

Н.В. Хищенко, Д.А. Семенченко, канд. техн. наук

(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет)

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ АКСИАЛЬНОЙ КОРОНКИ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА НА ЕЕ МАКСИМАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ ПОДАЧИ

Проблема создания теоретической базы компьютерного проектирования проходческих комбайнов (ПК) на основе их структурно-параметрической оптимизации является актуальной, поскольку позволит повысить технический уровень и конкурентоспособность этих машин.

Необходимым условием решения этой проблемы является создание математических моделей (ММ) оптимизации силовых систем ПК [1]. Так при создании ММ оптимизации системы подачи исполнительного органа (ИО) с аксиальными коронками (АК) необходимо обоснование ограничений пространства проектирования [2], в частности, ограничение значения максимальной по вылету резца скорости подачи. Известна формула определения максимальной толщины среза на резце осевой коронки [3]: $h_{max} = 100v_k / n_{об} N_3 \cos \delta$, где v_k - скорость подачи коронки; $n_{об}$ - частота вращения коронки; N_3 - количество резцов в линии резания; δ - угол конусности коронки. Отсюда, при максимальной толщине среза, равной максимальному вылету резца l_p , максимальная по вылету резца подача за оборот АК определится как: $s_{max} = 100v_{kmax} / n_o = N_3 l_p \cos \delta$. Следует отметить, что данная зависимость не учитывает особенности разрушения забоя [4], а именно то, что форма поверхности забоя отличается от формы образующей поверхности, описанной по вершинам резцов АК.

Таким образом, цель данной статьи – оценить влияние особенностей разрушения забоя АК на максимальную по вылету резца скорость подачи.

Для достижения поставленного следует решить следующие задачи: получить зависимости для определения максимальной по вылету резца подачи за оборот АК; выявить факторы, оказывающие существенное влияние на максимальную по вылету резца подачу за оборот.

Расчетная схема для определения максимальной по вылету резца подачи за оборот при боковой подаче ИО (режимы бокового реза) приведена на рис. 1, на котором изображена поверхность забоя и положение резца в плоскости построения, проходящей через ось коронки. AB – участок поверхности забоя, которую образовали бы резцы при нулевой подаче коронки. С незначительной погрешностью можно принять угол наклона этого участка равным углу наклона касательной к образующей коронки δ . При наличии подачи поверхность забоя будет отличаться от поверхности коронки и участок, образуемый той же парой резцов, займет положение $A'B'$ при угле наклона касательной к поверхности забоя δ' . Резец C , расположенный в той же линии резания, что и A , но на следующей спирали, пройдет секущую плоскость в точке C' . Тогда при равномерном расположении спиралей на поверхности коронки $A'C' = s/N_3$. Толщина среза на

резце C – расстояние от точки C' до отрезка $A'B'$. Легко показать, что толщина среза определяется зависимостью

$$h = \frac{s \sin \delta}{N_3 \sqrt{\sin^2 \delta + \left(\cos \delta + \frac{s \Delta \varphi}{t_0 2\pi} \right)^2}}, \quad (1)$$

где s – подача коронки за оборот; $\Delta \varphi$ – угловой шаг расстановки резцов (разность между углами установки резцов A и B , если эти углы отсчитываются в направлении вращения коронки); t_0 – конструктивный шаг установки резцов.

Подставив в выражение (1) вместо толщины среза h проекцию радиально-го вылета резца l_p на нормаль к поверхности забоя, можно получить уравнение, связывающее максимальную по вылету резца C подачу за оборот s'_{max} с параметрами коронки:

$$s'_{max} = \frac{l_p N_3 \cos \theta'}{\sin \delta} \sqrt{\sin^2 \delta + \left(\cos \delta + \frac{s'_{max} \Delta \varphi}{t_0 2\pi} \right)^2},$$

где θ' – угол между нормалью к поверхности забоя и проекцией оси резца на плоскость построения. Учитывая, что $\theta' = \theta + \delta - \delta'$ (θ – угол наклона резцедержателя, равный углу между проекцией оси резца на плоскость построения и нормалью к образующей коронки), можно записать:

$$\cos \theta' = \frac{2\pi t_0 \cos \theta + s'_{max} \Delta \varphi \cos(\delta + \theta)}{\sqrt{4\pi^2 t_0^2 + 4\pi t_0 s'_{max} \Delta \varphi \cos \delta + s'^2_{max} \Delta \varphi^2}}.$$

