

УДК 622.014.02

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА УВЕЛИЧЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ЗАБОЙ ПРИ ЧЕЛНОКОВОЙ СХЕМЕ РАБОТЫ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

Капанина А. В., студент гр. ГПс-191, V курс

Научный руководитель: Филимонов К. А., к.т.н., доцент кафедры РМПИ

Кузбасский государственный технический университет

имени Т. Ф. Горбачева

г. Кемерово

Процесс отбойки угля комбайном с начала их широкого внедрения в середине XX века значительно изменился. Изменения в большей степени связаны с развитием конструкции комбайнов и увеличением их энергооруженности, что способствовало появлению новых технологических схем выемки (схем работы комбайна). Важными этапами эволюции этого процесса можно считать внедрение комбайнов с разнесёнными 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. С тех пор схемы выемки остаются консервативными элементами, которые практически не меняются с момента их появления, а суточная нагрузка на забой определяется газовым фактором или техническими характеристиками оборудования, в первую очередь производительностью очистного комбайна.

Энергооружённость очистных комбайнов отмеченного выше типа с момента их появления увеличилась примерно 10 раз. В условиях отсутствия ограничения нагрузки на забой по газовому фактору именно эта характеристика комбайна определяет уровень добычи. Внедрение более мощных комбайнов способствовало повышению суточной нагрузки на забой. В большей степени это выражается в уменьшение продолжительности очистного цикла за счёт увеличения скорости подачи комбайна, и, соответственно, увеличении количества циклов в сутки. Известно, что очистной комбайн, независимо от мощности, производит отбойку только часть продолжительности цикла. Поэтому, при неизменности технологических схем выемки, дальнейший потенциал увеличения суточной нагрузки за счёт увеличения мощности комбайна не очевиден.

Другим параметром, влияющим на продолжительность цикла при конкретной схеме работы комбайна является длина очистного забоя l_3 . Тенденция к её увеличению особенно проявлялась в последние 20÷30 лет. С одной стороны, увеличение длины очистного забоя способствует увеличению эксплуатационной производительности комбайна за счёт увеличения доли выемки в продолжительности цикла. С другой стороны, увеличение длины забоя увеличивает продолжительность цикла, и, следовательно, уменьшает их количество в сутки.

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 счёт отсутствия в цикле прохода комбайна по зачистке почвы. Для достижения поставленной цели необходимо:

- 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 N_y , скорости подачи V_{kp} и длины забоя l_3 ;
- провести анализ влияния увеличения значений мощности N_y и длины забоя l_3 на производительность очистного комбайна Q_3 .

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

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

Таблица 1
Элементы челноковой схемы работы комбайна

№	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)	

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).

Элементы рассматриваемой схемы отнесены в 6 групп, выделенных различным цветом в табл. 1. Элементы с 1 по 7 входят в состав концевых операций. Из 9 элементов только 4 предполагают выемку угля, причём 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 (табл. 2):

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

Таблица 2
Укрупнённые группы элементов челноковой схемы работы комбайна

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

Суточная эксплуатационная производительность комбайна в данном исследовании определялась по формуле

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

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

Значение n_{Π} определялось исходя из продолжительности цикла выемки t_{Π} для трёх рабочих смен по 6 часов, с учётом продолжительности подготовительно-заключительных операций $t_{\Pi_3} = 25$ мин. При этом значение t_{Π} рассчитывалось как сумма продолжительностей несовмещённых элементов схемы работы комбайна, установленных выше.

Для части элементов продолжительность принята в виде фиксированных значений. Для другой части, предполагающей перемещение комбайна, значения рассчитаны исходя из протяжённости участка забоя и скорости подачи на этом участке. Исходные данные примера расчёта, и данные для определения продолжительности элементов представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Исходные данные для определения продолжительности цикла выемки t_{Π}

Исходные данные	Значение
Мощность пласта m , м	2,5
Плотность угля γ , т/м ³	1,35
Удельная энергоёмкость процесса разрушения угля H_w , кВт·ч/т	0,54
Ширина захвата исполнительного органа комбайна r , м	0,8
Длина очистного забоя l_3 , м	200÷400
Длина участка самозарубки l_{cz} , м	30
Рабочая скорость подачи комбайна V_{kp} , м/мин	3÷30
Скорость подачи комбайна на концевом участке и при замозарубке V_{kz} ,	$0,5V_{kp}$
Скорость подачи комбайна при холостом ходе V_{kh} , м/мин	$0,75V_{kp}$

Таблица 4

Определение продолжительности элементов схемы работы комбайна

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

*Примечание. Продолжительность элемента № 3 не учитывается, так как он совмещён с элементом № 4.

Значения рабочей скорости подачи комбайна V_{kp} приняты в диапазоне 3÷30 м/мин, так как его можно считать приблизительно соответствующим рассматриваемому типу комбайна от первых серийных моделей до наиболее мощных современных моделей ведущих мировых производителей.

