

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ
GEOTECHNOLOGY**

Научная статья

УДК 622.014.02

DOI: 10.26730/1999-4125-2026-3-131-143

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗАБОЙНЫХ
КОНВЕЙЕРОВ ПРИ ЧЕЛНОВОЙ СХЕМЕ РАБОТЫ ОЧИСТНОГО
КОМБАЙНА****Филимонов Константин Александрович,
Акимов Константин Викторович**

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

* для корреспонденции: fka.rmpip@kuzstu.ru

Аннотация.

Возможность скребкового забойного конвейера транспортировать горную массу определяется в первую очередь способностью принимать эту горную массу в полном объеме, а затем способностью ее перемещать до конвейерной выработки. Приемная способность конвейера зависит от площади загрузочного сечения и скорости цепи конвейера, рабочей скорости подачи комбайна, а также направления взаимного перемещения цепи и комбайна. За последние несколько десятков лет произошло изменение первых трех параметров, причем скорость цепи и скорость подачи комбайна изменились по-разному. В статье исследуется потенциал существующих моделей скребковых конвейеров по приему горной массы при челновой схеме работы очистного комбайна. Исследования проведены для диапазона рабочих скоростей подачи комбайна от 3 до 30 м/мин. На начальном этапе исследования установлен диапазон характеристик современных скребковых конвейеров по скорости цепи и площади загрузочного сечения. Затем определена приемная способность конвейеров из этого диапазона и проанализированы закономерности ее изменения в зависимости от указанных выше факторов. На завершающем этапе в качестве примера определены расчетные значения площади загрузочного сечения при отработке пласта мощностью 2,5 м с сопротивляемостью резанию 260 кН/м при ширине захвата 0,8 м. Проведена оценка возможности использования актуальных моделей конвейеров в озвученных условиях. Сопоставлена приемная способность для встречного и попутного направления. Ее величины значительно отличаются, особенно при высоких скоростях подачи комбайна. Отмечено, что существует потенциал для повышения энергоэффективности процесса транспортировки угля за счет снижения скорости цепи при встречном направлении движения. Для оценки величины снижения скорости предложен коэффициент. Установлено, что для челновой схемы выемки при одинаковой производительности конвейеров эффективнее будут модели с меньшей площадью загрузочного сечения, но с большей скоростью цепи. Для оценки разницы в приемной способности предложен соответствующий коэффициент.

**Информация о статье**

Поступила:

25 ноября 2025 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 июня 2026 г.

Принята к публикации:

01 июля 2026 г.

Ключевые слова:

забойный конвейер, приемная способность конвейера, скорость цепи конвейера, площадь загрузочного сечения конвейера, скорость подачи комбайна

Для цитирования: Филимонов К.А., Акимов К.В. Исследование технических возможностей забойных конвейеров при челновой схеме работы очистного комбайна // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2026. № 3 (175). С. 131-143. DOI: 10.26730/1999-

Введение

Процесс доставки отбитого угля вдоль длинного очистного забоя конвейером является одним из основных процессов очистных работ. Уровень добычи в первую очередь определяется эксплуатационной производительностью выемочной машины Q_v . Конвейер должен обладать технической возможностью к приему и транспортировке горной массы в объеме, отбиваемом комбайном или срезаемом стругом. Традиционно такая возможность оценивается производительностью конвейера, которая при объемном исчислении определяется площадью его загрузочного сечения (площадью поперечного сечения груза на конвейере) S_k и скоростью цепи $V_{цк}$:

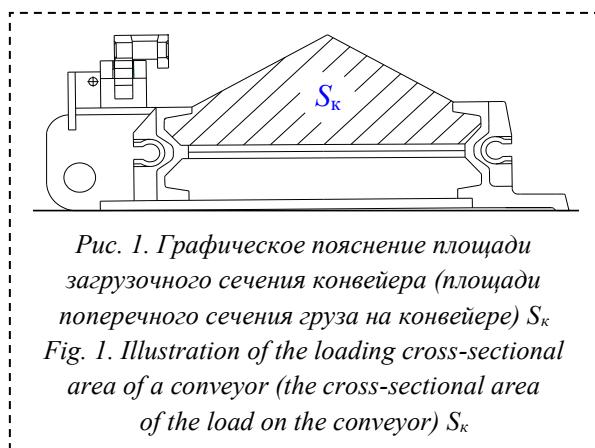


Рис. 1. Графическое пояснение площади загрузочного сечения конвейера (площади поперечного сечения груза на конвейере) S_k
Fig. 1. Illustration of the loading cross-sectional area of a conveyor (the cross-sectional area of the load on the conveyor) S_k

$$Q_{pv} = 60 \cdot S_k \cdot V_{цк}, \quad (1)$$

где Q_{pv} – объемная производительность конвейера, м³/мин; S_k – площадь загрузочного сечения конвейера, м²; $V_{цк}$ – скорость цепи конвейера, м/с.

Первый параметр зависит от геометрических параметров конвейерного става и транспортируемого груза (Рис. 1). Скорость цепи для конвейера некоторой длины l_k в значительной степени определяется мощностью приводов конвейера N_k :

$$V_{цк} = \frac{92,7 \cdot N_k \cdot \eta}{l_k \cdot F_c}, \quad (2)$$

где $V_{цк}$ – скорость цепи конвейера, м/с; N_k – суммарная мощность электродвигателей приводов конвейера, кВт; η – КПД приводов конвейера; l_k – длина конвейера, м; F_c – удельная результирующая сила сопротивления движению цепи конвейера, Н/м.

Распространенным подходом при оценке производительности конвейера являются ее измерение в тоннах в час [1]:

$$Q_p = 3600 \cdot S_k \cdot V_{цк} \cdot \gamma_p, \quad (3)$$

где Q_p – производительность конвейера, т/час; S_k – площадь загрузочного сечения конвейера, м²;

$V_{цк}$ – скорость цепи конвейера, м/с; γ_p – плотность горной массы на конвейере, т/м³.

Производительность конвейера, рассчитанная по ф. (1) или (3), не позволяет корректно оценить его техническую возможность по приему горной массы в объеме, образующемся в результате работы выемочной машины, перемещающейся вдоль конвейерного става. Фактически она является производительностью при стационарной загрузке (или по разгрузке), не учитывающей перемещение места погрузки относительно движущейся цепи конвейера. Для корректной оценки потенциала конвейера в конкретных условиях работы следует использовать величину «приемная способность», которая, по сути, является комплексным параметром, учитывающим производительность конвейера, а также скорость и взаимное направление перемещения выемочной машины и цепи конвейера:

$$Q_{пvi} = k_{пi} \cdot Q_{pv}, \quad (4)$$

где $Q_{пvi}$ – объемная приемная способность конвейера, м³/мин (при попутном направлении $Q_{пvp}$, при встречном направлении $Q_{пвв}$); $k_{пi}$ – коэффициент приемной способности; Q_{pv} – объемная производительность конвейера, м³/мин.

