

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТУПЕНЧАТОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ПОДАЧИ КОРОНКИ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

Семенченко А.К. докт. техн. наук, проф., Хиценко Н.В. аспирант
Донецкий национальный технический университет

Разработана математическая модель оптимизации параметров ступенчатого регулирования скорости подачи коронки проходческого комбайна.

The optimization model of step-by-step regulation parameters of the road-header cutting head advance speed is developed.

Система подачи исполнительного органа проходческого комбайна с плавным регулированием скорости подачи может быть выполнена с применением либо дроссельного регулирования, либо регулируемого насоса или частотно-регулируемого электропривода. Работа системы подачи в первом исполнении сопровождается значительными потерями энергии в дроссельном регуляторе. Применение последних двух вариантов ведет к усложнению конструкции.

Система со ступенчатым регулированием скорости подачи, выполненная на базе секционного насоса, не имеет указанных недостатков. При этом актуальной является проблема выбора рациональных значений скорости подачи.

Очевидно, этот выбор должен обеспечивать максимум производительности комбайна, что возможно при минимальных удельных энергозатратах процесса разрушения массива коронкой W и максимальном использовании установленной мощности привода.

Минимум удельных энергозатрат W обеспечивается при работе исполнительного органа с рациональными параметрами стружки на резцах. На рисунке 1 приведены зависимости удельных энергозатрат процесса разрушения породы поворотным тангенциальным резцом по данным различных исследователей. Анализ приведенных зависимостей позволяет сделать вывод, что рациональный режим работы исполнительного органа (работа с минимальными W) обеспечивается при разрушении массива со стружками $h_{\min} \dots h_{\max}$. При этом рациональная толщина стружки ограничена сверху конструктивным выле-

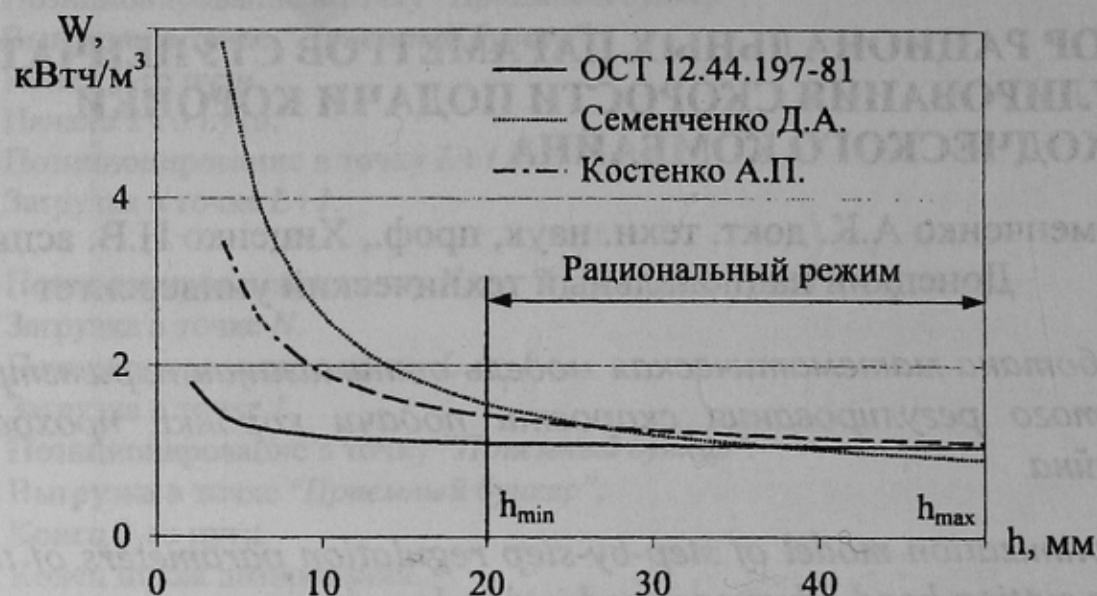


Рисунок 1 – Зависимость удельных энергозатрат процесса разрушения породы поворотным резцом от толщины среза по данным различных исследователей

