

УДК 622.232.7

В.П. Кондрахин, д-р техн. наук, проф.,
Донецкий национальный технический университет.

В.В. Косарев, канд. техн. наук, директор.

Н.И. Стадник, д-р техн. наук, первый зам. директора,
Донгипроуглемаш

АНАЛИЗ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ КОМБАЙНОВ ДЛЯ ВЫЕМКИ ТОНКИХ ПЛАСТОВ ПО КРИТЕРИЯМ ЭНЕРГОВООРУЖЕННОСТИ

Разработаны критерии оценки энерговооруженности и выполнен анализ компоновочных схем очистных комбайнов для выемки тонких пластов. Установлены перспективные с точки зрения эффективного использования установленной мощности приводов компоновочные схемы.

очистной комбайн, энерговооруженность, компоновочные схемы, критерии

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Существует 2 типа компоновочных схем очистных комбайнов:

- симметричная схема, исполнительные органы разнесены по концам комбайна (комбайны К103М, КА-80, КА-200, УКД200-250, УКД200-400, УКД300)

- несимметричная схема, исполнительные органы находятся на одном конце корпуса (1К101У).

Несимметричная схема устарела, ее основной недостаток – невозможность обеспечить безнишевую выемку угля.

Симметричная схема имеет несколько вариантов:

Вариант 1 – использование вынесенной системы перемещения (ВСП) с цепным тяговым органом:

- подвариант 1а – совместный привод шнеков одним или двумя двигателями (комбайны К103М, УКД200-250)

- подвариант 1б - индивидуальный привод шнеков поворотными блоками резания (УКД200-400).

Вариант 2 – использование встроенной бесцепной системы перемещения:

- подвариант 2а – совместный привод шнеков одним или двумя двигателями (не реализован)

- подвариант 2б - индивидуальный привод шнеков поворотными блоками резания (комбайны УКД300, УКД400, МВ 220Е).

Компоновочные схемы комбайнов для выемки тонких пластов с точки зрения расположения корпуса комбайна относительно конвейера имеют 3 варианта:

- с забойной стороны конвейера (УКД200-250, УКД300, УКД400, К103М)
- с завальной стороны конвейера (КА80, КА200)
- над конвейером (МВ 220Е, 1К101У).

Большое многообразие компоновочных схем требует разработки критериев их сравнения с целью выбора оптимальных схемных решений очистных комбайнов.

Анализ исследований и публикаций. В работе [1] предложен принцип систематизации очистных узкозахватных комбайнов и их технических решений, который создает основу для анализа компоновочных схем этих машин. В работах [2,3] рассмотрены основные вопросы проектирования очистных комбайнов для тонких пологих пластов. Однако многообразие компоновочных схем очистных комбайнов, в том числе и разработанных в последние годы, свидетельствует об отсутствии до настоящего времени единства мнений специалистов по этой проблеме.

Постановка задачи. Целью работы является выбор и обоснование критериев и проведение анализа компоновочных схем очистных комбайнов для выемки тонких пологих пластов с позиции их энерговооруженности.

Изложение материала и результаты. Современные очистные комбайны для выемки тонких пологих пластов имеют два типа исполнительных органов: шнековые и барабанные с вертикальной осью вращения. Комбайны со шнековыми исполнительными органами получили большее распространение. На шахтах Украины в 2010 г. на тонких пологих пластах работали 139 комбайнов со шнековыми органами (в том числе 1К101У – 67; УКД200-250 (УКД200) – 37; РКУ10 – 18, 7 комбайнов зарубежного производства, в основном чешского, и др. машины) и 20 комбайнов с барабанными органами (КА200, КА80). Поэтому при дальнейшем анализе основное внимание уделено комбайнам со шнековыми органами.

Основные технические данные очистных комбайнов для выемки тонких пологих пластов отражены в таблице 1. Производительность в табл. 1 изменяется в зависимости от сопротивляемости угля резанию (от 120 до 360 кН/м).