Значения коэффициента приемной способности в зависимости от направления движения комбайна относительно цепи конвейера определяются по формулам

$$k_{пп} = \frac{60 \cdot V_{цк} - V_{кр}}{60 \cdot V_{цк}} \quad \text{или} \quad k_{пв} = \frac{60 \cdot V_{цк} + V_{кр}}{60 \cdot V_{цк}}, \quad (5)$$

где $k_{пп}$ ($k_{пв}$) – коэффициент приемной способности при попутном (встречном) направлении; $V_{цк}$ – скорость цепи конвейера, м/с; $V_{кр}$ – рабочая скорость комбайна, м/мин.

Оценка приемной способности особенно актуальна при челноковой схеме работы выемочной машины, т. к. отбойка происходит при попутном и встречном направлении относительно цепи конвейера.

Анализ современных литературных источников показал, что подсистема «очистной комбайн – забойный конвейер» является объектом научных исследований и рассматривается в нескольких аспектах. Большинство из них упомянуты в работе [2]. Авторы отмечают, что вопрос координации скоростей цепи конвейера и комбайна не находит должного внимания в исследованиях. Между тем, использование конвейеров в режиме работы, всегда соответствующем максимальной производительности выемочной машины, приводит к излишним энергозатратам. Кроме того, существующие режимы функционирования

рассматриваемой подсистемы обуславливают постоянное изменение нагрузки на конвейер, что может привести к его локальной перегрузке и порыву цепи. В целом в рамках исследования [2] подсистема рассматривается в аспекте повышения равномерности загрузки конвейера через моделирование и контроля потока угля на конвейере. Этот аспект также представлен в исследованиях с выходом на автоматизированные системы контроля загрузки конвейера с возможностью ее регулирования координацией скоростей резания, подачи комбайна и цепи конвейера [3, 4, 5].

Развитием аспекта контроля потока угля можно считать энергоэффективность процесса доставки угля. Этот аспект рассмотрен в работах отечественных исследователей [6–9]. Авторы определяют удельный расход электроэнергии забойным конвейером в зависимости от схемы работы комбайна и длины лавы. Отмечается низкая энергоэффективность конвейеров в связи со значительной продолжительностью их работы с неполной загрузкой горной массой. Аспект энергоэффективности рассматривается и в современных зарубежных исследованиях [10–14]. В работах отмечается зависимость загрузки конвейера от производительности комбайна и направления выемки. Для повышения энергоэффективности конвейера предлагается использование приводов, позволяющих адаптировать энергопотребление к уровню загрузки конвейера.

Еще один аспект – проектирование конвейера на основе прогноза его загрузки комбайном [15–17]. Исследования позволяют с учетом нескольких статических и динамических факторов определить требуемую мощность приводов для конкретных условий работы конвейера. Следует отметить, что давно существует и отечественный тяговый расчет скребкового конвейера с учетом различных факторов [1].

С точки зрения главной задачи очистного забоя (добычи угля) наибольшее значение имеет другой аспект – возможное ограничение суточной добычи по техническим характеристикам конвейера. Это особенно актуально при ограниченных возможностях выбора конвейера или при отсутствии таковых. Примером исследования этого аспекта является работа [18].

Общей основой всех аспектов исследования подсистем «очистной комбайн – забойный конвейер» является оценка загрузки конвейера очистным комбайном. В проанализированных работах исследования выполнены в узком диапазоне характеристик конвейера и очистного комбайна, либо для одного частного случая и не охватывают диапазон рабочих скоростей

современных комбайнов $V_{кр}$ и скоростей цепи конвейеров $V_{цк}$.

Отдельно следует отметить, что со второй половины XX века указанные выше скорости изменились по-разному. В представленном ранее исследовании [19] отмечено, что энерговооруженность очистных комбайнов увеличилась примерно в 10 раз, соответственно, можно говорить о примерно десятикратном увеличении значения $V_{кр}$. Значения $V_{цк}$ для многих моделей современных конвейеров, несмотря на примерно такое же увеличение энерговооруженности, остаются приблизительно равными значениям для моделей, разработанных 50–60 лет назад. Условно можно говорить лишь о двукратном увеличении у моделей единичных производителей. Поэтому считаем, что исследование приемной способности для достигнутых на современном этапе развития технологий значений рабочих скоростей подачи комбайна $V_{кр}$ и цепи конвейера $V_{цк}$ весьма актуально. Исходя из этого, была сформулирована цель исследования – оценка потенциала скребковых конвейеров при челноковой схеме выемки актуальными моделями очистных комбайнов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- установить диапазон характеристик современных скребковых конвейеров по скорости цепи $V_{цк\max}$, м/с и площади загрузочного сечения S_k , м²;
- установить закономерности изменения коэффициента приемной способности $k_{пi}$;
- определить приемную способность конвейеров $Q_{пvi}$ с характеристиками из установленного диапазона при различных значениях коэффициента $k_{пi}$;
- определить требуемые характеристики скребковых конвейеров по площади загрузочного сечения S_k , м² и скорости цепи $V_{цк\max}$, м/с при челноковой схеме работы очистного комбайна.

При исследовании закономерностей изменения коэффициента $k_{пi}$ и приемной способности $Q_{п}$ можно не использовать напрямую значения мощности приводов конвейера N_k и его длины l_k . Формально они учитываются через изменение скорости цепи $V_{цк}$. На данном этапе исследований считается, что изменение скорости цепи достигается изменением мощности приводов конвейера при постоянном значении длины забоя l_z и, соответственно, конвейера l_k .

Методика исследования и результаты

Для решения первой задачи были проанализированы технические характеристики 77 моделей скребковых конвейеров 8 производителей. Рассматривались модели, имеющие характеристики и конструкцию,

актуальные для длинного очистного забоя в XXI веке. Установленные значения площади загрузочного сечения S_k были распределены на 8 групп с интервалом $0,15 \text{ м}^2$. Результаты исследования представлены в виде диаграммы на

Рис. 2. В результате исследования установлено следующее:

· минимальное значение площади загрузочного сечения S_k составляет $0,13 \text{ м}^2$,