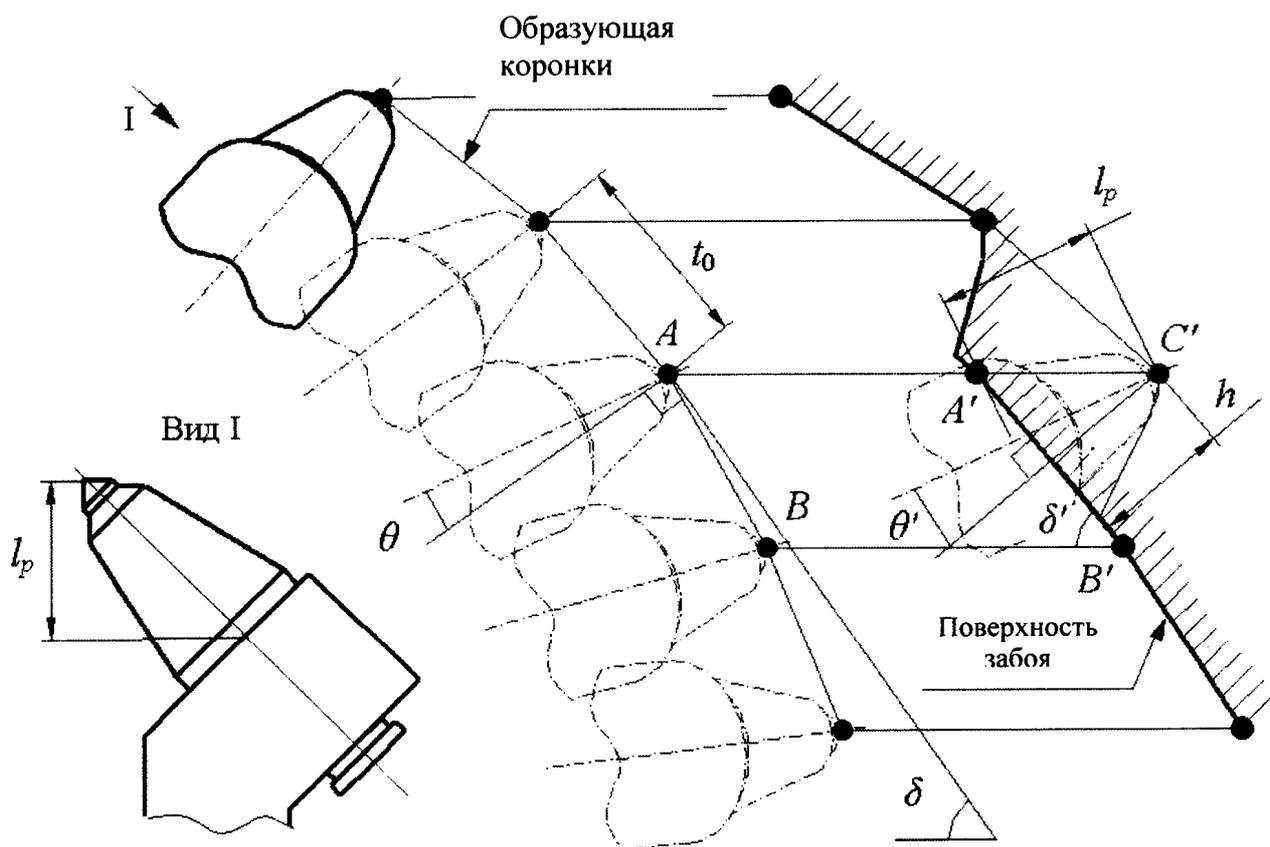


Рис. 1. Формирование толщины среза при боковой подаче аксиальной коронки

Максимальная подача за оборот коронки по вылету резцов определяется как минимум из значений s'_{max} , полученных для резцов, расположенных на разрушающей забой поверхности коронки:

$$s_{max} = \min_{r \in [r_{min}, R]} (s'_{max}),$$

где r , r_{min} , R – текущий, минимальный и максимальный радиусы установки резцов. Последний совпадает с радиусом коронки, а второй для существующих коронок определяется их конструкцией, а для вновь проектируемых может быть найден как [4]

$$r_{min} = \sqrt{\left(\frac{l_k N_z}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{b_k}{2}\right)^2} + l_p \cos \delta(r_{min}) + \frac{b_k}{2} \sin \delta(r_{min}),$$

где l_k , b_k – длина и ширина резцедержателя; $\delta(r_{min})$ – значение угла δ при $r=r_{min}$.

