовать комбайны шнеками шириной 1 м и более [9]. С одной стороны, увеличение ширины захвата увеличит добычу с цикла. С другой стороны, при конкретном значении мощности приводов  $N_y$  увеличение  $r$  потребует большего тягового усилия, т. е. снизит скорость подачи комбайна (см. ф. [2]) и, соответственно, количество циклов. Поэтому оценка изменения ширины захвата также актуальна в аспекте исследования технологических возможностей конкретной схемы выемки.

Идея исследования заключается в анализе влияния отмеченных выше трех параметров ( $N_y$ ,  $l_3$  и  $r$ ) на эксплуатационную производительность комбайна  $Q_3$ . Исходя из этого, была сформулирована цель исследования – оценка потенциала увеличения суточной нагрузки на забой в рамках конкретной схемы работы очистного комбайна. На данном этапе исследования рассматривается челноковая схема, которая теоретически является более производительной за счет отсутствия в цикле прохода комбайна по зачистке почвы (выемке уступа). Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

Таблица 1. Элементы челноковой схемы работы комбайна  
Table 1. Elements of the shearer bi-directional cutting sequence

№	Название элементов	Челноковая схема работы
1	Смена положения шнеков и погрузочных щитков	
2	Выемка угля по зарубке в пласт	
3	Смена положения шнеков и погрузочных щитков	
4	Выравнивание конвейера, передвижка приводной станции и перегружателя	
5	Выемка «клина»	
6	Смена положения шнеков и погрузочных щитков	
7	Холостой ход	
8	Выемка полосы угля (линейная часть)	
9	Выемка полосы угля (концевая часть)	

Таблица 2. Укрупненные группы элементов челноковой схемы работы комбайна  
Table 2. The enlarged groups of elements of the shearer bi-directional cutting sequence

№	Название элементов	Укрупненные группы
1	Смена положения шнеков и погрузочных щитков	Отбойка не выполняется
3		
6		
4		
7	Холостой ход	Отбойка по зарубке
2	Выемка угля по зарубке в пласт	
5	Выемка «клина»	
8	Выемка полосы угля (линейная часть)	Отбойка с номинальной шириной захвата
9	Выемка полосы угля (концевая часть)	

– установить элементы, составляющие работу комбайна в пределах очистного цикла при классическом варианте челноковой схемы его работы;

– провести анализ установленных элементов и классифицировать их;

– определить суточную эксплуатационную производительность очистных комбайнов  $Q_3$  с различными значениями установленной мощности приводов  $N_y$ , рабочей скорости подачи  $V_{кр}$ , длины очистного забоя  $l_3$  и ширины захвата исполнительного органа  $r$ ;

– провести анализ влияния увеличения значений мощности  $N_y$ , длины забоя  $l_3$  и ширины захвата  $r$  на производительность очистного комбайна  $Q_3$ .

Под классическим понимается вариант с самозарубкой комбайна косыми заездами на концевом участке забоя.

#### Методика исследования

Для решения первой задачи была составлена схема, характеризующая работу комбайна (Таблица 1). Далее схема была разделена на элементы, каждый из которых отражает некоторое состояние комбайна, занимающее определенное время в пределах очистного цикла. Для челноковой схемы было выделено 9 элементов.

Во все элементы «выемка» входит отбойка, дробление и погрузка угля. Элемент № 9 выделен в отдельный, так как скорость подачи в концевой части снижается до полной остановки комбайна.

Анализ установленных элементов показал, что их следует отнести в разные группы. При этом классификационными признаками могут быть:

- состояние комбайна (движение или стационарное состояние);
- скорость подачи комбайна (номинальная или уменьшенная);
- функция комбайна при движении (выемка или холостой ход);
- полнота использования исполнительных органов (номинальная или уменьшенная);
- интенсивность отбойки угля (номинальная или уменьшенная).

Под интенсивностью отбойки понимается производительность комбайна, учитывающая скорость подачи и (или) полноту использования исполнительных органов. Номинальную интенсивность можно считать теоретической производительностью комбайна в данных условиях выемки.

Элементы рассматриваемой схемы распределены на 6 групп, выделенных

различным цветом в Таблице 1. Элементы с 1 по 7 входят в состав концевых операций. Из 9 элементов только 4 предполагают выемку угля, причем 3 из них (№ 2, № 5 и № 9) – при уменьшенной скорости подачи, и, соответственно, с уменьшенной интенсивностью отбойки. Кроме того, два из них (№ 2 и № 5) предполагают отбойку с уменьшенной полнотой использования исполнительных органов. Остальные 5 элементов (№ 1, № 3, № 4, № 6, № 7) представляют собой три группы, не предполагающие отбойку угля.

