

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРОХОТА С КАНАТНЫМ ДВИЖУЩИМСЯ ПОЛЕМ

Плотников И. С.

научный руководитель д-р техн. наук, профессор Демченко И. И.

Сибирский Федеральный Университет

Оценка эффективности применения нового горного оборудования, в частности грохота с канатным движущимся полем (ГКДП) – это обоснование его преимуществ, что предполагает выполнение двух требований: 1) Обоснование технического преимущества по сравнению с другими грохотами для сортировки угля; 2) Расчет экономического эффекта от использования ГКДП.

Для обоснования преимущества ГКДП представлен расчет его основных параметров:

1. Для объективной оценки технической характеристики выбраны три модели с одинаковой производительностью 100 м³/ч. Все параметры ГКДП должны быть рассчитаны таким образом, чтобы обеспечить заданную производительность.

2. В зависимости от свойств угля скорость канатного полотна устанавливается в пределах 0,25 – 3,15 м/с. Чтобы получить заданную производительность достаточно установить скорость 0,25 м/с.

3. Зная значение требуемой производительности, минимальное значение ширины b просеивающей поверхности (длина барабана) определяется из формулы:

$$F = \frac{0,35 \cdot \varphi \cdot b \cdot h}{2}, \text{ м}^2$$

где, φ – угол естественного откоса груза в покое (для угля $\varphi = 30^\circ$);

h - высота слоя груза, м

$$F = \frac{Q}{3600 \cdot v} = \frac{100}{3600 \cdot 0,25} = 0,11 \text{ м}^2; \quad b = \frac{0,11 \cdot 2}{0,35 \cdot 30 \cdot h} = \frac{0,021}{h}$$

Значение высоты слоя груза h находим из формулы:

$$h = \frac{b}{4} \cdot \operatorname{tg} \varphi' = \frac{b}{4} \cdot \operatorname{tg} (30 \cdot 0,5) = b \cdot 0,06$$

Решая совместно два уравнения получаем:

$$b = \frac{0,021}{h} = \frac{0,021}{b \cdot 0,06}; \quad b^2 = 0,35; \quad b = 0,59 \text{ м}$$

$$h = b \cdot 0,06 = 0,59 \cdot 0,06 = 0,035 \text{ м}$$

Таким образом, получено минимальное значение ширины $b=0,59$ м для самой нижней просеивающей секции и ленточного конвейера, которое округляем до $b=0,6$ м. Каждая последующая просеивающая поверхность (средняя, верхняя) выполняется на 10-15% больше предыдущей: $b_{НС} = b_{ЛК} = 0,6 \text{ м}$; $b_{СС} = 0,6 \cdot 1,15 = 0,7 \text{ м}$;

$$b_{ВС} = 0,7 \cdot 1,15 = 0,8 \text{ м}$$

Длина просеивающей поверхности (длина между барабанами) должна быть установлена таким образом, чтобы натянутый канат был под требуемым углом девиации. Длина каждой секции определяется из формулы:

$$L_C = \operatorname{tg} \delta \cdot l$$

где, δ - острый угол при основании, град

Длина между канатами l каждой просеивающей плоскости зависит от размера требуемого куска угля a' , и определяется по формуле:

$$l = 0,8 \cdot a'$$

$$l_{НС} = l_{ЛК} = 0,8 \cdot 0,025 = 0,02 \text{ м}; \quad l_{СС} = 0,8 \cdot 0,05 = 0,04 \text{ м}; \quad l_{ВС} = 0,8 \cdot 0,1 = 0,08 \text{ м}$$

Минимальная длина каждой просеивающей поверхности будет равна:

$$L_{HC} = L_{ЛК} = tg 88 \cdot 0,02 = 0,58 \text{ м}$$

$$L_{CC} = tg 88 \cdot 0,04 = 1,1 \text{ м}; L_{BC} = tg 88 \cdot 0,08 = 2,2 \text{ м}$$

4. Площадь каждой просеивающей поверхности будет равна:

$$S_{HC} = S_{ЛК} = 0,6 \cdot 0,58 = 0,35 \text{ м}^2$$

$$S_{CC} = 0,7 \cdot 1,1 = 0,77 \text{ м}^2; S_{BC} = 0,8 \cdot 2,2 = 1,76 \text{ м}^2$$

5. Диаметр каната зависит от силы давления насыпного груза и определяется по формуле:

$$G = \frac{2,8 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot a^2 \cdot b^2}{a + b} = \frac{2,8 \cdot 1,5 \cdot 1500 \cdot 0,5^2 \cdot 0,6^2}{0,5 + 0,6} = 515,5 \text{ Н}$$

где, k_0 – коэффициент опорожнения ($k_0 = 1,5$);

γ – максимальный объемный вес поступающего угля, Н/м^3 , ($\gamma = \gamma_m \cdot g$);

a, b – размеры выпускного окна бункера, м

По ГОСТ 3062-80 выбираем канат диаметром 0,8 мм, разрывное усилие которого больше чем создаваемое давление насыпного груза.