Воспользовавшись классификацией форм коронок [4], можно получить зависимости $\delta(r)$, с учетом которых максимальная по вылету резца подача за оборот АК может быть найдена из системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l}
s_{max} = \min_{r \in [r_{min}, R]} \left[\frac{l_p N_3 \cos \theta'}{\sin \delta(r)} \sqrt{\sin^2 \delta(r) + \left(\cos \delta(r) + \frac{s'_{max} \Delta \varphi}{t_0} \frac{\Delta \varphi}{2\pi} \right)^2} \right]; \\
\cos \theta' = \frac{2\pi_0 \cos \theta + s'_{max} \Delta \varphi \cos(\delta(r) + \theta)}{\sqrt{4\pi^2 t_0^2 + 4\pi_0 s'_{max} \Delta \varphi \cos \delta(r) + s'_{max}{}^2 \Delta \varphi^2}}; \\
r_{min} = \sqrt{\left(\frac{l_k N_3}{\pi} \right)^2 + \left(\frac{b_k}{2} \right)^2} + l_p \cos \delta(r_{min}) + \frac{b_k}{2} \sin \delta(r_{min}); \\
\delta(r) = \begin{cases} \arctg \frac{R^2}{Kr} \sqrt{1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2} & \text{– для эллипсоидальных коронок;} \\ \arctg \frac{R}{K} & \text{– для конических коронок,} \end{cases}
\end{array} \right. \quad (2)$$

где K – длина коронки.

Система уравнений (2) связывает максимальную подачу за оборот аксиальной коронки с такими ее параметрами, как форма, радиус, длина, шаг и угловой шаг установки резцов, количество спиралей (заходность), угол наклона резцедержателя. В зависимости от режима работы исполнительного органа следует использовать систему (2) для тех поверхностей коронки, которые участвуют в разрушении забоя. Так, для бокового реза одной коронкой – только для наружной поверхности коронки, для бокового реза двумя коронками – для наружной поверхности одной коронки и внутренней – второй. Далее из полученных значений s_{max} следует принимать меньшее.

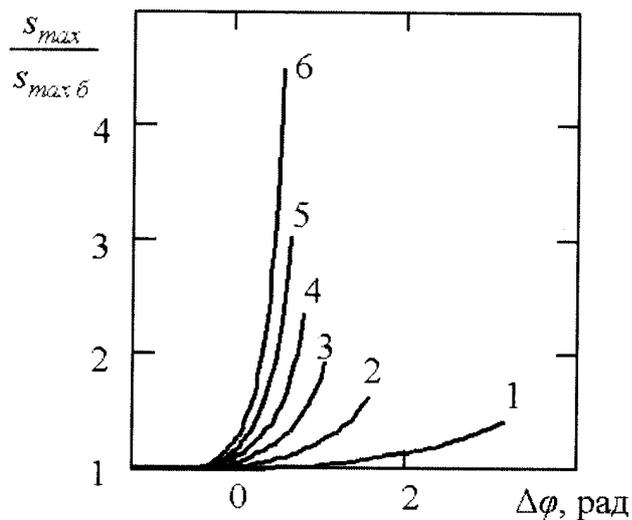
Для режимов разрушения забоя с перпендикулярной оси вращения коронки подачей (фронтальная зарубка, вертикальная зарубка) следует заменить первое уравнение системы (2):

$$s_{max} = \min_{r \in [r_{min}, R]} \left[\frac{l_p N_3 \cos \theta'}{\cos \delta(r)} \sqrt{\cos^2 \delta(r) + \left(\sin \delta(r) + \frac{s'_{max} \Delta \varphi}{t_0} \frac{\Delta \varphi}{2\pi} \right)^2} \right].$$