В результате анализа было принято решение укрупнить группы элементов, а именно распределить их в три группы по следующим классификационным признакам (Таблица 2):

- отбойка не выполняется (холостой ход и стационарное состояние);
- отбойка по зарубке (с уменьшенной полнотой использования исполнительных органов);
- отбойка с номинальной шириной захвата (с номинальной полнотой использования

Таблица 3. Исходные данные для определения продолжительности цикла выемки  $t_{ц}$   
Table 3. Initial data for determining the duration of the mining cycle  $t_c$

Исходные данные	Значение
Мощность пласта $m$ , м	2,5
Плотность угля $g$ , т/м <sup>3</sup>	1,35
Ширина захвата исполнительного органа комбайна $r$ , м	0,8; (1,0)
Сопrotивляемость пласта резанию в неотжатой зоне массива $A$ , кН/м	260
Удельная энергоёмкость процесса разрушения угля $H_w$ , кВт×ч/т	0,54; (0,57)
Длина очистного забоя $l_3$ , м	200÷400
Длина участка самозарубки $l_{c3}$ , м	30
Рабочая скорость подачи комбайна $V_{кр}$ , м/мин	3÷30
Скорость подачи комбайна на концевом участке и при самозарубке $V_{кз}$ , м/мин	$0,5V_{кр}$
Скорость подачи комбайна при холостом ходе $V_{кх}$ , м/мин	$0,75V_{кр}$

Таблица 4. Определение продолжительности элементов схемы работы комбайна  
Table 4. Determination of the duration of the elements of the shearer cutting sequence

№	Название элементов	Продолжительность
1	Смена положения шнеков и погрузочных щитков	3 мин
3*		
6		
4	Выравнивание конвейера, передвижка приводной станции и	5 мин
7	Холостой ход	$l_{c3} / 0,75V_{кр}$
2	Выемка угля по зарубке в пласт	$l_{c3} / 0,5V_{кр}$
5	Выемка «клина»	
8	Выемка полосы угля (линейная часть)	$(l_3 - l_{c3}) / V_{кр}$
9	Выемка полосы угля (концевая часть)	$l_{c3} / 0,5V_{кр}$

\*Примечание. Продолжительность элемента № 3 не учитывается, так как он совмещен с элементом №

исполнительных органов).

Суточная эксплуатационная производительность комбайна в данном исследовании определялась по формуле

$$Q_3 = n_{ц} \cdot Q_{ц}, \quad (1)$$

где  $Q_3$  – суточная эксплуатационная производительность комбайна, т;  $n_{ц}$  – количество циклов в сутки;  $Q_{ц}$  – добыча с цикла, т.

Значение  $n_{ц}$  определялось без округления до целого числа, исходя из продолжительности цикла выемки  $t_{ц}$  для трех рабочих смен по 6 часов, с учетом продолжительности подготовительно-заключительных операций  $t_{пз} = 25$  мин. При этом значение  $t_{ц}$  рассчитывалось как сумма продолжительностей несомещенных элементов схемы работы комбайна, установленных выше. Анализ элементов выемочного цикла используется в других исследованиях, рассматривающих суточную добычу [3, 10], и может считаться достоверным методом.

Для части элементов продолжительность принята в виде фиксированных значений. Для другой части, предполагающей перемещение комбайна, значения рассчитаны исходя из протяженности участка забоя и скорости подачи на этом участке. Исходные данные примера расчета и данные для определения

продолжительности элементов представлены в Таблицах 3 и 4.

Значения рабочей скорости подачи комбайна  $V_{кр}$  при  $r = 0,8$  м приняты в диапазоне 3÷30 м/мин, так как, исходя из заявляемых производителями характеристик, его можно считать приблизительно соответствующим рассматриваемому типу комбайна от моделей, применение которых на шахтах завершается, до наиболее мощных современных моделей ведущих мировых производителей.

Расчет мощности приводов комбайна  $N_T$ , требуемой для обеспечения рабочей скорости подачи комбайна  $V_{кр}$ , производился по ф. (2), полученной из известных зависимостей, отражающих взаимосвязь мощности с производительностью комбайна и скоростью подачи [2, 11, 12]:

$$N_T = m \cdot r \cdot V_{кр} \cdot \gamma \cdot 60 \cdot H_w, \quad (2)$$

где  $N_T$  – требуемая мощность приводов комбайна, кВт;  $m$  – мощность пласта, м;  $r$  – ширина захвата исполнительного органа комбайна, м;  $V_{кр}$  – рабочая скорость подачи комбайна, м/мин;  $\gamma$  – плотность угля, т/м<sup>3</sup>;  $H_w$  – удельная энергоемкость процесса разрушения угля, кВт·ч/т.

В рамках данного исследования значения  $H_w$  приняты по рекомендациям стандарта [2] исходя