Поскольку значения продолжительности цикла выемки $t_{ц}$ в данном исследовании являются промежуточными, они приведены частично, в виде диаграмм при рабочей скорости подачи комбайна 10 и 30 м/мин (рис. 1). Эти значения являются характерными для современных комбайнов базового и максимального уровня энерговооружённости соответственно.

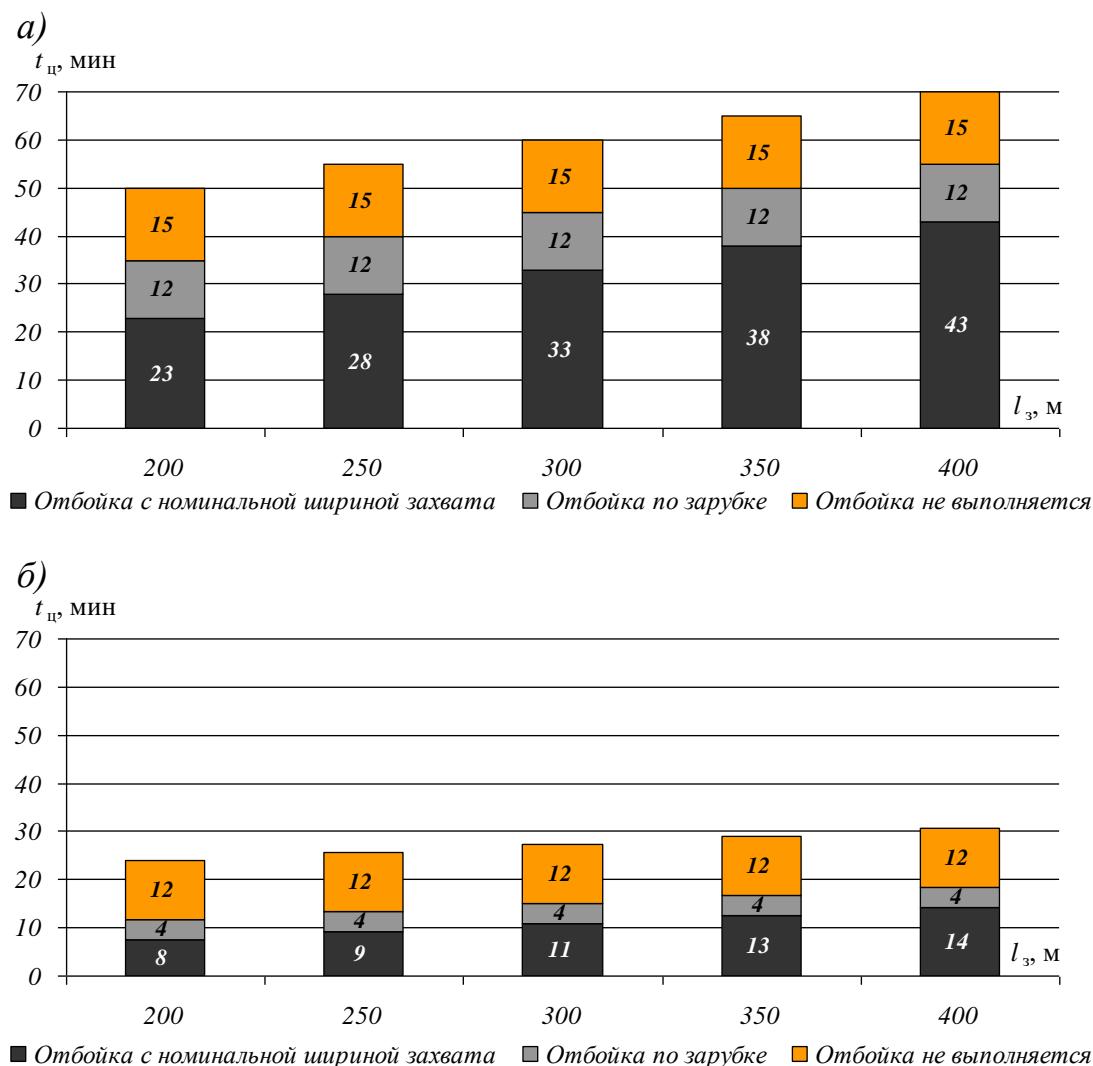


Рис. 1. Значения продолжительности цикла выемки $t_{ц}$ при рабочей скорости подачи комбайна 10 м/мин (а) и 30 м/мин (б)

Расчёт мощности приводов комбайна N_y , требуемой для обеспечения рабочей скорости подачи комбайна V_{kp} , производился по ф. (2), полученной из известных зависимостей, отражающих взаимосвязь значения N_y с производительностью комбайна и скоростью подачи [1, 2, 3]:

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

где N_y – установленная мощность приводов комбайна, кВт; m – мощность пласта, м; r – ширина захвата исполнительного органа комбайна, м; V_{kp} – рабочая скорость подачи комбайна, м/мин; γ – плотность угля, т/м³; H_w – удельная энергоёмкость процесса разрушения угля, кВт·ч/т.