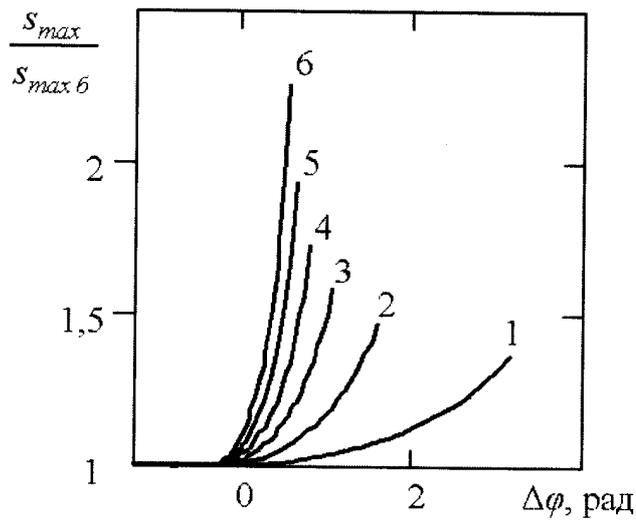
Для анализа влияния параметров коронок на s_{max} удобно использовать относительную величину $s_{max}/s_{maxб}$, причем, базовая подача за оборот $s_{maxб}$ определяется зависимостью $s_{maxб} = l_p N_3$.

Математическая модель (2) позволила получить зависимости величины $s_{max}/s_{maxб}$ от углового шага установки при боковой подаче коронок различных заходностей сферической ($K=R=500$ мм), эллипсоидальной ($K=300$ мм, $R=500$ мм) (рис.) и конической форм ($K=R=500$ мм) (рис. 2, а, б, в, соответственно). Зависимости построены для наружной поверхности коронки (режим бокового реза одной коронкой) во всем диапазоне изменения углового шага установки,