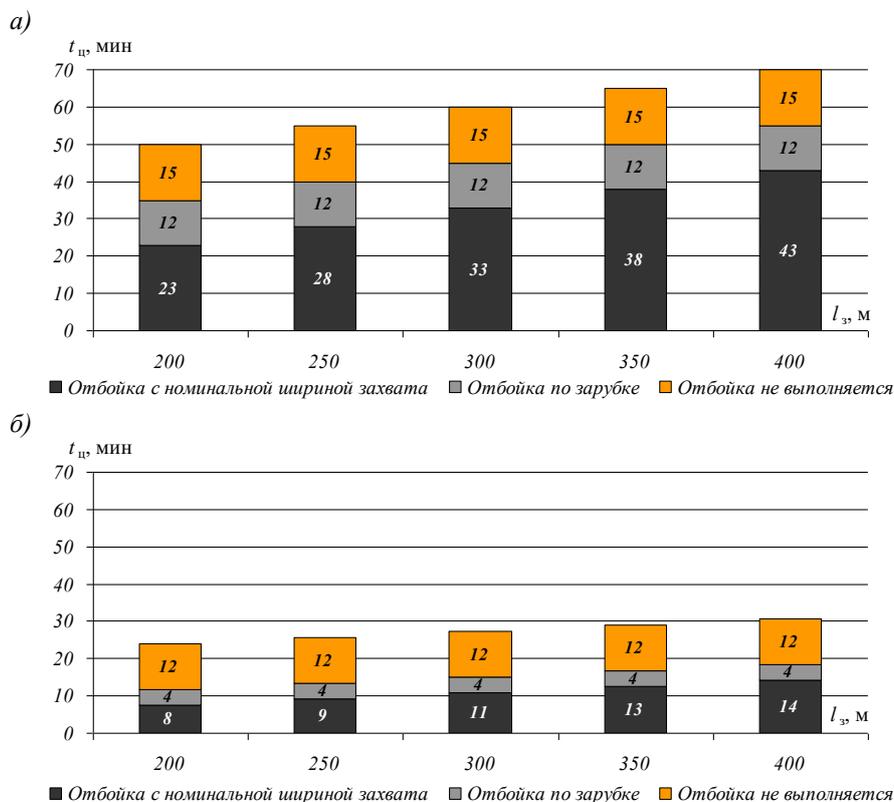


Рис. 1. Значения продолжительности цикла выемки  $t_{ц}$  при рабочей скорости подачи комбайна 10 м/мин (а) и 30 м/мин (б)

Fig. 1. The duration of the mining cycle  $t_{ц}$  at the shearer operation haulage speed 10 m/min (a) and 30 m/min (b)

из сопротивляемости пласта резанию в краевой (отжогой) части  $A_{от}$ . Значение  $A_{от}$  определялось через коэффициент отжима:

$$A_{от} = k_{от} \cdot A, \quad (3)$$

где  $A_{от}$  – сопротивляемость пласта резанию в краевой (отжогой) части, кН/м;  $k_{от}$  – коэффициент отжима угля;  $A$  – сопротивляемость пласта резанию в неотжогой зоне массива, кН/м.

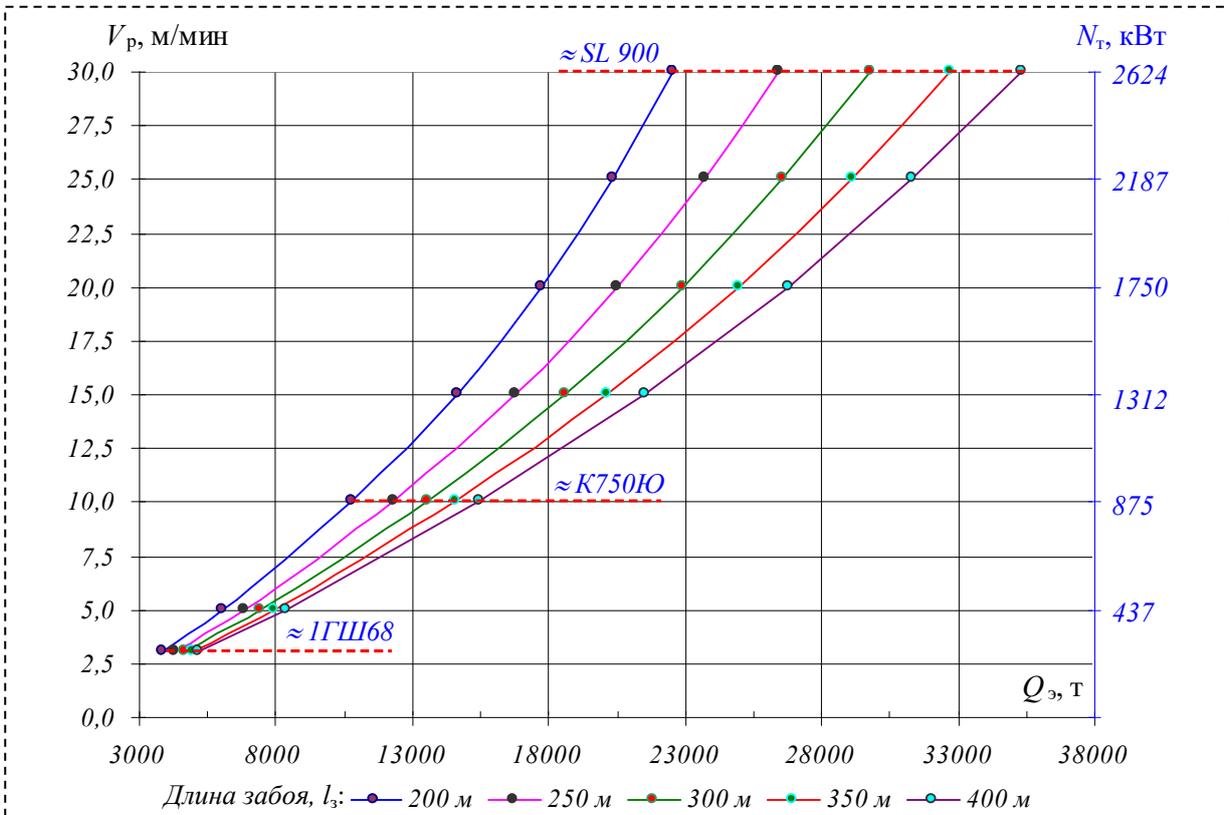


Рис. 2. Эксплуатационная производительность очистных комбайнов при ширине захвата  $r = 0,8$  м  
 Fig. 2. The operational capacity of shearers with a cutting web of  $r = 0.8$  m