Таблиця 1 – Технические характеристики очистных комбайнов для выемки пластов 0,8 – 1,3 м

Наименование показателей	Значение показателя для типа комбайна:							
	КА80	К103М	1К101У	УКД200-250	УКД200-400	УКД300	УКД400	МВ 220Е (Чехия)
Производительность, т/мин	2,2...3,3	2,0...3,2	до 2,6	3,3...5,5	4,0...6,0	4,0...10,0	3,5-12,0	не приводится
Применяемость по вынимаемой мощности пласта, м	0,85...1,2	0,7...1,4	0,95...1,3	0,85...1,3	0,85...1,5	0,85...1,3 (0,95...1,5)	0,8...1,5	0,8...1,6
Суммарная номинальная мощность привода, кВт, в т.ч.: - привода исп. органа - приводов подачи - гидроагрегата	290 180 2x55 -	290 2x90 2x55 -	110 110 - -	330 220 2x55 -	517,5 2x200 2x55 7,5	420 2x180 2x30 -	460 2x200 2x30 -	239,5 2x100 2x16 7,5
Диаметр исполнительного органа, мм	950	800	800	800, 900	800, 900, 1120,	800, 900, 1000, 1120, 1250	800, 900, 1000	750-800
Номинальная ширина захвата, м	0,8	0,63; 0,8	0,8	0,63; 0,8	0,7; 0,8	0,7	0,7; 0,8	0,8
Тип механизма подачи	ВСП	ВСП	гидравл. цепной	ВСП	ВСПУ	электр. БСП	электр. БСП	электр. БСП
Максимальная рабочая скорость подачи, м/мин	5,0	5,0	4,4	5,0	5,0	8,5	10,4 (при 50Гц)	5,6
Тяговое усилие, кН	200	200	200	200	250	300	300	300
Высота корпуса в зоне крепи, мм	530	636	740	625	625	688	634	660
Масса, т	12,8	11	10,4	14,4	14,8	17 (20)	19,9; 20,5, 21,0	13,2

Для проведения сравнительного анализа компоновочных схем очистных комбайнов с точки зрения их энерговооруженности в качестве критериев предлагается принять следующие:

1) Удельная энерговооруженность

$$E_{уд} = \frac{P_{сум}}{m_k}, \quad (1)$$

$P_{сум}$ – суммарная установленная мощность привода (в режиме S1), кВт;

m_k – масса комбайна, т

2) Эффективная мощность привода подачи, кВт

$$P_{эн} = \frac{1}{60} V_{max} T_{max}, \quad (2)$$

V_{max} – максимальная скорость подачи, м/мин;

T_{max} – максимальное тяговое усилие, кН.

3) Эффективная мощность привода резания, кВт:

- при отдельном приводе резания и подачи

$$P_{эр} = K_u P_{Ip} \eta_p \quad (3)$$

P_{Ip} – мощность (в режиме S1) одного электродвигателя привода резания, кВт

K_u – коэффициент использования мощности привода (для однодвигательного привода резания $K_u=1$, при совместной работе двух двигателей резания на один вал $K_u=2$, при отдельной работе двигателей $K_u=1...1,5$ для комбайнов со смещенным в забой корпусом и $K_u=1...1,7$ для комбайнов, корпус которых расположен на конвейере, см. ниже);

η_p – КПД редуктора привода исполнительного органа ($\eta_n=0,9...0,95$);

- при общем двигателе резания и подачи

$$P_{эр} = (P_{сум} - P_{эн} / \eta_n) \eta_p, \quad (4)$$

где η_n – КПД привода подачи (при использовании гидропривода $\eta_n=0,7...0,8$).

4) Относительная мощность привода подачи, т.е. доля эффективной мощности привода перемещения комбайна в общей эффективной мощности

$$\xi = \frac{P_{эн}}{P_{эн} + P_{эр}}. \quad (5)$$

Прежде, чем перейти к анализу критериев, выполним оценку коэффициента использования мощности привода K_u для случая раздельной работы двигателей (поворотные блоки резания комбайнов УКД300, УКД400, УКД200-400, МВ 220Е). Мощность, отдаваемая каждым из двигателей резания, определяется удельными энергозатратами на резание (W_{1p} и W_{2p}) и погрузку (W_{1n} и W_{2n}), а также производительностью каждого из органов Q_1 и Q_2 :

$$P_i = Q_i(W_{ip} + W_{in}), \quad i=1,2. \quad (6)$$

где

$$Q_1 = B_3 D V_n \gamma; \quad Q_2 = B_3 (H_p - D) V_n \gamma; \quad (7)$$

B_3 , D – ширина захвата и диаметр шнекового исполнительного органа;

H_p – мощность вынимаемого пласта;

V_n – скорость перемещения;

γ – плотность угля в массиве.

