

УДК 622.232

МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ АКСИАЛЬНЫХ КОРОНОК И ИХ СИСТЕМ ПОДАЧИ

Семенченко А.К., докт. техн. наук, проф., Шабает О.Е., канд. техн. наук, доц., Семенченко Д.А., канд. техн. наук, Хиценко Н.В., канд. техн. наук, доц.

Донецкий национальный технический университет

Разработана методика выбора основных параметров аксиальных коронок проходческого комбайна и их систем подачи

The method of determination of basic parameters of transverse cutting head of road-header and its feed system is developed

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Концентрация добычи угля [1,2] требует повышения темпов проходки горных выработок до 600 и более метров в месяц. Поэтому создание проходческих комбайнов и комплексов нового технического уровня является актуальной проблемой.

Успешное решение этой проблемы может быть обеспечено на основе создания теоретической базы компьютерного оптимального проектирования проходческих комбайнов нового технического уровня на основе использования современных методов математического программирования при структурно-параметрической оптимизации их силовых систем.

Анализ исследований и публикаций. В настоящее время все более широкое применение на угольных шахтах получили проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом (ИО), оснащенным аксиальными коронками.

Существующие методики определения рациональных конструктивных и режимных параметров аксиальной коронки не учитывают в полной мере особенностей ее формы и нуждаются в совершенствовании.

Поэтому обоснование рациональных параметров аксиальных коронок, обеспечивающих повышение производительности и ресурса проходческих комбайнов, являются актуальной задачей.

Постановка задачи. Параметры аксиальных коронок должны обеспечивать рациональное соотношение ширины и толщины среза на резцах в пределах 1..2.

Изложение материала и результаты. На основе результатов исследований [3 ... 7 и др.], проведенных кафедрой горных машин ДонНТУ была разработана ниже приведенная методика. В качестве исходных данных принимаются:

L_m – месячные темпы прохождения выработки, м/мес; S – площадь сечения выработки вчерне, m^2 ; H_b – высота выработки, мм;

$K_{ис}$ – коэффициент использования комбайна; $n_{см}$ – количество рабочих смен в сутки; $T_{см}$ – длительность смены, ч; n – количество прослойков; $\{P_{pi}, p_i\}$ – вектор параметров и структуры массива: P_{pi} – показатель прочности породы i -го прослойка; p_i – доля породы i -го прослойка в забое; $z_i(t, h, P_r)$ – зависимость для определения силы резания при разрушении i -того прослойка, Н; l_k и b_k – соответственно длина и ширина кулака, мм; δ – угол наклона образующей боковой поверхности к оси вращения коронки, град; $[\Delta\alpha]$ – допустимое изменение заднего угла на резцах, град; k – отношение глубины вруба к радиусу коронки, $k=1,8$; h_{max} – максимальная толщина среза на резцах, мм; V_p – максимальная скорость резания, м/с; $R_{ст}$, $L_{ст}$ – радиус и длина ступицы корпуса редуктора ИО в месте установки коронок, мм; $[V_n]$ – предельная скорость подачи, м/мин.

На основе этих данных определяются рациональные конструктивные и режимные параметры:

1. Средняя теоретическая производительность комбайна

$$Q_{ср} = \frac{L_m \cdot S}{60n_p n_{см} T_{см} K_{ис}}, m^3 / \text{мин.}$$

2. Ширина среза на резцах $t = h_{max}$, мм.

3. Удельные энергозатраты на разрушение прослойков забоя в оптимальном режиме

$$W_i = \frac{z_i(t, h_{max}, P_{ri})}{3,6th_{max}}, \text{кВт} \cdot \text{ч} / m^3.$$

4. Минимальные и максимальные удельные энергозатраты:

$$W_{min} = \min(W_i); \quad W_{max} = \max(W_i).$$

5. Требуемая глубина регулирования нагрузки на приводной двигатель

$$K_p = W_{max} / W_{min}.$$

6. Способ регулирования нагрузки на приводной двигатель выбирается следующим образом:

$K_p \leq 2$ – регулирование изменением сечения или скорости подачи;

$2 < K_p \leq 4$ – регулирование изменением сечения и скорости подачи;

$K_p > 4$ – выравнивание нагрузки без перегрузки двигателей нерационально, принимаем $K_p = 4$ и корректируем удельные энергозатраты:

$$W_{\min} = W_{\max} / K_p ; \quad W_i = \max(W_{\min}, W_i).$$

Для тех i , у которых поменялись W_i следует назначить P_{ii} таким, чтобы выполнялось равенство, приведенное в пункте 3.