том реза. Так как толщина стружки на резе пропорциональна скорости подачи, последняя должна быть ограничена:

$$v_{\text{п min}} \leq v_{\text{п}} \leq v_{\text{п max}} \quad (1)$$

Значение $v_{\text{п max}}$ определяется по условию равенства максимальной толщины стружки на коронке и радиального вылета реза; $v_{\text{п min}}$ – из условия обеспечения минимальной h , при которой достигаются рациональные удельные энергозатраты.

Неоднородность забоя может быть задана распределением показателя прочности разрушаемой породы $p(P_r)$ (рис. 2), при чем P_r для угля – сопротивляемость резанию A_p , для породы – контактная прочность p_k . Выбор рациональных значений скорости подачи должен осуществляться по критерию максимальной теоретической производительности.

Теоретическая производительность комбайна при работе в забое с j -м распределением прочности пород:

$$Q_j = \int_{P_{r \min}}^{P_{r \max}} 60Sv_{\text{п}}p_j dP_r, \quad (2)$$

где $P_{r \min}, P_{r \max}$ – пределы изменения показателя прочности разрушаемого массива; S – площадь забоя, обрабатываемая коронкой; $v_{\text{п}}$ – скорость подачи коронки – функция прочности разрушаемой породы (рис.3, кривые 2, 3):

$$v_{\text{п}} = v_{\text{п}i} \text{ при } P_{r(i-1)} < P_r \leq P_{ri}; i = 1..m, \quad (3)$$

где $v_{\text{п}i}$ – i -тая ступень скорости подачи (m – число ступеней); P_r – показатель прочности разрушаемой породы; P_{ri} – граничное значение показателя прочности между ступенями i и $(i+1)$ ($P_{r0} = P_{r\text{min}}$; $P_{rm} = P_{r\text{max}}$).