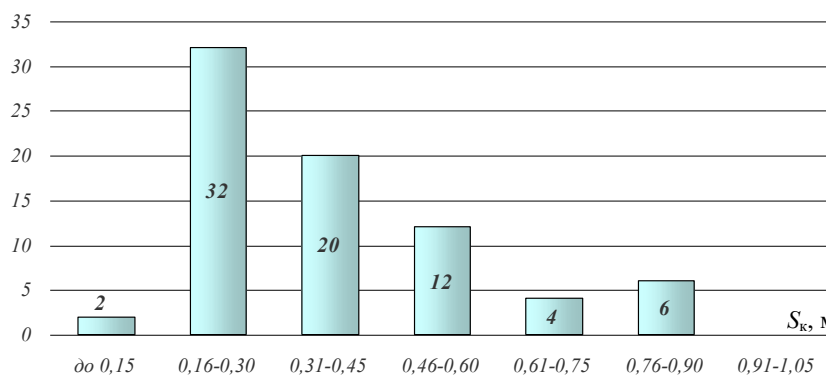


Рис. 2. Распределение значений площади загрузочного сечения конвейеров S_k

Fig. 2. Distribution of values of conveyor loading cross-section area S_k

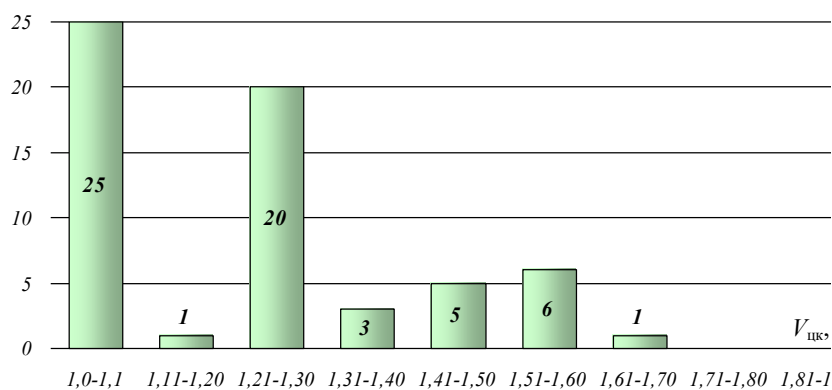


Рис. 3. Распределение значений максимальной скорости цепи конвейеров $V_{ук \max}$

Fig. 3. Distribution of maximum conveyor chain speed values $V_{ук \max}$

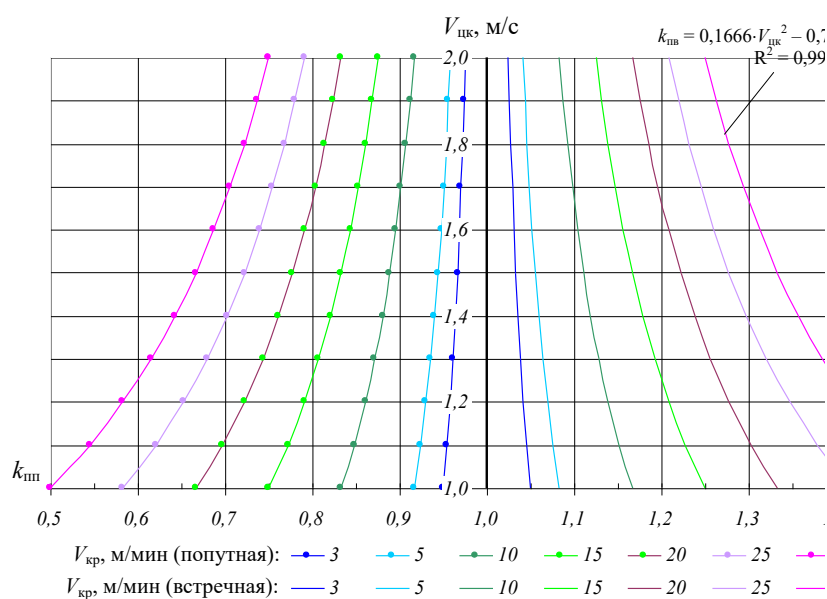


Рис. 4. Значения коэффициента приемной способности k_{ni}

Fig. 4. Values of the receiving capacity coefficient k_{ni}

максимальное – 1,15 м²;

- площадь $\leq 0,6$ м² имеют модели всех производителей, их доля $\approx 86\%$, а площадь более 0,6 м² – только трех производителей, их доля $\approx 14\%$.

Значения максимальной скорости цепи $V_{\text{цк max}}$ были распределены на 10 групп с интервалом 0,1 м/с. Результаты исследования представлены в виде диаграммы на Рис. 3. Анализ результатов исследования показал следующее:

- значения скорости цепи $V_{\text{цк max}}$ актуальных моделей конвейеров находятся в интервале 1÷2 м/с;

- скорость примерно 60% моделей составляет 1,0÷1,3 м/с, около 19% имеют скорость 1,31÷1,7 м/с;

- скорость 2,0 м/с у модели только двух производителей, их доля $\approx 21\%$.

В результате решения первой задачи установлены диапазоны значений площади загрузочного сечения S_k (0,13÷1,15 м²) и максимальной скорости цепи $V_{\text{цк max}}$ (1÷2 м/с), для которых решались следующие задачи исследования. Для лучшего визуального восприятия результатов решения третьей задачи группы значений по площади укрупнены, и приемная способность определялась для максимального значения каждой группы (0,3, 0,6, 0,9 и 1,2 м²).

Закономерности изменения коэффициента приемной способности $k_{\text{пi}}$ можно установить из анализа ф. (5):

- при встречном движении коэффициент всегда больше единицы, при попутном – меньше;
- с увеличением скорости цепи в обоих случаях коэффициент $k_{\text{п}}$ стремится к единице, но