6. Выбрав канат, определяем минимальный диаметр барабанов:

$$D_B = 30 \cdot d_K = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ мм}$$

Принимаем $D_B = 30 \text{ мм}$.

7. Необходимую длину каната для каждой секции определяем по формуле:

$$L_K = t \cdot (L_{PB} + L_{XB} + D_B), \text{ м}$$

где, t – число витков каната; L_{PB} – длина рабочей ветви каната, м; L_{XB} – длина холостой ветви каната, м;

7.1. Длина каната для нижней секции будет равна:

$$L_{HC}^K = t \cdot (L_{PB} + L_{XB} + D_B) = 28 \cdot (0,58 + 0,58 + 0,03) = 33,4 \text{ м}$$

Количество витков определяется из формулы:

$$t = \frac{L_B}{d_K + l} = \frac{0,6}{0,0008 + 0,02} = 28$$

Длина холостой ветви равна:

$$L_{XB} = \sqrt{L_{PB}^2 + l^2} = \sqrt{0,58^2 + 0,02^2} = 0,58 \text{ м}$$

7.2. Длина каната для средней секции будет равна:

$$L_{CC}^K = t \cdot (L_{PB} + L_{XB} + D_B) = 17 \cdot (1,1 + 1,1 + 0,03) = 38 \text{ м}$$

7.3. Длина каната для верхней секции будет равна:

$$L_{BC}^K = t \cdot (L_{PB} + L_{XB} + D_B) = 9 \cdot (2,2 + 2,2 + 0,03) = 40 \text{ м}$$

8. Зная значение длины и массы каната можно провести приближенный тяговый расчет, чтобы определить расчетную мощность привода для каждой секции.

8.1. Определяем величину окружного усилия нижней секции по формуле:

$$P = L \cdot w \cdot (q_z + q_k) + q_z \cdot H = 0,58 \cdot 0,67 \cdot (109 + 0,11) + 0 = 42 \text{ Н}$$

$$q_\Gamma = \frac{Qg}{36v} = \frac{100 \cdot 9,81}{36 \cdot 0,25} = 109 \text{ кг/м}$$

$$q_K = 0,1 \cdot M_{HC}^K \cdot g = 0,1 \cdot 0,11 \cdot 9,81 = 0,11 \text{ кг/м}$$

Необходимая мощность на валу приводного барабана равна:

$$N_B = \frac{P \cdot v}{100} = \frac{42 \cdot 0,25}{100} = 0,105 \text{ кВт}$$

Расчетная мощность привода нижней секции грохота равна:

$$N_\Sigma = \frac{N_B \cdot \kappa}{\eta_{II}} = \frac{0,105 \cdot 1,1}{0,8} = 0,16 \text{ кВт}$$

По полученному значению N_Σ из каталога для нижней секции выбираем электродвигатель АИР 56 А2.

8.2. Определяем величину окружного усилия средней секции по формуле:

$$P = L \cdot w \cdot (q_z + q_k) + q_z \cdot H = 1,1 \cdot 0,67 \cdot (109 + 0,13) + 0 = 81 \text{ Н}$$

Необходимая мощность на валу приводного барабана равна:

$$N_B = \frac{P \cdot v}{100} = \frac{81 \cdot 0,25}{100} = 0,2025 \text{ кВт}$$

Расчетная мощность привода нижней секции грохота равна:

$$N_{\text{Э}} = \frac{N_B \cdot \kappa}{\eta_{\text{Д}}} = \frac{0,2025 \cdot 1,1}{0,8} = 0,28 \text{ кВт}$$

По полученному значению $N_{\text{Э}}$ из каталога для средней секции выбираем электродвигатель АИР 63 А2.

8.3. Определяем величину окружного усилия верхней секции по формуле:

$$P = L \cdot w \cdot (q_z + q_k) + q_z \cdot H = 2,2 \cdot 0,67 \cdot (109 + 0,13) + 0 = 161 \text{ Н}$$

Необходимая мощность на валу приводного барабана равна:

$$N_B = \frac{P \cdot v}{100} = \frac{161 \cdot 0,25}{100} = 0,4025 \text{ кВт}$$

Расчетная мощность привода нижней секции грохота равна:

$$N_{\text{Э}} = \frac{N_B \cdot \kappa}{\eta_{\text{Д}}} = \frac{0,4025 \cdot 1,1}{0,8} = 0,55 \text{ кВт}$$

По полученному значению $N_{\text{Э}}$ из каталога для верхней секции выбираем электродвигатель АИР 63 В2.

Возможно использование одного электродвигателя, вместо трех, при этом он должен обеспечивать требуемую мощность:

$$N_{\text{Э}} = 0,16 + 0,28 + 0,55 = 0,99 \text{ кВт}$$

Из каталога выбираем один электродвигатель АИР 71 В2.