Из определения коэффициента K_u следует

$$K_u = \frac{P_1 + P_2}{P_1} \left(1 + \frac{W_{2p} + W_{2n}}{W_{1p} + W_{1n}} \left(\frac{H_p}{D} - 1 \right) \right). \quad (8)$$

В нормальных режимах работы шнека (без заштыбовки) согласно работам [2, 3] в первом приближении можно принять

$$W_{in} = \mu_i W_{ip}, \quad (9)$$

где μ_i – коэффициент пропорциональности, строго говоря, зависящий от механических свойств разрушаемого пласта. Следует отметить, что при скоростях подачи 3-4 м/мин мощность погрузки составляет 30-40 кВт [2] и, в отличие от мощности резания, не зависит от сопротивляемости пласта резанию. Тогда

$$K_u = 1 + \frac{W_{2p}(1 + \mu_2)}{W_{1p}(1 + \mu_1)} \left(\frac{H_p}{D} - 1 \right). \quad (10)$$

Для оценки величины $\frac{W_{2p}}{W_{1p}}$ следует учитывать коэффициент k_{oc}

ослабления массива впереди идущим органом, а также тот факт, что средние значения толщин среза на опережающем и отстающем шнеках в общем случае не совпадают между собой. Воспользуемся известной зависимостью удельных энергозатрат резания угля эталонным резцом прибора ДКС от толщины стружки h_{cpi} . Тогда

$$\frac{W_{2p}}{W_{1p}} = \frac{b + E\sqrt{h_{cp1}}}{b + E\sqrt{h_{cp2}}} k_{oc}. \quad (11)$$

Здесь b – ширина режущей кромки эталонного резца (2 см),
 E – показатель степени хрупкости угля.

Для опережающего шнека $h_{cp1} = \frac{2}{\pi} h_{max}$, для отстающего -

$$h_{cp2} = \frac{1 - \gamma_{охв}}{\gamma_{охв}} h_{max},$$

где
$$\gamma_{охв} = 0,5\pi - \arcsin\left(3 - 2\frac{H_p}{D}\right). \quad (12)$$

Выражения (10)...(12) позволяют выполнить оценку коэффициента использования мощности привода K_u для случая раздельной работы двигателей. При этом для комбайнов со смещенным в забой корпусом (УКД300, УКД400, УКД200-250, УКД200-400) принималось $\mu_1 = 0,3$; $\mu_2 = 0$, то есть предполагалось, что весь уголь выгружается опережающим шнеком. Для комбайнов МВ220Е, у которых основной корпус расположен над конвейером, $\mu_2 = \mu_1 = 0,3$. Анализ показал, что основными факторами, влияющими на значение коэффициента K_u , являются отношение $\frac{H_p}{D}$, а также коэффициент k_{oc} (для отстающего шнека принимался равным 0,8) и коэффициенты μ_1 и μ_2 . На рис. приведен график зависимости коэффициента использования мощности привода K_u от отношения $\frac{H_p}{D}$.

Из анализа рис. следует, что в реальных условиях работы комбайнов УКД300 и УКД400 коэффициент использования мощности двухдвигательного привода K_u находится в диапазоне 1...1,5, а для комбайнов МВ220Е - 1...1,7.

Коэффициент K_u для комбайнов МВ220Е выше, чем у комбайнов УКД300 (УКД400), максимально на 11,5%. Это объясняется тем, что отстающий шнек этой машины участвует в погрузке угля, оставшегося после опережающего шнека.