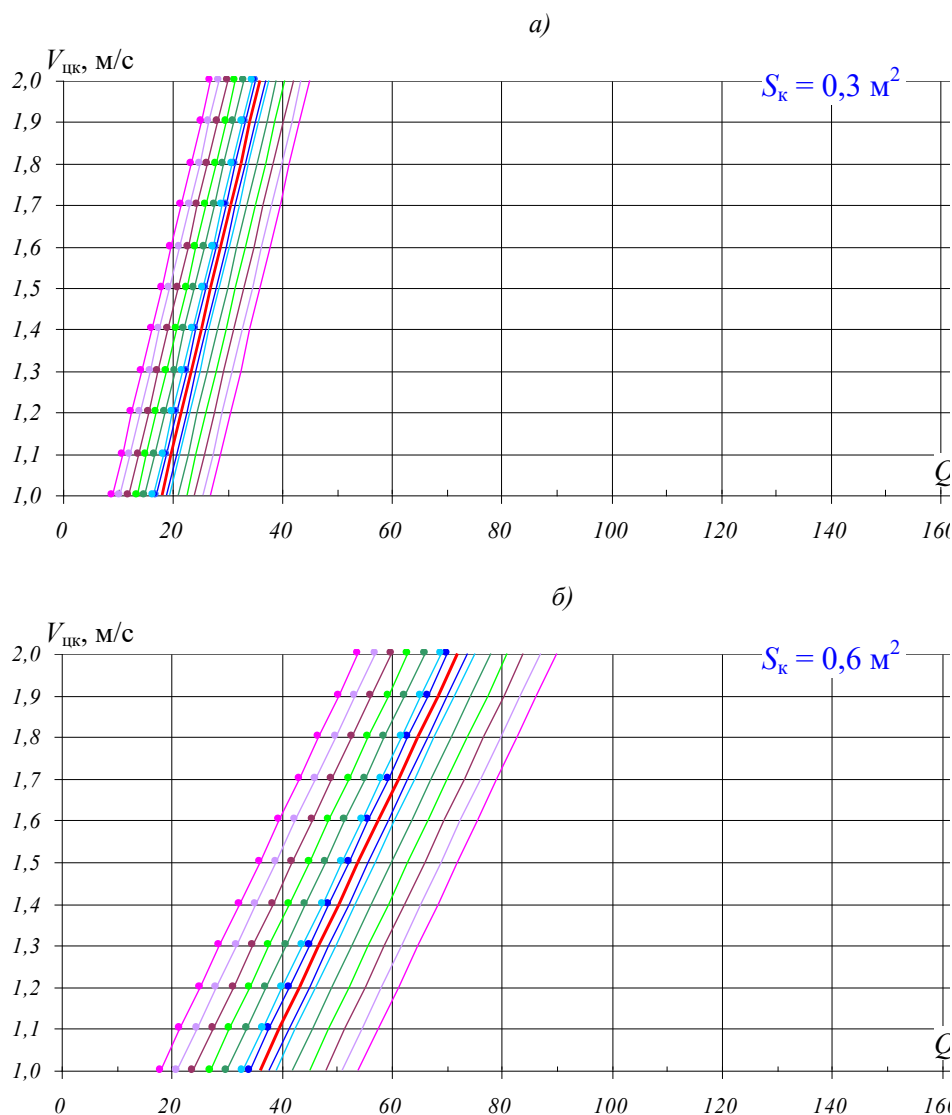


Рис. 5. Приемная способность конвейеров $Q_{\text{нв}}$:

а – $S_k = 0,3 \text{ м}^2$; б – $S_k = 0,6 \text{ м}^2$

Fig. 5. Conveyors receiving capacity $Q_{\text{нв}}$:

а – $S_k = 0.3 \text{ м}^2$; б – $S_k = 0.6 \text{ м}^2$

с разной стороны, поэтому...

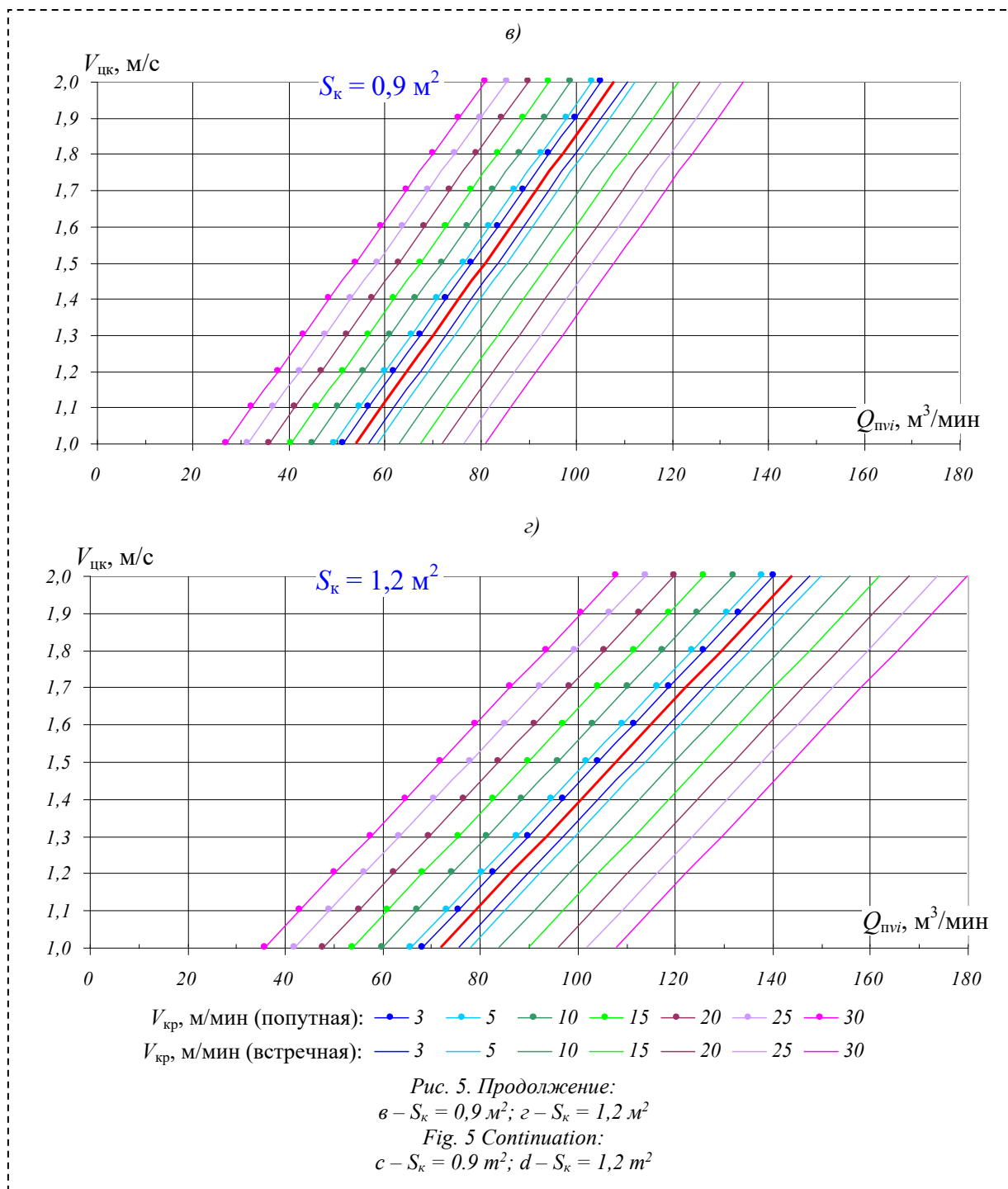
- с ростом скорости цепи $V_{\text{цк}}$ при встречном движении значение коэффициента $k_{\text{п}}$ будет уменьшаться, а с уменьшением скорости – увеличиваться;

- чем меньше рабочая скорость подачи комбайна, тем меньше значение коэффициента будет отличаться от единицы, и наоборот. В рамках решения второй задачи предполагалось визуализировать озвученные выше закономерности и оценить количественно сами значения исследуемого коэффициента и их изменения для рабочих скоростей подачи

комбайна $V_{\text{кр}}$ от 3 до 30 м/мин, обозначенных в предыдущем исследовании [19] как актуальные на текущем этапе технического прогресса. Результаты представлены на Рис. 4.