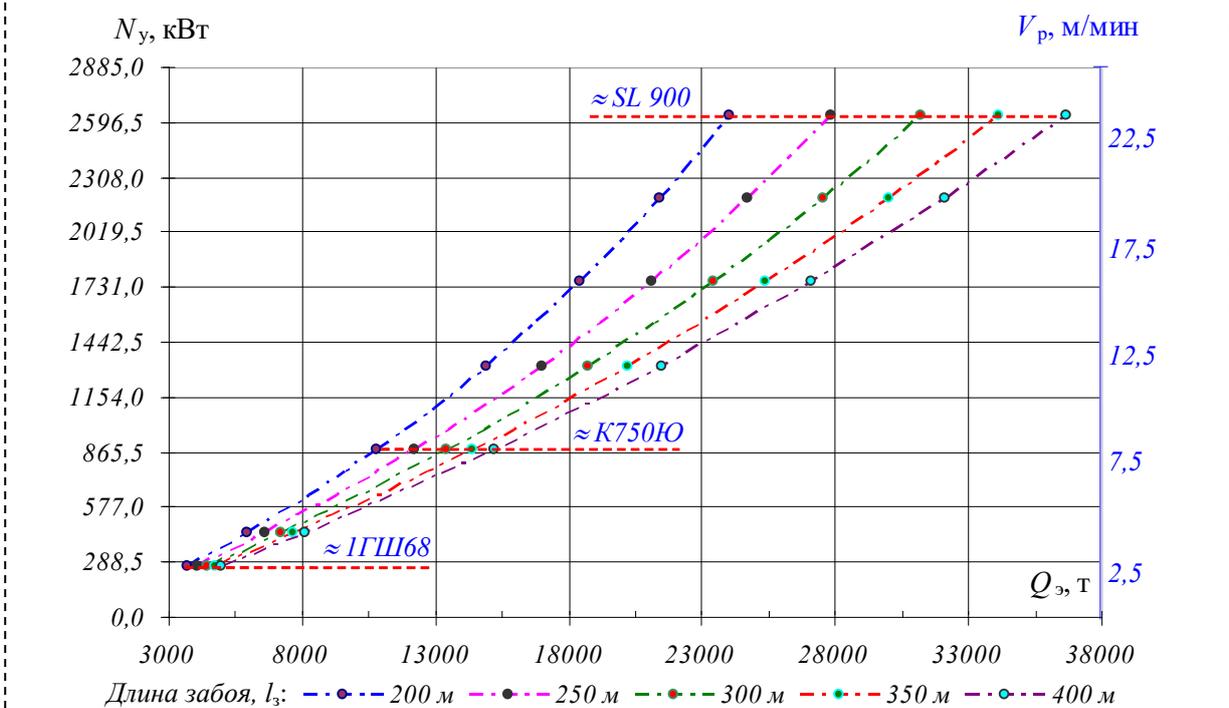
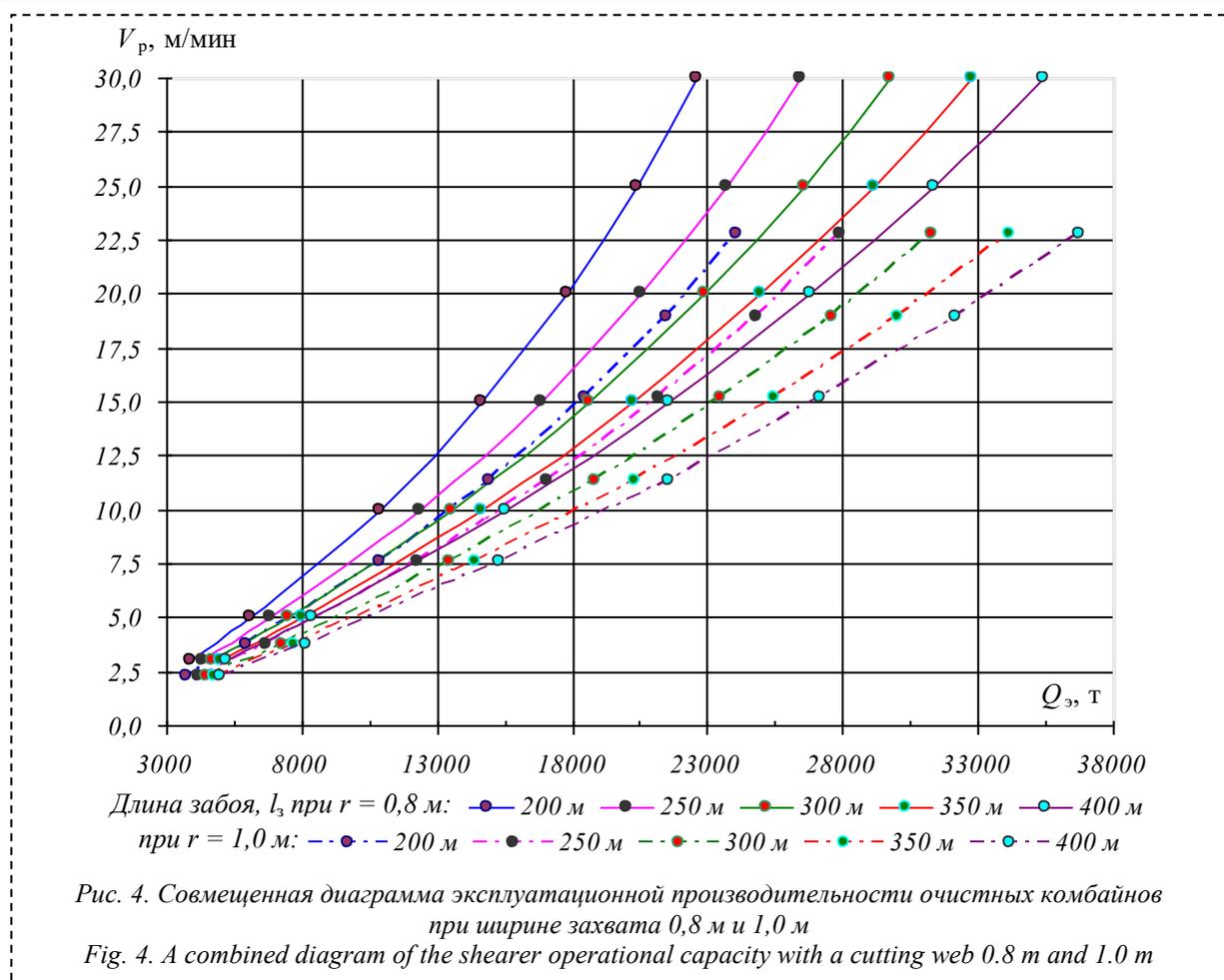