7. Номинальная мощность привода ИО

$$N = 60 Q_{\text{ср}} \sqrt{\sum_{i=1}^n W_i^2 P_i}, \text{ кВт.}$$

8. Максимальная производительность

$$Q_{\max} = \frac{N}{60 W_{\min}}, \text{ м}^3 / \text{мин.}$$

9. Минимальный радиус установки резцов на коронке по условию возможности расположения кулаков с учетом количества лопастей

$$r'_{\min 1} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot l_k \cdot N'_3}{2\pi}\right)^2 - \left(\frac{b_k}{2}\right)^2} + h \cos \delta + \frac{b_k}{2} \sin \delta \quad (\text{мм}),$$

где N'_3 - количество лопастей коронки, принимается $N'_3 = 1 \dots 6$.

10. Минимальный радиус установки резцов по условию ограничений кинематических изменений заднего угла

$$r'_{\min 2} = \frac{180 h_{\max} N'_3}{(2\pi)^2 [\Delta\alpha]}, \text{ мм.}$$

11. Минимальный радиус установки резцов $r'_{\min} = \max(r'_{\min 1}, r'_{\min 2})$, мм.

12. Глубина одноразовой максимальной зарубки ИО

$$B'_1 = R_{\text{ст}} - r'_{\min}, \text{ мм.}$$

13. Глубина одноразовой зарубки по заданной производительности

$$B'_2 = \frac{10^5 \pi Q_{\max} \sin \delta}{6 \cdot k \cdot N'_3 \cdot V_p \cdot h_{\max}}, \text{ мм.}$$

14. Глубина одноразовой зарубки коронки $B'_k = \max(B'_1, B'_2)$, мм.

15. Радиус коронки $R'_k = r'_{\min} + 2B'_k$, мм.

16. Максимальная скорость боковой подачи

$$V'_{п\max} = \frac{60h_{\max} N'_3 V_p}{2\pi R'_k \sin \delta}, \text{ м/мин.}$$

17. Ширины внешней и внутренней поверхностей коронки:

$$K'_1 = 2V'_k / \text{tg } \delta, \text{ мм}; \quad K'_2 = 0.5K'_1, \text{ мм.}$$

18. Рациональный радиус коронки

$$R_k = \min(R'_k) \text{ из всех } N'_3 = 1 \dots 6, \text{ для которого } V'_{п\max} < [V_{п}].$$

19. Рациональные значения заходности коронки N_3 , глубины разовой зарубки V_k , минимального радиуса установки резцов r_{\min} , максимальной скорости боковой подачи $V_{п\max}$, ширины K_1 и K_2 соответствуют выбранному рациональному радиусу коронки.

20. Минимальный радиус установки резцов на наружной боковой поверхности коронки $r_{\min 1} = r_{\min}$, мм.

21. Минимальный радиус установки резцов на внутренней боковой поверхности коронки $r_{\min 2} = R_k - V_k$, мм.

22. Угол навивки спирали выбирается из условия $\varphi_m \geq \frac{720}{N_3}$, град.

Критерием выбора может быть минимум коэффициента неравномерности момента сопротивления на коронке.