Обработка результатов позволяет найти уравнения для определения значения коэффициента приемной способности в зависимости от скорости цепи конвейера при конкретном значении рабочей скорости подачи комбайна. На Рис. 4 в качестве примера, приведено одно из уравнений

Визуализация значений коэффициента приемной способности позволяет оценить еще



две закономерности помимо озвученных выше:

- с увеличением рабочей скорости подачи комбайна интервал между значениями коэффициента при попутном и встречном движении увеличивается (с 0,05 до 0,5 при скорости цепи $V_{\text{цк}} = 2$ м/с; с 0,1 до 1 при $V_{\text{цк}} = 1$ м/с);

- при малых значениях рабочей скорости подачи комбайна $V_{\text{кр}}$ коэффициент с увеличением скорости цепи $V_{\text{цк}}$ изменяется незначительно, а при больших значениях – более существенно (в целом увеличение от 2 до 20%).

Приемная способность конвейеров при решении третьей задачи определялась по ф. (4). При этом значения объемной производительности конвейера $Q_{\text{пв}}$, как отмечено выше, определялись для значений $S_{\text{к}}$, равных 0,3, 0,6, 0,9 и 1,2 м². Результаты представлены на Рис. 5. Для лучшей наглядности при сравнении полученных результатов графики построены в одинаковом масштабе координатной сетки. Основные результаты исследования приемной способности следующие.

Поскольку графики построены по одной зависимости, в процентном (долевом) отношении для каждого из четырех значений площади загрузочного сечения $S_{\text{к}}$, результаты изменения приемной способности $Q_{\text{пв}}$ идентичны. В абсолютном выражении значения отличаются.

С увеличением скорости цепи $V_{\text{цк}}$ с 1,0 до 2,0 м/с значение приемной способности $Q_{\text{пв}}$ увеличивается:

- при попутном движении в 2,05÷3,00 раза при рабочей скорости подачи комбайна $V_{\text{кр}} 3÷30$ м/мин соответственно;

- при встречном движении в 1,95÷1,67 раза при рабочей скорости подачи комбайна $V_{\text{кр}} 3÷30$ м/мин соответственно.

С увеличением рабочей скорости подачи комбайна $V_{\text{кр}}$ с 3 до 30 м/мин значение приемной способности $Q_{\text{пв}}$:

- при попутном движении уменьшается на 47÷23% при скорости цепи $V_{\text{цк}} 1,0÷2,0$ м/с соответственно;

- при встречном движении увеличивается в 1,43÷1,22 раза при скорости цепи $V_{\text{цк}} 1,0÷2,0$ м/с соответственно.

Приемная способность конвейера при встречном движении цепи и комбайна $Q_{\text{пв}}$ превышает приемную способность при попутном движении:

- при рабочей скорости подачи комбайна $V_{\text{кр}} = 3$ м/мин в 1,11÷1,05 раза при скорости цепи $V_{\text{цк}} 1,0÷2,0$ м/с соответственно;

- при рабочей скорости подачи комбайна $V_{\text{кр}} = 30$ м/мин в 3,00÷1,67 раза при скорости цепи $V_{\text{цк}} 1,0÷2,0$ м/с соответственно.

Анализ полученных результатов с точки зрения возможного практического

использования будет представлен в следующем разделе.

Решение четвертой задачи заключалось в определении расчетных значений площади загрузочного сечения $S_{\text{крп}}$ для условий выемки, рассмотренных в предыдущем исследовании [19]:

- мощность $m = 2,5$ м;

- удельная энергоемкость процесса разрушения угля $H_w = 0,54$ кВт×ч/т;

- рабочая скорость подачи комбайна $V_{\text{кр}} 3÷30$ м/мин;

- ширина захвата исполнительного органа комбайна $r = 0,8$ м;

- скорости цепи $V_{\text{цк}} 1÷2$ м/с.

Площади загрузочного сечения $S_{\text{к}}$ может быть выражена из формул, представленных выше. При этом вместо объемной приемной способности конвейера $Q_{\text{пв}}$ следует использовать производительность комбайна по объему горной массы $Q_{\text{кв}}$. Решение такой задачи рассматривается в учебном пособии [20]:

$$S_{\text{крп}} = \frac{Q_{\text{кв}}}{60 \cdot V_{\text{цк}} - V_{\text{кр}}}; \quad S_{\text{крв}} = \frac{Q_{\text{кв}}}{60 \cdot V_{\text{цк}} + V_{\text{кр}}}, \quad (6)$$

где $S_{\text{крп}}$ ($S_{\text{крв}}$) – расчетное значение площади загрузочного сечения конвейера для приема однослойного грузопотока при попутном (встречном) направлении движения выемочной машины и цепи конвейера, м²; $Q_{\text{кв}}$ – производительность комбайна по объему горной массы, м³/мин; $V_{\text{цк}}$ – скорость цепи конвейера, м/с; $V_{\text{кр}}$ – рабочая скорость подачи комбайна, м/мин.

Значение $Q_{\text{кв}}$ определялось по формуле

$$Q_{\text{кв}} = k_p \cdot Q_s \cdot m_b, \quad (7)$$

где k_p – коэффициент разрыхления угля (принимался 1,3); Q_s – эксплуатационная производительность выемочной машины по отрабатываемой площади пласта, м²/мин; m_b – максимальная вынимаемая мощность пласта, м.

Производительность по отрабатываемой площади пласта определяется по формуле

$$Q_{\text{ст}} = r \cdot V_{\text{кр}}, \quad (8)$$

где Q_s – производительность выемочной машины по отрабатываемой площади пласта, м²/мин; r – ширина захвата исполнительного органа комбайна, м; $V_{\text{кр}}$ – рабочая скорость подачи комбайна, м/мин.

С точки зрения оценки потенциала скребковых конвейеров интерес вызывают не закономерности изменения расчетных значений площади $S_{\text{крп}}$ ($S_{\text{крв}}$), которые аналогичны представленным выше для приемной способности $Q_{\text{пв}}$, а непосредственно сами значения. Результаты решения задачи представлены в Таблицах 1 и 2.

Анализ результатов решения четвертой задачи выполнялся по:

- возможности использования актуальных моделей конвейеров в озвученных условиях;
- сопоставлению результатов для встречного и попутного направления.

Первый аспект показывает потенциал существующих конвейеров при челноковой схеме выемки для разной рабочей скорости подачи комбайна, т. е. для разного уровня добычи. В результате сопоставления полученных значений расчетной площади с результатами решения первой задачи были получены пять областей по потенциалу использования конвейеров.

Зеленым цветом выделена область достаточного потенциала, в которой находятся большинство существующих моделей конвейеров (более 75%). Подбор модели конвейера с характеристиками этой области, скорее всего, не вызовет затруднений.

Желтый цвет – область с низким потенциалом по площади загрузочного сечения. Такой площадью обладают единичные модели отдельных производителей. Серым цветом обозначена область с низким потенциалом по скорости цепи. Как отмечено выше, значения

скорости более 1,7 м/с имеют модели только двух производителей, их доля $\approx 21\%$. Желтый цвет со штриховкой обозначает область с низким потенциалом по площади и скорости.

Оранжевый цвет – это область с расчетной площадью загрузочного сечения больше, чем у существующих значений (несуществующие конвейеры).