Рис. 3. Эксплуатационная производительность очистных комбайнов при ширине захвата  $r = 1,0$  м  
 Fig. 3. The operational capacity of shearers with a cutting web of  $r = 1.0$  m



Значение коэффициента отжима определялось в зависимости от величины заглубления исполнительного органа в долях от мощности пласта [12, 13]. Такой подход позволяет учесть, что при разрушении большей по ширине полосы угля необходима большая удельная энергоёмкость процесса разрушения. Необходимость учета этого фактора и некорректность линейного подхода к изменению сопротивляемости пласта резанию отмечают другие исследователи [14, 15].

Исследование технологических возможностей схемы в части перехода на большую ширину захвата проводилось следующим образом. Параметры, использованные и полученные для ширины захвата  $r = 0,8$  м ( $V_{кр}$ ,  $N_T$ ,  $Q_3$ ) приняты за базовые. Для комбайна конкретной мощности  $N_y$ , равной соответствующему значению  $N_T$  производилась замена значения  $r$  с 0,8 м на 1,0 м. Для увеличенного значения  $r$  определялись новые значения  $V_{кр}$  и  $Q_3$ .

#### Результаты исследования

Поскольку значения продолжительности цикла выемки  $t_{ц}$  в данном исследовании являются промежуточными результатами, они приведены частично, при рабочей скорости подачи комбайна 10 и 30 м/мин (Рис. 1). Эти значения  $V_{кр}$  озвучиваются производителями для

современных комбайнов базового и максимального уровня энерговооруженности соответственно.

Результаты определения эксплуатационной производительности очистных комбайнов  $Q_3$  и значения требуемой мощности  $N_T$  с  $r = 0,8$  м при различной скорости подачи  $V_{кр}$  и длине забоя  $l_3$  представлены на Рис. 2.

Результаты определения эксплуатационной производительности очистных комбайнов  $Q_3$  и скорости подачи  $V_{кр}$  с  $r = 1,0$  м при различных значениях установленной мощности  $N_y$  и длине забоя  $l_3$  представлены на Рис. 3.

На Рис. 4 представлена совмещенная диаграмма эксплуатационной производительности очистных комбайнов  $Q_3$  с  $r = 0,8$  м и 1,0 м.

#### Обсуждение

Анализ значений мощности  $N_T$ , скорости подачи  $V_{кр}$  и эксплуатационной производительности очистного комбайна  $Q_3$ , полученных в данном исследовании, показывает следующее. Исследуемый диапазон скоростей подачи 3÷30 м/мин при  $r = 0,8$  м в рассматриваемых условиях может быть обеспечен выпускаемыми в настоящее время комбайнами. Рабочая скорость 10 м/мин и соответствующая ей эксплуатационная производительность до 15506 т обеспечивается

комбайном мощностью  $N_y$  не менее 875 кВт. Энерговооруженность приблизительно такого уровня имеют модели разных производителей, подходящие для выемки пласта мощностью 2,5 м. Поэтому уровень  $N_y$  до 1000 кВт предлагается считать базовым. Рабочая скорость 30 м/мин и соответствующая ей добыча 35393 т обеспечиваются комбайном мощностью  $N_y$  не менее 2624 кВт, что приблизительно соответствует пределу энерговооруженности существующих моделей очистных комбайнов.

Значение  $Q_3$  увеличивается с увеличением  $N_y$  нелинейно. По мере увеличения мощности комбайна прирост производительности снижается. Эта тенденция уменьшается по мере увеличения длины забоя. Применение комбайна с большей в 10 раз мощностью позволит увеличить  $Q_3$  в 5,9 раза при длине лавы 200 м и в 6,8 раза при длине в 400 м.

Увеличение длины забоя позволяет увеличить эксплуатационную производительность комбайна. Значение  $Q_3$  увеличивается с увеличением  $l_3$  нелинейно. По мере увеличения длины забоя прирост производительности снижается. Эта тенденция уменьшается по мере применения более мощных комбайнов. При использовании комбайна мощностью 262 кВт увеличение длины лавы с 200 до 400 м повысит  $Q_3$  на 36% (на 1378 т), а с комбайном мощностью 2624 кВт – на 54% (на 12780 т).