23. Длительность цикла обработки 1-го погонного метра выработки

$$t_u = \frac{1}{N} \left[\left(V_1 + V_4 + \frac{k_w}{k_M} V_3 \right) \sum_{i=1}^n W_i p_i + \frac{k_w}{k_M} V_2 W_{\min} \right] \text{ (ч.)},$$

где V_1, V_2, V_3, V_4 - соответственно, разрушаемый объем в режимах бокового реза 2-мя коронками, фронтальной зарубки, вертикальной зарубки и бокового реза 1-й коронкой;

k_w - коэффициент, учитывающий рост удельных энергозатрат, вызванный серповидностью среза в режимах фронтальной и вертикальной зарубок, $k_w = 1,3$;

k_M - коэффициент перегрузки по мощности приводного двигателя в режимах фронтальной и вертикальной зарубок, $k_M = 1,45$ при $\delta = 45^\circ$, $k_M = 1,3$ при $\delta = 60^\circ$;

$$V_1 = 2 \cdot 10^{-6} L_{\text{ст}} H_B;$$

$$V_2 = 4 \cdot 10^{-6} L_3 R_k;$$

$$V_3 = 2 \cdot 10^{-6} L_3 (H_B - 2R_k);$$

$$V_4 = S - V_1 - V_2 - V_3.$$

Здесь:

L_3 - ширина заглиблення коронки в масив при її заглибленні

$$V_k; L_3 = \frac{2B_k}{\text{tg } \delta}, \text{ мм.}$$

24. Проверка месячных темпов проходки по зависимости:

$$L_M = \frac{n_p n_{cm} T_{cm} K_{ис}}{t_{ц}}, \text{ м/мес}$$

25. Режимные параметры коронки:

- скорость вращения коронки $\omega = \frac{1000V_p}{R_k}, \text{ рад/с};$

- минимальная скорость боковой подачи (если регулирование скорости предусмотрено) $V_{pmin} = 0.5V_{pmax}, \text{ м/мин};$

- максимальная скорость подачи в режимах фронтальной и вертикальной зарубки $V_{pmax2} = \frac{60h_{max} N_3 V_p}{2\pi R_k \cos \delta}, \text{ м/мин};$

- минимальная скорость подачи в режимах фронтальной и вертикальной зарубки (если регулирование скорости предусмотрено)

$$V_{pmin2} = 0.5V_{pmax2}, \text{ м/мин.}$$

Для практического использования изложенной методики было разработано специальное программное обеспечение. В качестве примера приведены результаты его использования (табл. 1, 2).

Таблица 1 - Исходные данные

| $L_M, \text{ м/мес}$ | $S, \text{ м}^2$ | $H_B, \text{ мм}$ | $k_{и}$ | n_p | n_{cm} | $T_{cm}, \text{ ч}$ | k |
|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| 400 | 18 | 4000 | 0.3 | 28 | 3 | 6 | 1.8 |
| $h_{max}, \text{ мм}$ | $l_k, \text{ мм}$ | $b_k, \text{ мм}$ | $\delta, ^\circ$ | $[\Delta\alpha], ^\circ$ | $R_{ст}, \text{ мм}$ | $L_{ст}, \text{ мм}$ | $v_p, \text{ м/с}$ |
| 50 | 150 | 80 | 45 | 15 | 250 | 400 | 1.5 |
| i | 1 | 2 | 3 | | | | |
| $p_{ki}, \text{ МПа}$ | 200 | 400 | 800 | | | | |
| p_i | 0.3 | 0.55 | 0.15 | | | | |