Обсуждение

Сопоставление результатов по площади для встречного и попутного направления следует рассматривать совместно с приемной способностью и скоростью цепи. Разница этих характеристик при встречном и попутном направлении движения является существенным фактором, который рекомендуется учитывать не только с точки зрения возможных ограничений, отмеченных выше, но и при наличии возможности выбрать конвейер по попутной приемной способности. В таком случае при соответствующей технической возможности можно уменьшать скорость цепи конвейера при встречном движении за счет снижения потребляемой мощности его приводов [см. (ф. 2)]. Это позволит повысить энергоэффективность

Таблица 1. Расчетные значения площади загрузочного сечения при попутном направлении движения $S_{крп}$, m^2

Table 1. Calculated values of the loading cross-section area in the same direction of movement $S_{крп}$, m^2

$V_{кр}$, м/мин	Скорость цепи конвейера $V_{цк}$, м/с										
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
3	0,16	0,15	0,14	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
5	0,28	0,26	0,23	0,21	0,2	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14
10	0,62	0,56	0,50	0,46	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32	0,30	0,28
15	1,04	0,92	0,82	0,74	0,68	0,62	0,58	0,54	0,50	0,47	0,45
20	1,56	1,36	1,20	1,08	0,98	0,89	0,82	0,76	0,71	0,66	0,62
25	2,23	1,90	1,66	1,47	1,32	1,20	1,10	1,01	0,94	0,88	0,82
30	3,12	2,60	2,23	1,95	1,73	1,56	1,42	1,30	1,20	1,11	1,04

Условные обозначения:

-  – достаточный потенциал
-  – низкий потенциал по площади сечения
-  – низкий потенциал по скорости цепи
-  – низкий потенциал по площади и скорости
-  – несуществующие конвейеры

Таблица 2. Расчетные значения площади загрузочного сечения при встречном направлении движения $S_{крв}$, m^2

Table 2. Calculated values of the loading cross-section area in the opposite direction of movement $S_{крв}$, m^2

$V_{кр}$, м/мин	Скорость цепи конвейера $V_{цк}$, м/с										
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
3	0,15	0,14	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
5	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13
10	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
15	0,62	0,58	0,54	0,50	0,47	0,45	0,42	0,40	0,38	0,36	0,35
20	0,78	0,73	0,68	0,64	0,60	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,45
25	0,92	0,86	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,61	0,59	0,56	0,54
30	1,04	0,98	0,92	0,87	0,82	0,78	0,74	0,71	0,68	0,65	0,62

процесса доставки угля. Снижение скорости предлагается оценивать соответствующим коэффициентом k_{cc} . На Рис. 6 представлены зависимости, полученные в результате исследования этого коэффициента.

Анализ приемной способности при попутном и встречном направлении позволил установить еще одну закономерность, имеющую практическое значение. Она заключается в разной приемной способности $Q_{пв}$ конвейеров с одинаковой производительностью. Например, одинаковое значение $Q_{пв}$ имеют конвейеры с площадью $S_k = 0,6 \text{ м}^2$, скоростью цепи $V_{цк} = 1 \text{ м/с}$, и $S_k = 0,3 \text{ м}^2$, $V_{цк} = 2 \text{ м/с}$:

$$Q_{пв} = 60 \cdot 0,6 \cdot 1 = 36 \text{ м}^3/\text{мин и}$$

$$Q_{пв} = 60 \cdot 0,3 \cdot 2 = 36 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Приемная способность этих конвейеров будет разная. Предлагается ввести коэффициент изменения приемной способности $k_{ип}$, показывающий отношение приемной способности $Q_{пв}$ конвейера с большей скоростью цепи к значению $Q_{пв}$ конвейера с меньшим значением $V_{цк}$. На Рис. 7 представлен пример зависимостей изменения этого коэффициента для отличающихся в 2 раза значений S_k и $V_{цк}$. Из зависимостей следует, что конвейер с большей скоростью цепи будет иметь большую приемную