При увеличении ширины захвата с 0,8 м до 1,0 м произойдет снижение скорости подачи  $V_{кр}$  на 24%. Эксплуатационная производительность очистного комбайна изменится незначительно (Рис. 4). При скорости подачи  $V_{кр} = 10$  м/мин,  $r = 0,8$  м и  $l_3 = 200$  м эксплуатационная производительность практически такая же, как при  $V_{кр} = 7,6$  м/мин,  $r = 1,0$  м и  $l_3 = 200$  м (расчетная разница 7 т). При меньших значениях  $V_{кр}$  при любой длине забоя значение  $Q_3$  выше с  $r = 0,8$  м (разница до 275 т или 3%). При больших значениях  $V_{кр}$  при любой длине забоя значение  $Q_3$  выше с  $r = 1,0$  м (разница до 1508 т или 6%). При этом во всем диапазоне рассматриваемых условий при ширине захвата 1,0 м потребуется выполнить меньше выемочных циклов (разница до 6,2 циклов или 1 %). Преимущества от достижения некоторого значения  $Q_3$  при меньшей скорости подачи и количестве циклов могут заключаться в меньшей интенсивности выполнения процессов в забое и экономии ресурса оборудования, в первую очередь секций крепи, ресурс которых оценивается в циклах. Однако увеличение ширины захвата имеет ряд негативных аспектов: повышение сопротивления пласта резанию, увеличение площади незакрепленной кровли, рост метановыделения и т. д. [14, 15, 16], что может нивелировать преимущества.

Отдельно необходимо отметить следующие аспекты, не рассматриваемые в данном

исследовании. При использовании мощных комбайнов с высокой скоростью подачи выемка полосы угля происходит за небольшой промежуток времени, составляющий менее половины цикла (Рис. 1 б). Это может обуславливать дополнительные ограничения, которые отрицательно повлияют на технологические возможности схемы. В частности, ограничением может стать производительность забойного конвейера, что отмечают и другие исследователи [17].

Еще одним аспектом, связанным со скребковым конвейером, является энергоэффективность забоя. Проведены исследования, которые показывают, что именно скребковый конвейер существенно влияет на этот параметр, особенно при значительной длине забоя [18, 19, 20].

Также возникает вопрос по определению нагрузки на забой по газовому фактору. Существующий подход по ее расчету на сутки в условиях, когда отбойка в объеме суточной добычи осуществляется за 9÷12 часов, выглядит неактуальным.

Озвученные аспекты, а также ряд других требуют дальнейших исследований в контексте технологических возможностей схем работы очистного комбайна.

## Выводы

С точки зрения оценки технологических возможностей челноковой схемы работы очистного комбайна проведенные выше исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Наибольшим потенциалом увеличения суточной нагрузки обладают шахты, использующие комбайны с низкой мощностью (до 300 кВт) в забоях длиной до 200 м.

2. Применение комбайнов с большей мощностью относительно используемых позволит достичь большего прироста суточной нагрузки, чем увеличение длины забоя. Поэтому замену комбайна на более мощный рекомендуется рассматривать как первый шаг, особенно с учетом того, что увеличение длины забоя потребует значительно больше инвестиций.

3. В условиях отсутствия возможности замены комбайна на более мощный увеличение длины забоя можно рассматривать как шаг к увеличению суточной нагрузки. Однако при использовании маломощных комбайнов эффект от увеличения длины будет невысоким.

4. Увеличение ширины захвата комбайна с 0,8 до 1,0 м повлияет на эксплуатационную производительность комбайна незначительно. Модернизация (или изначальная комплектация) комплекса до ширины захвата 1,0 м существенно не изменит суточную нагрузку на забой. Потенциальные преимущества могут

заключаться в меньшей интенсивности выполнения процессов в забое и экономии ресурса оборудования, но ввиду наличия негативных аспектов увеличения ширины захвата это не целесообразно.

5. В рассмотренных условиях выемки ( $m = 2,5$  м,  $H_w = 0,54$  или  $0,57$ ) для существующих моделей комбайнов предел эксплуатационной производительности составляет приблизительно 36000 т в сутки при рабочей скорости подачи до 30 м/мин.