Результаты определения эксплуатационной производительности очистных комбайнов Q_e с различными значениями установленной мощности N_y , скорости подачи V_p и длины забоя l_3 представлены на рис. 2.

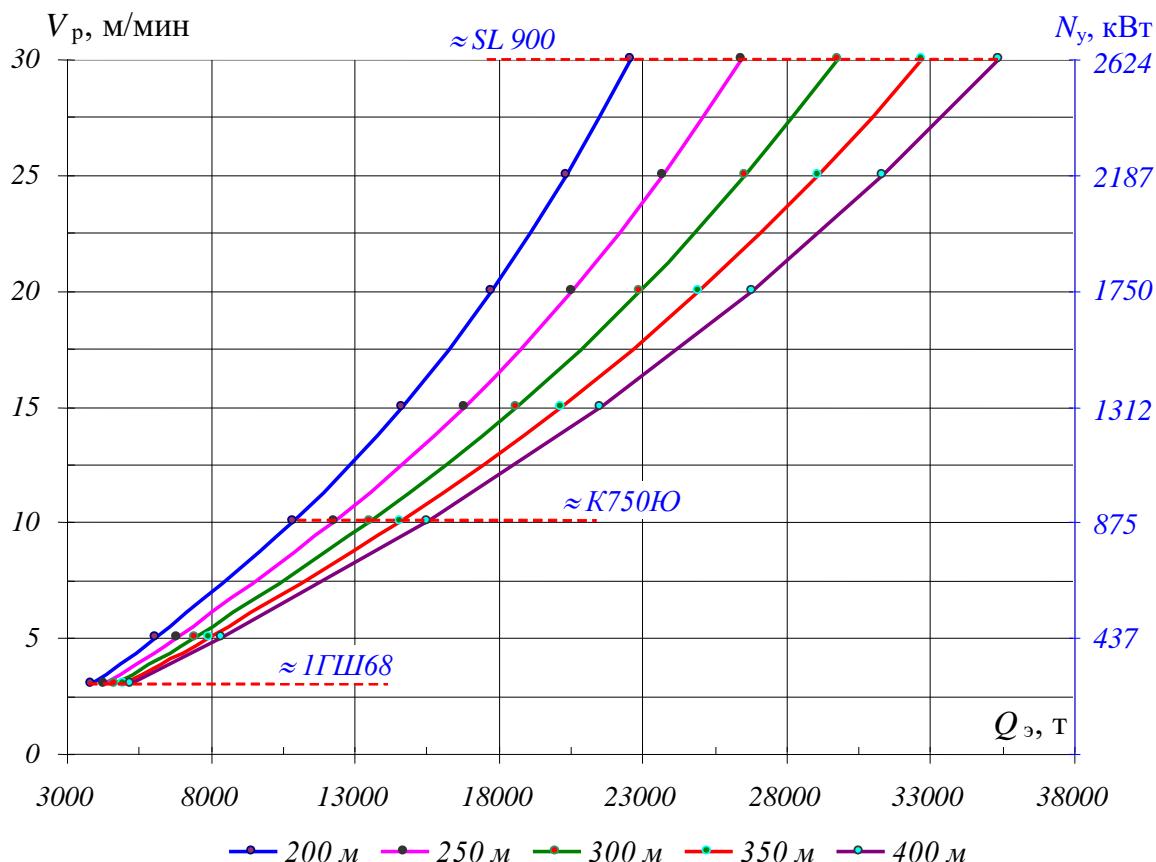


Рис. 2. Эксплуатационная производительность очистных комбайнов

Анализ влияния увеличения значений мощности N_y и длины забоя l_3 на эксплуатационную производительность очистного комбайна Q_e показывает следующее. Значение Q_e 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_e 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_e 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_e на 36 % (на 1378 т), а с комбайном мощностью 2624 кВт на 54 % (на 12780 т).

С точки зрения оценки потенциала увеличения суточной нагрузки на забой в рамках членковой схемы работы очистного комбайна, проведённые 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 замена комбайна на более мощный рекомендуеться рассматривать как первый шаг, особенно с учётом того, что увеличение длины забоя потребует на порядок 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. 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 ещё более мощный будет незначительный.

Отдельно необходимо отметить следующий аспект. 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 (по газовыделению, производительности конвейера и др.), которые снижают потенциал увеличения суточной нагрузки.

Список литературы

1. ГОСТ 31557-2012. Межгосударственный стандарт. Комбайны очистные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 21 с. – Текст : непосредственный.

2. Яцких, В. Г. Горные машины и комплексы / В. Г. Яцких, Л. А. Спектор, А. Г. Кучеряевых. – Москва : Недра, 1981. – 400 с. – Текст : непосредственный.

3. Филимонов, К. А. Подземная разработка пластовых месторождений : практикум / К. А. Филимонов, Д. В. Зорков ; КузГТУ. – Кемерово, 2022. – 436 с. – Текст : непосредственный.