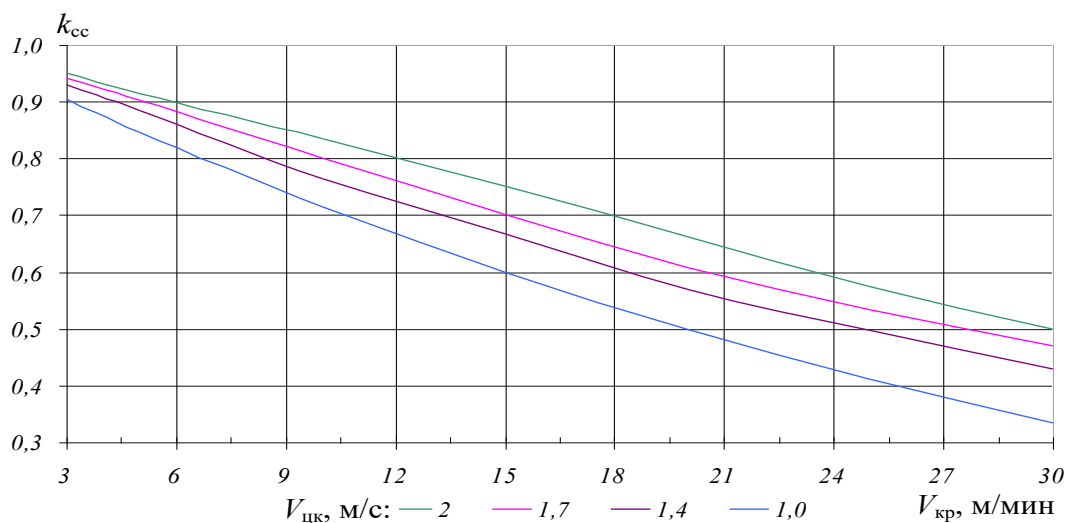


Рис. 6. Коэффициент снижения скорости цепи k_{cc}

Fig. 6. Chain speed reduction coefficient k_{cc}

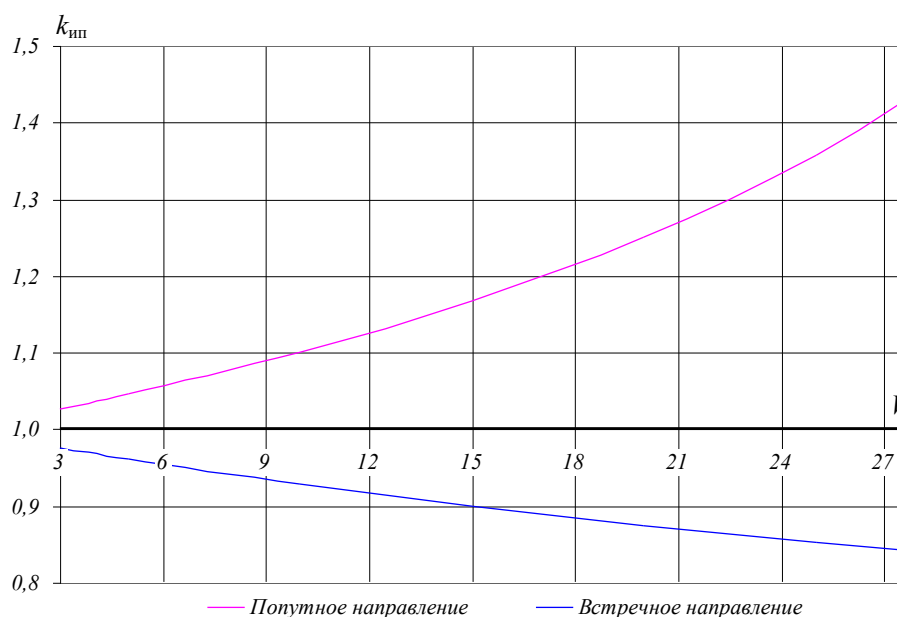


Рис. 7. Коэффициент изменения приемной способности $k_{ип}$ при сравнении конвейеров с отличающимися в 2 раза значениями S_k и $V_{цк}$

Fig. 7. Coefficient of change in receiving capacity $k_{ип}$ while comparing conveyors when their values S_k and $V_{цк}$ differ by two times

способность в «узком месте», т. е. при попутном направлении, а при встречном направлении – меньшую. Приемная способность при встречном движении будет ниже незначительно. Это следует учитывать при выборе конвейера для комплектации забоя с челноковой схемой выемки. Кроме приемной способности, выгода может быть еще от меньших габаритов и массы элементов конвейера, причем по двум аспектам. Первый заключается в меньшем занимаемом призабойном пространстве, второй – в меньшей трудоемкости перемонтажа.

Выводы

Общие выводы по исследованию следующие.

1. В рассмотренных условиях большинство моделей конвейеров обладают технической возможностью по приемной способности горной массы при попутном движении только при рабочей скорости подачи комбайна до 15 м/мин. Отдельные модели подходят для работы при скорости до 25 м/мин. При большей рабочей скорости подачи комбайна прием горной массы в полном объеме способна производить только одна модель из 77 рассмотренных. В целом потенциал существующих моделей конвейеров при челноковой схеме выемки с рабочими скоростями подачи, характерными для комбайнов с высокой энерговооруженностью, оценивается как низкий. В таких условиях при отсутствии возможности использования модели конвейера с необходимыми характеристиками возможными вариантами адаптации технологической схемы очистных работ будут:

- снижение рабочей скорости комбайна при попутном направлении и, как следствие, снижение суточной нагрузки на забой;
- применение большей ширины захвата и, как следствие, снижение рабочей скорости подачи комбайна при сопоставимом объеме отбиваемой горной массы;
- отказ от челноковой схемы выемки.

2. Применение приводов, позволяющих снижать скорость цепи при встречном движении за счет снижения потребляемой мощности в условиях достаточной приемной способности конвейера при попутном движении, теоретически позволяет повысить энергоэффективность процесса доставки угля. 3. При выборе конвейера для челноковой схемы выемки, особенно если предполагается высокая рабочая скорость подачи комбайна, предпочтение рекомендуется отдать моделям с большей скоростью цепи $V_{\text{цк}}$ при меньшей площади загрузочного сечения $S_{\text{к}}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РТМ 12.44.045-81. Руководящий технический материал. Конвейеры шахтные скребковые. Тяговый расчет. М.: Министерство угольной промышленности СССР, 1981. 34 с.

2. Wang, Y., Wang, S. Coordinated Speed Planning Strategy of Scraper Conveyor and Shearer Based on Scraper Conveyor Loads Analysis // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 267. Article 42044. DOI: 10.1088/1755-1315/267/4/042044.

3. Stoicuta O., Pana T. Modeling and simulation of the coal flow control system for the longwall scraper conveyor // Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series. 2016. № 40. Pp. 101–108.

4. Stoicuta O., Pana T., Mandrescu C. The control system analysis of the coal flow on the scrapers conveyor in a longwall mining system // 2016 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE). Craiova, Romania. 2016. Pp. 1–10. DOI: 10.1109/ICATE.2016.7754614.

5. Zhao S., Zhao J., Lu Z., He H., Zhang C., Miao Y., Xing Z. Data-Driven Cooperative Control Model of Shearer-Scraper Conveyor Based on Rough Set Theory // Frontiers in Energy Research. 2022. March. Vol. 10. Article 811648. DOI: 10.3389/fenrg.2022.811648.

6. Бабокин Г. И., Шаллоева В. А. Энергосбережение при транспортировании угля скребковым конвейером механизированного очистного комплекса угольной шахты // Энергобезопасность и энергосбережение. 2020. № 3. С. 39–43. DOI: 10.18635/2071-2219-2020-3-39-43.

7. 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 // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 4. С. 167–176. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_167.

8. 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.

9. Бабокин Г. И., Шпрехер Д. М., Колесников Е. Б., Овсянников Д. С. Исследование закономерностей электропотребления электропривода скребкового конвейера очистного забоя // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 10. С. 149–163. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_10_0_149.

10. 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.

11. Zhang D., Qin J., Wu W., Zhu Y., Guo W. Research on scraper conveyor load prediction method based on wavelet transform and BP neural network //

Scientific Reports. 2025. № 15. Article 15367. DOI: 10.1038/s41598-025-00333-7.

12. Zhang X., Ren M., Wang H., Xu H., Shi B., Gao M. A Study on a Speed Regulation Method for Mining Scraper Conveyors and a Control Strategy for Permanent Magnet Drive Systems // Actuators. 2025. № 14. 106. DOI: 10.3390/act14030106.

13. Wang W., Luo J., Li L., Zhao S., Lu Z., Li K. Speed control method of scraper conveyor based on load prediction and energy consumption optimization // Coal Science and Technology. 2025. Vol. 53. № 10. Pp. 259–268. DOI: 10.12438/cst.2024-1699.

14. Chen D., Zheng Z., Huang T., Zhang G. Coordinated optimal control of the speed of shearer and scraper conveyor based on their energy consumption models // Journal of China Coal Society. 2022. Vol. 47. № 6. Pp. 2483–2498. DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2021.1141.

15. Morley L. A., Kohler J. L., Smolnikar H. M. A model for predicting motor load for an armored face-conveyor drive // IEEE Transactions on Industry Applications. 1988. July/Aug. Vol. 24. Pp. 649–669. DOI: 10.1109/28.6117.

16. Broadfoot A. R., Betz R. R. Prediction of power requirements for a longwall armored face

conveyor // IEEE Transactions on Industry Applications. 1997. Vol. 33. № 1. Pp. 80–89. DOI: 10.1109/28.567081.

17. Broadfoot A. R., Betz R. R. Power requirement prediction for armoured face conveyors // Mining Technology. 2000. Vol. 109. № 2. Pp. 93–101. DOI: 10.1179/mnt.2000.109.2.93.