6. При использовании мощных комбайнов (более 2000 кВт) в забоях длиной 400 м потенциал увеличения суточной нагрузки низкий. Эффект от увеличения длины забоя и замены комбайна на еще более мощный будет незначительный.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В. Я., Линник Ю. Н., Линник В. Ю. Уголь России: состояние и перспективы : монография. М. : ИНФРА-М, 2023. 271 с. DOI: 10.12737/2760.
2. ГОСТ 31557-2012. Межгосударственный стандарт. Комбайны очистные. Общие технические требования. Методы испытаний. М. : Стандартинформ, 2013. 21 с.
3. Dr. Michael Myszkowski, Dr. Uli Paschedag. Longwall Mining in Seams of Medium Thickness. Comparison of Plow and Shearer Performance under Comparable Conditions : Caterpillar Global Mining, 2013. 50 p.
4. Nienhaus K., Bayer A. K., Haut H. High productivity: A Question of Shearer Loader Cutting Sequences? RWTH Aachen, 2000.
5. Mitchell G. W. Longwall Mining. In: Australian coal mining practice. Chapter 15. 3rd Edition ed. Kininmonth R. J. and Baafi E. Y. (Eds.). Carlton, Vic, Australia : Australian Institute of Mining and Metallurgy. 2009. Pp. 341-375.
6. Мешков А. А., Волков М. А., Ордин А. А., Тимошенко А. М., Ботвенко Д. В. О рекордной длине и производительности очистного забоя шахты имени В. Д. Ялевского // Уголь. 2018. № 7. С. 4–7. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-7-4-7>.
7. Казанин О. И. Перспективные направления развития технологий подземной угледобычи в РФ // Горный журнал. 2023. № 9. С. 4–11. DOI: 10.17580/gzh.2023.09.01.
8. Артемьев В. Б., Ютяев Е. П., Копылов К. Н., Мешков А. А., Демуря В. Н., Смирнов О. В. Достижение наивысших показателей по добыче угля в месяц в условиях АО «СУЭК-Кузбасс» // Уголь. 2017. № 8. С. 82–88. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_4\_0\_167.
9. Хорешок А. А., Цехин А. М., Маметьев Л. Е., Буялич Г. Д., Борисов А. Ю., Дрозденко Ю. В. Горные машины и комплексы : учеб. пособие для курсового проектирования. Кемерово : КузГТУ, 2018. 158 с.
10. Jaszczuk M., Pawlikowski A., Grzegorzek W., Szweda S. Prediction of the Potential Daily Output of a Shearer-Loader // Energies. 2021. 14, 1647. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14061647>.
11. Яцких В. Г., Спектор Л. А., Кучерявых А. Г. Горные машины и комплексы. М. : Недра, 1981. 400 с.
12. Филимонов К. А., Зорков Д. В. Подземная разработка пластовых месторождений : практикум. Кемерово : КузГТУ. 2022. 436 с.
13. Бурчаков А. С., Гринько Н. К., Черняк И. Л. Процессы подземных горных работ : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Недра, 1982. 423 с.
14. Ордин А. А., Никольский А. М. Оптимизация ширины захвата и производительности шнекового комбайна при отработке пологого угольного пласта длинным очистным забоем // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 1. С. 79–86. DOI: 10.15372/FTPRPI20180110.
15. Ордин А. А., Тимошенко А. М., Ботвенко Д. В. Оптимизация ширины захвата очистного комбайна при подземной разработке пологих метаноносных угольных пластов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2019. № 6. С. 99–96. DOI: 10.15372/FTPRPI20190609.
16. Зотов В. В., Коликов К. С., Гусева И. П. [и др.] К вопросу о предельной скорости подачи очистного комбайна с учетом параметров газовыделения угольного пласта. // Уголь. 2024. № 6. С. 96–100. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-96-100.
17. Ордин А. А., Метельков А. А. Анализ производительности очистного забоя в подсистеме «шнековый комбайн – скребковый конвейер» при подземной разработке пологих угольных пластов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 6. С. 111–119.
18. Stadnik M., Semenchenko D., Semenchenko A., Belytsky P. Improving energy efficiency of coal transportation by adjusting the speeds of a combine and a mine face conveyor // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. 1/8 (97). Pp. 60–70. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.156121.
19. Бабокин Г. И., Шпрехер Д. М. Повышение энергоэффективности механизированного очистного забоя угольной шахты // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 9. С. 122–134. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_9\_0\_122.
20. Бабокин Г. И., Шаллоева В. А. Исследование влияния технологической схемы работы очистного комбайна и длины лавы на удельный расход электроэнергии скребкового конвейера механизированного очистного забоя //

© 2025 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Филимонов Константин Александрович**, кандидат технических наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: fka.rmpip@kuzstu.ru.

**Капанина Анна Викторовна**, студент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: n.kapanina2001@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Филимонов Константин Александрович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, анализ данных, выводы, написание текста.

Капанина Анна Викторовна – обзор соответствующей литературы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## Original article

### INVESTIGATION OF THE TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF THE SHEARER BI-DIRECTIONAL CUTTING SEQUENCE

Konstantin A. Filimonov,  
Anna V. Kapanina

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

\* for correspondence: fka.rmpip@kuzstu.ru



#### Article info

Received:

15 November 2024

Accepted for publication:

10 June 2025

Accepted:

20 June 2025

Published:

26 June 2025

**Keywords:** cutting sequence, shearer capacity, face length, haulage speed, motor power, cutting web.

#### Abstract.

The possibility of increasing production in the specific cutting sequence should be considered in terms of increasing the face length, haulage speed, power supply capacity and cutting web. Over the past few decades, there has been an increase in these characteristics, especially in power supply capacity. This has contributed to a significant increase in daily production. The article investigates the potentialities of these characteristics in increasing production and estimates the feasibility of further increasing them within the same cutting sequence. The investigation was made for a 2.5 m seam and its cuttability of 260 kN/m. The elements of a shearer operation cycle in bi-directional cutting sequence were identified. The classification of cycle elements according to several criteria was proposed. The duration of the mining cycle was determined on the duration of cycle elements, with the face length varying from 200 to 400 m and the shearer haulage speed varying from 3 to 30 m/min. The results are presented in the form of diagrams where the elements composing the mining cycle are classified in enlarged groups. The shearer motor power required to ensure the operation haulage speed in specific conditions was determined. The daily operational capacity of a shearer in the considered range of conditions was determined. The results were presented in the form of graphs illustrating the dependence of capacity on the shearer operation haulage speed and the required motor power at different values of the face length. It was found that under the considered conditions the operation haulage speed of up to 30 m/min can only be provided with shearers having maximum power capacity ( $\approx 2600$  kW) to date. The transition from the 0,8 m cutting web to 1,0 m was estimated. The shearer haulage speed and operational capacity were estimated for a 1.0 m cutting web at different longwall lengths. Conclusions on the potentialities of

*increasing daily output in the bi-directional cutting sequence by using more powerful shearers, increasing the face length, and increasing the cutting web were presented.*