Значение критериев энерговооруженности основных типов очистных комбайнов приведены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать следующие выводы:

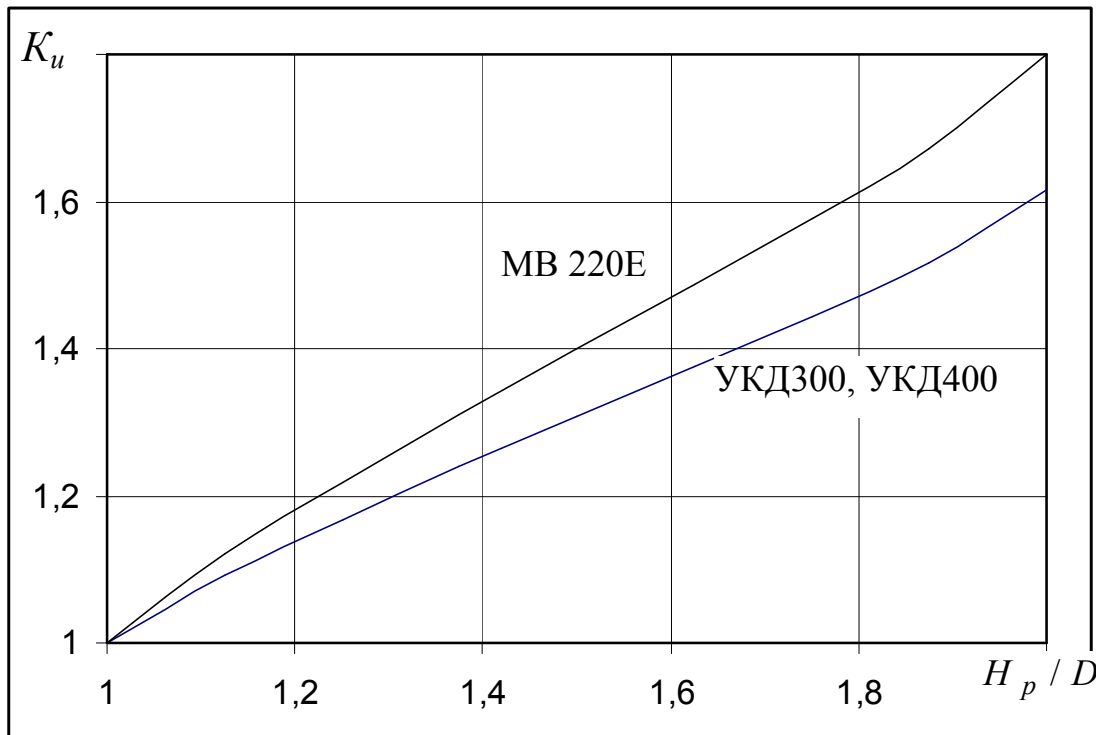


Рис. 1. - Зависимость коэффициента использования мощности привода резания от отношения H_p / D .

1) Комбайны нового поколения имеют существенно более высокую энерговооруженность привода резания по сравнению с комбайнами старого поколения. Например, у комбайна УКД200-250 эффективная мощность резания в 1,6 раза больше, чем у комбайна К103М. Однако эффективная мощность подачи у этих машин одинаковая, что свидетельствует о необходимости модернизации механизма перемещения комбайна УКД200-250 в направлении повышения эффективной мощности перемещения за счет роста максимальной скорости и тягового усилия. Этот вывод подтверждается также тем, что относительная мощность подачи комбайнов с ВСП в 2-3 раза ниже, чем у комбайнов УКД300, УКД400 и MB 220E.

2) Эффективная мощность подачи комбайнов с ВСП и ВСПУ составляет всего 15...19 % от установленной мощности привода подачи. Для комбайна УКД300 эта доля значительно выше – 75%. Это свидетельствует о низкой эффективности использования установленной мощности в вынесенных системах подачи.

3) Удельная энерговооруженность комбайнов К103М, УКД200-250 и УКД300 примерно одинакова при существенно разных эффективных мощностях резания и подачи. Это свидетельствует о том, что критерий удельной энерговооруженности не достаточен для объективной оценки энерговооруженности очистных комбайнов.

Таблица 2 - Параметры энерговооруженности очистных комбайнов для выемки тонких пластов