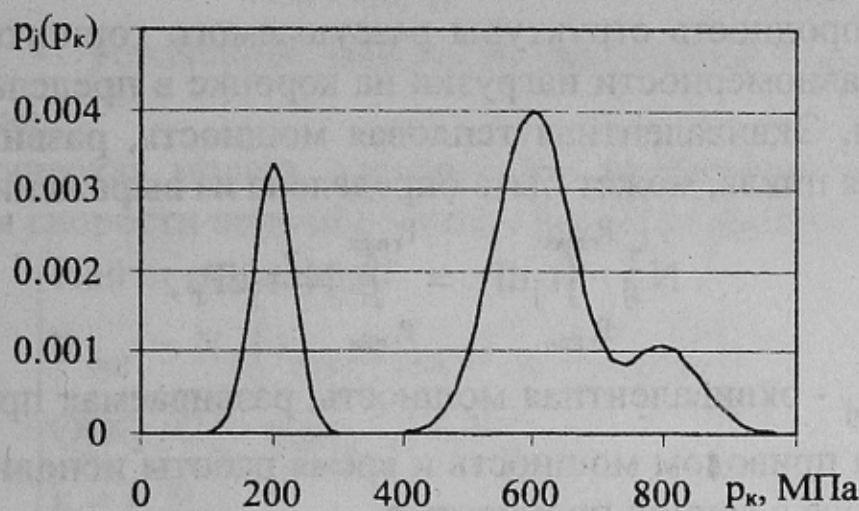


Рисунок 2 – Распределение контактной прочности разрушаемых пород

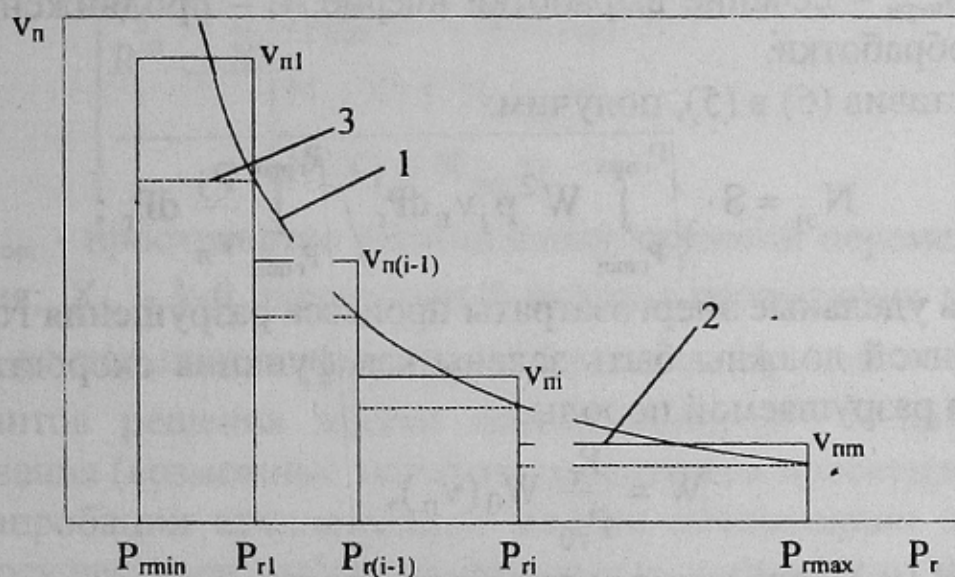


Рисунок 3 – Изменение скорости подачи от прочности разрушаемой породы:

- 1 – плавное с полным использованием мощности привода;
- 2 – ступенчатое при ограничении тепловой мощностью;
- 3 – ступенчатое при ограничении устойчивой мощностью.

Средняя теоретическая производительность по всем рассматриваемым типам забоев:

$$Q = \sum_{j=1}^n Q_j \gamma_j, \quad (4)$$

где γ_j – вероятность появления j -го распределения прочности разрушаемой породы.

Неоднородность структуры разрушаемого горного массива приводит к неравномерности нагрузки на коронке в пределах цикла обработки забоя. Эквивалентная тепловая мощность, развиваемая приводом за время цикла, может быть определена из выражения [1]:

$$N_{эj}^2 \int_{P_{r \min}}^{P_{r \max}} t_j dP_r = \int_{P_{r \min}}^{P_{r \max}} N^2 t_j dP_r, \quad (5)$$

где $N_{эj}$ – эквивалентная мощность, развиваемая приводом; N , t_j – развиваемая приводом мощность и время работы исполнительного органа по породе с данной прочностью.

$$t_j = \frac{S_{\text{черн}} L p_j}{S v_{\pi}}; \quad N = S v_{\pi} W, \quad (6)$$

где $S_{\text{черн}}$ – сечение выработки вчерне; L – продвижение забоя за цикл его обработки.

Подставив (6) в (5), получим:

$$N_{эj} = S \cdot \sqrt{\frac{\int_{P_{r \min}}^{P_{r \max}} W^2 p_j v_{\pi} dP_r}{\int_{P_{r \min}}^{P_{r \max}} \frac{p_j}{v_{\pi}} dP_r}}; \quad (7)$$

Здесь удельные энергозатраты процесса разрушения горного массива коронкой должны быть заданы как функция скорости подачи и прочности разрушаемой породы:

$$W = \frac{P_r}{P_{r0}} W_0(v_{\pi}), \quad (8)$$

где $W_0(v_{\pi})$ – таблично заданная зависимость удельных энергозатрат от скорости подачи при показателе прочности разрушаемой породы P_{r0} , рассчитанная по [2].

Для исключения перегрева двигателя привода исполнительного органа необходимо выполнение условия:

$$N_{эj} \leq N_{\text{тепл}} \eta, \quad (9)$$

где $N_{\text{тепл}}$ - тепловая мощность двигателя привода исполнительного органа; η - к. п. д. привода.