**For citation:** Filimonov K.A., Kapanina A.V. Investigation of the technological capabilities of the shearer bi-directional cutting sequence. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 3(169):148-159. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-3-148-159, EDN: SCOZEJ

#### REFERENCES

1. Afanas'ev V.Ya., Linnik Yu.N., Linnik V.Yu. Coal of Russia: state and perspectives : a monograph. Moscow: INFRA-M; 2023. 271 p. (In Russ.) DOI: 10.12737/2760.
2. GOST 31557-2012. The interstate standard. Shearers. General technical requirements. Test methods. Moscow: Standartinform; 2013. 21 p. (In Russ.)
3. Dr. Michael Myszkowski, Dr. Uli Paschedag. Longwall Mining in Seams of Medium Thickness. Comparison of Plow and Shearer Performance under Comparable Conditions. *Caterpillar Global Mining*; 2013. 50 p. (In Eng.)
4. Nienhaus K., Bayer A. K., Haut H. "High productivity: A Question of Shearer Loader Cutting Sequences?". RWTH Aachen; 2000. (In Eng.)
5. Mitchell G.W. Longwall Mining. In: Australian coal mining practice. Chapter 15. 3rd Edition. ed. Kininmonth R.J. and Baafi E.Y. (Eds.). Australian Institute of Mining and Metallurgy. Carlton, Vic, Australia. 2009. p. 341-375 (In Eng.)
6. Meshkov A.A., Volkov M.A., Ordin A.A., Timoshenko A.M., Botvenko D.V. On record length and productivity of highwall mining the V.D. Yalevsky mine. *Ugol'*. 2016; (7):4-7. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-7-4-7>.
7. Kazanin O.I. Promising technology trends in underground coal mining in Russia. *Gornyi Zhurnal*. 2023; (9):4-11. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.17580/gzh.2023.09.01.
8. Artemiev V.B., Yutyaev E.P., Kopylov K.N., Meshkov A.A., Demura V.N., Smirnov O.V. Reaching top coal mining monthly production figures with "SUEK-KUZBASS", JSC. *Ugol'*. 2017; (8):82-88. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2017-8-82-88>.
9. Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Mamet'ev L.E., Buyalich G.D., Borisov A.Yu., Drozdenko Yu.V. Mining machines and complexes : a study guide for course design. Kemerovo: KuzSTU; 2018. 158 p. (In Russ.)
10. Jaszczuk M., Pawlikowski A., Grzegorzek W., Szweda S. Prediction of the Potential Daily Output of a Shearer-Loader. *Energies*. 2021; 14. 1647. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3390/en14061647>.
11. Yatskikh V.G., Spektor L.A., Kucheryavykh A.G. Mining machines and complexes. Moscow: Nedra; 1981. 400 p. (In Russ.)
12. Filimonov K.A., Zorkov D.V. Underground mining of seam deposits : a study guide. Kemerovo: KuzSTU; 2022. 436 p. (In Russ.)
13. Burchakov A. S., Grin'ko N. K., Chernyak I. L. Underground mining processes : a study guide for universities. 3rd edition, revised and expanded. Moscow: Nedra; 1982. 423 p. (In Russ.)
14. Ordin A.A., Nikol'skii A.M. Optimization of the cutting web and shearer capacity in a gently inclined coal seam longwall mining. *Journal of Mining Science*. 2018; (1):79-86. (In Russ.) DOI: 10.15372/FTPRI20180110.
15. Ordin A.A., Timoshenko A.M., Botvenko D.V. Optimization of the shearer cutting web in underground mining of a gently inclined methane-bearing coal seams. *Journal of Mining Science*. 2019; (6):99-96. (In Russ.) DOI: 10.15372/FTPRI20190609.
16. Zotov V.V., Kolikov K.S., Guseva I.P., Petsyk A.A., Belyankina O.V. Regarding the maximum feed rate of the shearer with account of the coal seam gas emission characteristics. *Ugol'*. 2024; (6):96-100. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-96-100.
17. Ordin A.A., Metel'kov A.A. Analysis of the productivity of the longwall face in the "shearer – armored face conveyor" subsystem in underground mining of a gently inclined coal seams. *Journal of Mining Science*. 2015; (6):111-119. (In Russ.)
18. Stadnik M., Semenchenko D., Semenchenko A., Belytsky P. Improving energy efficiency of coal transportation by adjusting the speeds of a combine and a mine face conveyor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019; 1/8 (97):60-70. (In Eng.) DOI: 10.15587/1729-4061.2019.156121.
19. Babokin G.I., Shprekher D.M. Enhancement of energy efficiency in fully mechanized longwall mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021; (9):122-134. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_9\_0\_122.
20. Babokin G.I., Shalloeva V.A. Influence of shearer operation flow chart and long-wall length on specific energy consumption of scraper conveyor in fully mechanized working face. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021; (3):167-176. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_3\_0\_167.

© 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The authors declare no conflict of interest.*

*About the authors:*

**Konstantin A. Filimonov**, Ph.D. of Technical Sciences, associate professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya st., 28), e-mail: fka.rmpip@kuzstu.ru

**Anna V. Kapanina**, student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya st., 28), e-mail: n.kapanina2001@mail.ru

*Contribution of the authors:*

Konstantin A. Filimonov – research problem statement; scientific management, conceptualisation of research, data analysis, drawing the conclusions, writing the text.

Anna V. Kapanina – reviewing the relevant literature.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