Таблица 2 - Расчет параметров

| № эта-па | Параметр | Значение | | | | | |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|------|------------------------|------|-------|-------|
| 1 | $Q_{ср}$, м ³ /мин | 0.79 | | | | | |
| 2 | t , мм | 50 | | | | | |
| 3 | i | 1 | 2 | 3 | | | |
| | W_i , кВтч/м ³ | 1.4 | 2.8 | 5.6 | | | |
| 4 | W_{min} , кВтч/м ³ | 1.4 | | | | | |
| | W_{max} , кВтч/м ³ | 5.6 | | | | | |
| 5 | K_p | 4 | | | | | |
| 6 | Способ регулирования | сечением и скоростью подачи | | | | | |
| 7 | N , кВт | 147.6 | | | | | |
| 8 | Q_{max} , м ³ /мин | 1.76 | | | | | |
| | N'_3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 9 | r_{min1} , мм | 90 | 150 | 201 | 250 | 299 | 347 |
| 10 | r_{min2} , мм | 30 | 61 | 91 | 122 | 152 | 182 |
| 11 | r_{min} , мм | 90 | 150 | 201 | 250 | 299 | 347 |
| 12 | $B_{к1}$, мм | 160 | 100 | 49 | 0 | -49 | -97 |
| 13 | $B_{к2}$, мм | 482 | 241 | 161 | 120 | 96 | 80 |
| 14 | B_k , мм | 482 | 241 | 161 | 120 | 96 | 80 |
| 15 | R_k , мм | 1053 | 632 | 522 | 491 | 492 | 508 |
| 16 | $V_{пmax}$, м/мин | 0.96 | 3.21 | 5.82 | 8.25 | 10.30 | 11.97 |
| 17 | K_1 , мм | 963 | 482 | 321 | 241 | 193 | 161 |
| | K_2 , мм | 482 | 241 | 161 | 120 | 96 | 80 |
| 18 | R_k , мм | 491 | 23 | L_3 , мм | | | 241 |
| 19 | N_3 | 4 | | V_1 , м ³ | | | 3.20 |
| | B_k , мм | 120 | | V_2 , м ³ | | | 0.47 |
| | $V_{пmax}$, м/мин | 8.25 | | V_3 , м ³ | | | 1.45 |
| | K_1 , мм | 241 | | V_4 , м ³ | | | 12.87 |
| | K_2 , мм | 120 | | k_M | | | 1.45 |
| 20 | r_{min1} , мм | 250 | 24 | $t_{ц}$, ч | | | 0.33 |
| 21 | r_{min2} , мм | 371 | | L_m , м/мес | | | 453 |
| 22 | ϕ_m , град(минм.) | 180 | 25 | ω , рад/с | | | 3.05 |
| | | | | $V_{пmin}$, м/мин | | | 4.13 |
| | | | | $V_{пmax2}$, м/мин | | | 8.25 |
| | | | | $V_{пmin2}$, м/мин | | | 4.13 |

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, разработана методика выбора основных параметров аксиальных коронок и их систем подачи, которая может быть использована при разработке и модернизации проходческих комбайнов с аксиальными коронками. При этом форма коронки предпочтительно должна выбираться конической или близкой к ней, так как такой выбор обеспечивает наиболее рациональные режимы работы резцов.

Список источников.

1. Н.С. Сургай, В.В. Виноградов, Ю.И. Кияшко. Производительность очистных комплексов нового технического уровня и пути ее повышения. // Уголь Украины – 2001. - №6. – С. 2-6.
2. А.Г. Лаптев. Перспективы развития горной промышленности на базе технического перевооружения шахт. // Уголь Украины – 2002. - №2-3. – С. 10-14.
3. Шабаев О.Е., Семенченко Д.А., Хиценко Н.В., Мизин В.А. Обоснование структуры исполнительного органа проходческого комбайна нового технического уровня. // Известия Донецкого горного института. Донецк - 2001. - №2, – С.118-123.
4. Семенченко Д.А. Влияние кинематических изменений заднего и переднего углов поворотного резца на формирование усилия подачи// Наукові праці ДонДТУ. Серія гірничо-електромеханічна. Донецьк - 2001. - Вип.27. - С.340-344.
5. Семенченко Д.А. Влияние формы аксиальной коронки на формирование толщины стружки на резцах и энергозатраты разрушения при боковом резе // Сборник научных трудов, посвященный 45-летию ДГМИ, "Перспективы развития угольной промышленности в XXI веке". Алчевск –2002. С.268-273.
6. Хиценко Н.В. Влияние кинематических изменений скорости подачи и глубины зарубки в массив исполнительного органа на эффективность работы проходческого комбайна// Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Вып. 23. – Донецк: ДонГТУ, 2002. – С. 151 – 156.
7. Семенченко А.К., Хиценко Н.В. Обоснование рационального способа регулирования нагрузки на привод исполнительного органа проходческого комбайна// Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: Збірник наукових праць. – Донецьк: ВАТ "НДІГМ імені М.М. Федорова", 2003. – Вип. 96. – С. 165-172.