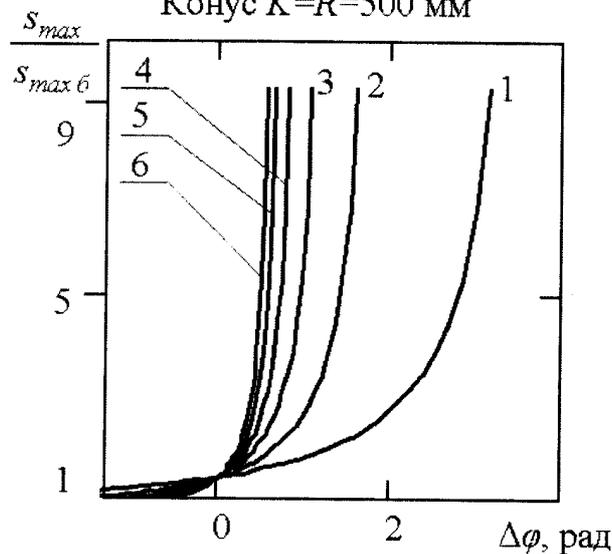
а Сфера, $K=R=500$ мм



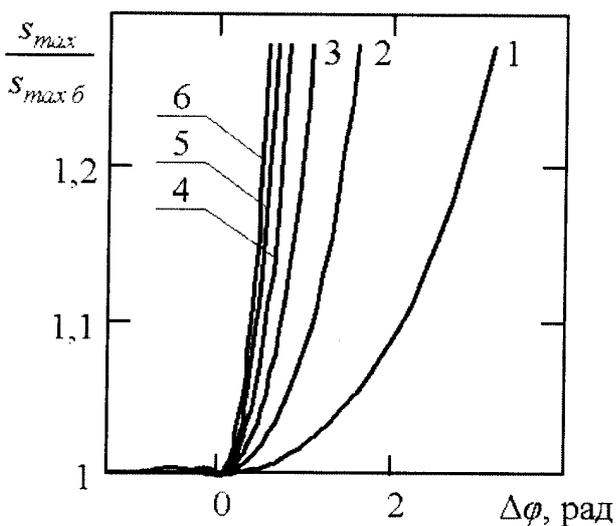
б Эллипсоид, $K=300$ мм, $R=500$ мм



в Конус $K=R=500$ мм



г Сфера, $K=R=500$ мм
Эллипсоид, $K=300$ мм, $R=500$ мм



д Конус, $K=R=500$ мм

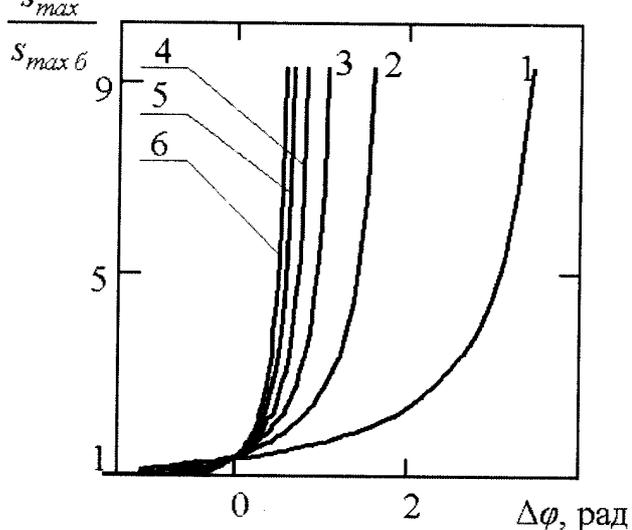


Рис. 2. Зависимости величины $s_{max}/s_{max б}$ от углового шага установки резцов при боковой подаче (а-в) и зарубке (г, д) коронок различных заходностей (совпадают с подписями линий)

составляющем $[-\pi/N_3; \pi/N_3]$, при шаге установки и радиальном вылете резцов 40 и 50 мм соответственно, размерах резцедержателя $l_k=133$ мм, $b_k=75$ мм и углах наклона резцедержателей, обеспечивающих $\theta'=0$. На рис. 2 г, д, показаны аналогичные зависимости при перпендикулярной оси вращения коронок подачи для коронок, у которых внутренняя сторона является зеркальным отражением наружной.

Анализ графиков, представленных на рис. 2, показал что:

- максимальная по вылету резца подача за оборот аксиальных коронок существенно варьирует в зависимости от их параметров;

- с увеличением углового шага установки резцов максимальная по вылету резца подача за оборот при боковом резе возрастает, причем, для эллипсоидальных коронок этот рост тем интенсивнее, чем больше их заходность, для конических - интенсивность роста не зависит от заходности;

- при большом отрицательном угловом шаге максимальная по вылету резца подача за оборот при боковом резе эллипсоидальных аксиальных коронок не зависит от их параметров и равна $s_{min\delta}$;

- с увеличением углового шага установки резцов максимальная по вылету резца подача за оборот при зарубке возрастает, причем, интенсивность роста не зависит от заходности коронки;

- максимальная по вылету резца подача за оборот при зарубке эллипсоидальных коронок не зависит от их длины K ;

- максимальная по вылету резца подача за оборот конических коронок с $R=K$ при зарубке и боковом резе одинакова (см. рис. 2, в, д).

Выводы:

1. Предложены зависимости для определения максимальной по вылету резца подачи за оборот АК, учитывающие отличие формы поверхности забоя от формы образующей поверхности, описанной по вершинам резцов. Данные зависимости могут быть использованы для обоснования ограничений на скорость подачи АК при решении задач оптимизации системы подачи ИО, а также других силовых систем ПК.

2. Выявлено существенное влияние формы, углового шага установки резцов и количества спиралей АК на максимальную по вылету резца скорость подачи ИО, что подтверждает необходимость использования предложенных зависимостей.

Список литературы

1. Семенченко А.К., Кравченко В.М., Шабаетов О.Е. Теоретические основы анализа и синтеза горных машин и процесса их восстановления как динамических систем. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2002. – 302 с.
2. Семенченко А.К., Хиценко Н.В. Выбор рациональных параметров ступенчатого регулирования скорости подачи коронки проходческого комбайна// Наукові праці ДонДТУ. – 2002. – Вип. 42. – С. 207-212.
3. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1982. – 350 с.
4. Семенченко Д.А. Обоснование параметров исполнительного органа проходческих комбайнов с аксиальными коронками: Дис. ...канд. техн. наук. – Донецк, 2003. – 158 с.