С другой стороны, устойчивая работа привода обеспечивается при:

$$N \leq N_{\text{уст}} \eta, \quad (10)$$

где $N_{\text{уст}}$ - устойчивая мощность двигателя привода исполнительного органа.

Математическая модель оптимизации параметров ступенчатого регулирования скорости подачи с учетом вышесказанного:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Найти множество} \\ R_{\text{opt}} \supset \bar{X}_k (v_{\text{плк}} \dots v_{\text{пмк}}; P_{\text{рлк}} \dots P_{\text{р(м-1)к}}): \\ Q(\bar{X}_k, \bar{C}) = \max_k Q(\bar{X}, \bar{C}), \\ k = 1..N_k; \\ \bar{X} \in R^n; \\ R^n \supset \bar{X} \left\{ \begin{array}{l} v_{\text{пmin}} \leq v_{\text{п}} \leq v_{\text{пmax}}; \\ P_{\text{рmin}} \leq P_{\text{р}} \leq P_{\text{рmax}}; \\ N_{\text{э}}(\bar{X}) \leq N_{\text{тепл}} \eta; \\ N(\bar{X}) \leq N_{\text{уст}} \eta, \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (11)$$

где R_{opt} - пространство оптимальных значений переменных проектирования; \bar{X}_k - k-й оптимальный вариант переменных проектирования; \bar{C} - вектор постоянных проектирования; N_k - число оптимальных вариантов решения задачи оптимизации; R^n - пространство проектирования (возможные значения переменных проектирования).

Для апробации предложенной модели оптимизации с ее помощью был осуществлен выбор рациональных параметров двухступенчатого регулирования скорости подачи проходческого комбайна типа П110 при его работе с одним двигателем мощностью 55 кВт для режима бокового реза (см. табл. 1). Распределения прочности разрушаемых пород задавались по средним значениям контактной прочности $r_{\text{кр}ij}$ и долям d_{ij} породы i-го класса в j-м забое с использованием нормального закона с коэффициентами вариации 10% [3] (например, на рис. 2 показано распределение 3). Рациональные параметры регулирования: $v_{\text{п1}}=2$ м/мин, $v_{\text{п2}}=0.31$ м/мин; $p_{\text{к1}}=220$ МПа. Как видно из табли-

цы, использование таких параметров регулирования позволяет достичь в заданных условиях эксплуатации практически полного (более 90 %) использования установленной мощности приводного двигателя.

Таблица 1 – Результаты оптимизации

Распределения прочности разрушаемых пород				Q_j , м ³ /мин	Q, м ³ /мин	$\frac{N_{эj}}{N_{ном} \eta}$
№ п/п(j)	$R_{крjij}$, МПа	d_{ij}	γ_j			
1	200	1	0.3	0.47	0.27	1.00
2	200	0.25	0.4	0.18		0.92
	600	0.75				
3	200	0.25	0.3	0.18		0.98
	600	0.60				
	800	0.15				

Таким образом, предложенная математическая модель оптимизации параметров ступенчатого регулирования скорости подачи коронки проходческого комбайна избирательного действия позволяет осуществить выбор рациональных скоростей подачи по критерию максимальной средней теоретической производительности с учетом проектных условий эксплуатации комбайна.

Список источников

- Основы автоматизированного электропривода/Чиликин М.Г., Соколов М.М., Терехов В.М. и др. - М.: Энергия, 1974. - 568 с.
- Семенченко А.К., Шабаетв О.Е., Витковский В.Л. и др. Математическая модель резового исполнительного органа/ Сб. научн. трудов НГА Украины. №3, Том 6. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 1998. - с. 53-57.
- Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Том 1. Научно-методические основы. Разрушение резовым инструментом/Барон Л.И., Глатман Л.Б., Губенков Е.К. - М.: Наука, 1968. - 216 с.