Тип комбайна	Суммарная мощность (S1), кВт	Масса комбайна, т	Удельная энерговооруженность, кВт/т	Эффективная мощность привода резания, кВт	Мощность привода подачи, кВт	Максимальные скорость (м/мин) / тяговое усилие, кН	Эффективная мощность подачи, кВт	Относительная мощность подачи
Комбайны предыдущего поколения								
РКУ10	170	18,6	9,1	133	-	5/250	20,8	0,135
1К101У	85	10,4	8,2	62,3	-	4,4/185	13,6	0,179
К103М	249	11	22,6	132	110	5/200	16,7	0,112
КА80	249	12,8	19,5	132	110	5/200	16,7	0,112
Комбайны нового поколения								
УКД300	420	17	24,7	171...257	60	8,5/300	42,5	0,150... 0,209
		20	21					
УКД400	460	21	21,9	190...285	60	10,4/300	52	
УКД 200-400	510	16,5	30,9	190...285	110	5/250	20,8	0,068... 0,099
УКД 200-250	330	14,4	22,9	209	110	5/200	16,7	0,074
МВ220Е (Чехия)	239,5	13,2	18,1	95...162	32	5,6/300	28	0,147... 0,227
КА200	310	13	23,8	190	110	5/200	16,7	0,081

4) Сравнение подвариантов 1а и 2б симметричной компоновочной схемы показывает, что схема 2б (встроенный механизм перемещения и отдельный привод шнеков) обеспечивает существенно большую эффективную мощность подачи при примерно равной эффективной мощности резания.

5) Учитывая низкий коэффициент использования мощности двухдвигательного привода резания при отдельном приводе (менее 1,5 вместо максимально возможных 2), представляет интерес компоновочная схема комбайна для выемки тонких пластов с двухдвигательным приводом резания по типу комбайна К103 М и встроенной частотно-регулируемой подачей по типу комбайна УКД300 или УКД400.

6) Для повышения энерговооруженности двухдвигательного привода резания за счет повышения коэффициента использования мощности до 1,7 и улучшения погрузки угля целесообразно рассмот-

реть компоновочную схему по типу схемы комбайна МВ 220Е (корпус расположен над конвейером), поскольку в этом случае мощность привода отстающего шнека используется для погрузки угля, остающегося на почве после опережающего.

Выводы и направление дальнейших исследований. Кроме известных критериев суммарная номинальная мощность привода и удельная энерговооруженность предложены новые критерии оценки очистных комбайнов и их компоновочных схем с точки зрения энерговооруженности: эффективная мощность резания, эффективная и относительная мощности подачи. Выполненный анализ технических характеристик комбайнов и их компоновочных схем позволил сделать выводы о необходимости повышения энергетической эффективности вынесенных механизмов перемещения и о достоинствах новых компоновочных схем комбайна для выемки тонких пластов со встроенным частотно-регулируемым механизмом перемещения. В дальнейшем следует выполнить подобный анализ с точки зрения массово-габаритных критериев, а также сравнительный анализ комбайнов со шнековыми и барабанными исполнительными органами.

Список источников:

1. Горные машины для подземной добычи угля: учеб. пособие для вузов [2-е изд. перераб. и доп.] / [П.А. Горбатов, Г.В. Петрушкин, Н.М.Лысенко и др.] ; Под общ. ред. П.А.Горбатова. – Донецк: Норд Компьютер, 2006. – 669 с.
2. Бойко Н.Г. Привод исполнительных органов очистных комбайнов: Монография / Н.Г.Бойко. – Донецк: ДУНВГО, 2005. – 140 с.
3. Бойко Н.Г. Очистные комбайны для тонких пологих пластов: монография / Н.Г.Бойко. – Донецк: ДУНВГО, 2010

Стаття надійшла до редколегії 22.04.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. каф. гірничих машин ДонНТУ В.Г.Гуляев

В.П. Кондрахін, В.В. Косарев, М.І. Стадник. Аналіз компоновальних схем комбайнів для виїмки тонких пластів за критеріями енергооснащеності. Розроблено критерії оцінки енергооснащеності й виконаний аналіз компоновальних схем очисних комбайнів для виїмки тонких пластів. Установлено перспективні з погляду ефективного використання встановленої потужності приводів компоновальні схеми.

очисний комбайн, енергооснащеність, компоновальні схеми, критерії

V. Kondrakhin, V. Kosarev, N. Stadnik. Analysis of the layout schemes of the cutter loader for the excavation of thin seam on the power criteria. Criteria for power evaluation cutter loader is developed. The analysis of the layout schemes of the cutter loader for the excavation of thin seam is performed. New layout schemes from the point of view of efficient use of installed power are suggested.

cutter loader, power, layout schemes, criteria

© Кондрахин В.П., Косарев В.В., Стадник Н.И., 2011