18. 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.

19. 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

20. Филимонов К. А. Подземная разработка пластовых месторождений : практикум. Филимонов К. А., Зорков Д. В. Кемерово : КузГТУ, 2022. 436 с.

© 2026 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.

Акимов Константин Викторович, студент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: kostya.akimova@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

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

Акимов Константин Викторович – обзор соответствующей литературы, анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

RESEARCH ON THE TECHNICAL CAPABILITIES OF THE FACE CONVEYORS AT SHEARER BI-DIRECTIONAL CUTTING SEQUENCE

Konstantin A. Filimonov,
Konstantin V. Akimov

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: fka.rmpip@kuzstu.ru



Article info

Received:

25 November 2025

Accepted for publication:

15 June 2026

Accepted:

01 July 2026

Keywords: scraper (armored) face conveyor, conveyor receiving capacity, conveyor chain speed, loading cross-section area of a conveyor, combine feed rate

Abstract.

The ability of scraper (armored) face conveyor to transport rock mass is determined primarily by the ability to receive this rock mass in full, and then by the ability to move it to a conveyor roadway. The conveyor receiving capacity depends on a loading cross-section area, conveyor chain speed, shearer haulage speed, as well as the direction of chain and shearer mutual movement. Over the past few decades, the first three parameters have changed, and the chain speed and the shearer haulage speed have changed in different rates. The article investigates the potential of existing scraper conveyor models for receiving rock mass during bi-directional cutting sequence. The researches were carried out for shearer cutting haulage speed ranging from 3 to 30 m/min. At the initial stage of the research, the range of characteristics of modern scraper conveyors in terms of chain speed and loading cross-sectional area was established. Then the receiving capacity of conveyors of this range was determined and the patterns of its change depending on the above factors were analyzed. At the final stage, as an example, the calculated values of the loading cross-sectional area when mining a 2.5 m coal seam with cuttability of 260 kN/m and a cutting web of 0.8 m were determined. An assessment of the possibility of using actual conveyor models in the described conditions were carried out. The receiving capacity in the same and opposite direction of movement was collated. Its values varied significantly, especially at high rates of the shearer haulage speed. It was noted that there was a potential to increase the energy efficiency of the coal transportation process by reducing the chain speed in the opposite direction of movement. A coefficient was proposed to estimate the speed reduction. It was established that for bi-directional cutting sequence with the same conveyor productivity the models with a smaller loading cross-section area but higher chain speed were more efficient. An appropriate coefficient was proposed to estimate the difference in receiving capacity.

For citation: Filimonov K.A., Akimov K.V. Research on the technical capabilities of the face conveyors at shearer bi-directional cutting sequence. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2026; 3(175):131-143. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2026-3-131-143, EDN: SYZAFM

REFERENCES

1. RTM 12.44.045-81. Technical guidance material. Mine scraper conveyors. Traction calculation. Moscow: Ministerstvo ugol'noi promyshlennosti SSSR; 1981. 34 p. (In Russ.).
2. Wang, Y., Wang, S. Coordinated Speed Planning Strategy of Scraper Conveyor and Shearer Based on Scraper Conveyor Loads Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 267:42044. (In Eng.). DOI: 10.1088/1755-1315/267/4/042044.
3. Stoicuta O., Pana T. Modeling and simulation of the coal flow control system for the longwall scraper conveyor. *Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series*. 2016; (40):101–108. (In Eng.).
4. Stoicuta O., Pana T., Mandrescu C. The control system analysis of the coal flow on the scrapers conveyor in a longwall mining system. *2016 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE)*. Craiova, Romania. 2016. Pp. 1–10. (In Eng.). DOI: 10.1109/ICATE.2016.7754614.
5. Zhao S., Zhao J., Lu Z., He H., Zhang C., Miao Y., Xing Z. Data-Driven Cooperative Control Model of Shearer-Scraper Conveyor Based on Rough Set Theory. *Frontiers in Energy Research*. 2022; 10:811648. (In Eng.). DOI: 10.3389/fenrg.2022.811648.
6. Babokin G.I., Shalloeve V.A. Energy savings in scraper conveyor transport by a mechanized coal treatment machine. *Energobezopasnost' i energosberezhenie*. 2020; 3:39–43. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.18635/2071-2219-2020-3-39-43.
7. Babokin G.I., Shalloeve 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_4_0_167.
8. 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.
9. Babokin G. I., Shprekher D. M., Kolesnikov E. B., Ovsyannikov D. S. Study of the patterns of power consumption of the electric drive of the scraper conveyor of the working face. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;

10:149–163. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.25018/0236_1493_2023_10_0_149.

10. 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.

11. Zhang D., Qin J., Wu W., Zhu Y., Guo W. Research on scraper conveyor load prediction method based on wavelet transform and BP neural network. *Scientific Reports*. 2025; 15:15367. (In Eng.). DOI: 10.1038/s41598-025-00333-7.

12. Zhang X., Ren M., Wang H., Xu H., Shi B., Gao M. A Study on a Speed Regulation Method for Mining Scraper Conveyors and a Control Strategy for Permanent Magnet Drive Systems. *Actuators*. 2025; 14:106. (In Eng.). DOI: 10.3390/act14030106.

13. Wang W., Luo J., Li L., Zhao S., Lu Z., Li K. Speed control method of scraper conveyor based on load prediction and energy consumption optimization. *Coal Science and Technology*. 2025; 53(10):259–268. (In Cn., abstract in Eng.). DOI: 10.12438/cst.2024-1699.

14. Chen D., Zheng Z., Huang T., Zhang G. Coordinated optimal control of the speed of shearer and scraper conveyor based on their energy consumption models. *Journal of China Coal Society*. 2022; 47(6):2483–2498. (In Cn., abstract in Eng.). DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2021.1141.

15. Morley L.A., Kohler J.L., Smolnikar H.M. A model for predicting motor load for an armored face-conveyor drive. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 1988; 24(July/Aug):649–669. (in Eng.). DOI: 10.1109/28.6117.

16. Broadfoot A.R., Betz R.R. Prediction of power requirements for a longwall armored face conveyor. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 1997; 33(1):80–89. (in Eng.). DOI: 10.1109/28.567081.

17. Broadfoot A.R., Betz R.R. Power requirement prediction for armoured face conveyors. *Mining Technology*. 2000; 109(2):93–101. (in Eng.). DOI: 10.1179/mnt.2000.109.2.93.

18. 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.).

19. 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.

20. Filimonov K.A., Zorkov D.V. Underground mining of seam deposits : a study guide. Kemerovo: KuzSTU; 2022. 436 p. (In Russ.).

© 2026 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

Konstantin V. Akimov, student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya St., 28), e-mail: kostya.akimova@mail.ru

Contribution of the authors:

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

Konstantin V. Akimov – reviewing the relevant literature, data analysis.

All authors have read and approved the final manuscript.