Для обоснования целесообразности использования ГКДП необходимо сравнить его рассчитанные технические характеристики и характеристики распространенных моделей грохотов ГИЛ, ГИСЛ, равной производительности используемых для сортировки угля (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение ГКДП с ГИЛ – 43 и ГИСЛ – 32

Технические характеристики	ГКДП	ГИЛ-43	ГИСЛ-32
1. Производительность, м ³ /ч	100	100	100
2. Размер просеивающей поверхности:			
длина, м	2,2	4	4,9
ширина, м	0,8	1,5	1,2
3. Площадь просеивающей поверхности, м ²	1,76	6	5,8
4. Мощность электродвигателя, кВт	1,1	11	2x15
5. Габариты:			
высота, м	1,1	1,58	2,46
длина, м	2,6	4,58	5,7
ширина, м	0,81	2,8	2,33
6. Масса, кг	89	3420	6920
7. Число просеивающих поверхностей	3	3	2

Как видно из таблиц 1, ГКДП имеет значительные преимущества по сравнению с ГИЛ, ГИСЛ. При равной производительности ГКДП обладает меньшими габаритами и массой, что дает возможность использовать его не только стационарно, но и устанавливать на мобильное шасси. Также требуемая мощность электродвигателя ниже, что обеспечит снижение расхода электроэнергии при сортировке угля.

Для расчета экономической эффективности использования ГКДП используется условная экономичность, которая показывает сумму экономии:

$$\Delta = (C_2 - C_1) \cdot Q, \text{руб}$$

где, C_1 - себестоимость по электроэнергии 1 м³ угля, отсортированной ГКДП, руб;
 C_2 - себестоимость по электроэнергии 1 м³ угля, отсортированной ГИЛ, ГИСЛ, руб;

Себестоимость по электроэнергии 1 м³ сортового угля зависит от затрат на электроэнергию для его получения, и определяется по формуле:

$$C = \frac{E}{Q}, \text{руб/м}^3$$

где, E - затраты на электроэнергию, руб; Q - объем отсортированного угля, м³
 Затраты на электроэнергию зависят от требуемой мощности электродвигателя и определяются по формуле:

$$E = N_{ДВ} \cdot t_p \cdot k_M \cdot s, \text{руб}$$

где, $N_{ДВ}$ - мощность электродвигателя, кВт;

t_p - время работы двигателя, ч;

k_M - коэффициент загрузки двигателя, $k_M = 0,9$;

s - стоимость 1 кВт/ч потребленной электроэнергии [5], $s = 3,09$ руб/кВт*ч;

Затраты электроэнергии при сортировке ГКДП составит:

$$E_1 = 1,1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 3,09 = 3,06 \text{ руб}$$

Затраты электроэнергии при сортировке ГИЛ – 43 составит:

$$E_2 = 11 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 3,09 = 30,6 \text{ руб}$$

Затраты электроэнергии при сортировке ГИСЛ – 32 составит:

$$E_3 = 2 \cdot (15 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 3,09) = 83,4 \text{ руб}$$

Таким образом, себестоимость по электроэнергии при сортировке 1 м³ угля будет равна:

$$C_1 = \frac{3,06}{100} = 0,03 \text{ руб/м}^3; C_2 = \frac{30,6}{100} = 0,3 \text{ руб/м}^3; C_3 = \frac{83,4}{100} = 0,834 \text{ руб/м}^3;$$

Сумма экономии будет равна:

$$\Delta = (0,3 - 0,03) \cdot 100 = 27 \text{ руб};$$

$$\Delta = (0,834 - 0,03) \cdot 100 = 80,4 \text{ руб};$$

Результаты расчетов экономической эффективности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение экономической эффективности ГКДП с ГИЛ-43, ГИСЛ – 32

Грохот	Q , м ³ /ч	Время работы, ч	Затраты на электроэнергию, руб	Себестоимость по электроэнергии 1 м ³ , руб/м ³	Эконом. эффект, руб
ГКДП	100	1	3,06	0,03	-
ГИЛ-43	100	1	30,6	0,3	27
ГИСЛ-32	100	1	83,4	0,834	80,4

Как видно из таблицы 2, при одной производительности $Q = 100$ м³/ч, и за взятый промежуток времени работы $t_p = 1$ час, затраты на электроэнергию для работы ГКДП составят 3,06 руб, что намного ниже чем для ГИЛ – 43 и ГИСЛ – 32, это достигается благодаря использованию электродвигателя намного меньшей мощности. За счет снижения потребляемой электроэнергии, также снизятся себестоимость получения 1 м³ сортового угля, которая для ГКДП составит 0,03 руб/м³.

ГКДП обладает значительными преимуществами по сравнению с используемыми грохотами для сортировки угля, а также экономически более эффективен, так как себестоимость по электроэнергии сортировки 1 м³ угля грохотом с канатным движущимся полем на 27 руб меньше чем затраты при сортировке ГИЛ – 43, и на 80,4 руб меньше, чем у ГИСЛ – 32.