

European Commission  
**TEMPUS**

*The article describes the known and suggests a fundamentally new arrangements of the rotor's central cutters.*

*А. С. КОНОПЛЯНИК, В. В. РОМАНЕНЯ, БНТУ*

*Научный руководитель ст. преподаватель Г. А. БАСАЛАЙ, БНТУ*

УДК 622.331

## ФРЕЗЕРОВАНИЕ ГОРНОЙ ПОРОДЫ СОСНЫМИ РОТОРАМИ

Современный прогресс сельского хозяйства в значительной степени определяется применением минеральных удобрений. Весьма интенсивно осваивается расположенное в Беларуси Старобинское месторождение калийных солей, которое характеризуется благоприятными горно-геологическими условиями и выгодным экономико-географическим положением.

На рудниках ПО «Беларуськалий» применяют следующие системы разработки: камерные; столбовые с длинными очистными забоями; комбинированные. Достоинствами камерной системы разработки являются высокая производительность труда и простота управления горным давлением. Рациональная область применения камерной системы в ближайшее время – это краевые зоны, целики различного назначения и зоны геологических нарушений.

В работе решаются принципиальные вопросы по модернизации приводов исполнительных органов проходческих комбайнов типа ПК, предназначенных для механизированного проведения подготовительных и основных горных выработок арочного сечения  $8 \text{ м}^2$  в проходке по породам с пределом прочности при одноосном сжатии разрушаемых пород до 70 МПа ( $f = 5$ ).

В настоящее время в горнодобывающей промышленности широко используются проходческие комбайны серии ПКС-8 с соосными роторами [1]. Исполнительные органы данного типа состоят из двух вращающихся в разных направлениях роторов с общей осью (рис. 1). Центральный ротор представляет собой трехлучевую конструкцию с шагом в  $120^\circ$  между лучами. Резцы на каждом луче закреплены таким образом, что их режущие кромки расположены в одной линии, которая в свою очередь перпендикулярна оси вращения роторов и радиально относительно ее. Центральный бур обрабатывает только торцовую плоскость забоя.

Внешний ротор представляет собой четырехлучевую раму с закрепленными на каждом луче ковшами. На ковшах установлены резцы, которые обрабатывают как площадь забоя, так и внешний контур выработки. Торцовые плоскости обработки роторов совпадают, тем самым, делая его ровным без уступов. Резцы, обрабатывающие контур выработки, расположены в линии, параллельной оси вращения.

За время эксплуатации данных комбайнов выявлены ряд достоинств (высокое качество поверхности получаемой выработки, постоянная толщина стружки) и недостатков (закрытое резание, разные скорости резания резцов от центра к периметру, большая инерционность привода и роторов, высокая сосредоточенность резцов по забоя, характерная для центрального бура).

Постоянная толщина стружки относится к положительным свойствам, так как позволяет получать фракционный состав в узком интервале, что в дальнейшем не требует дополнительного перерабатывающего оборудования непосредственно в шах-



Рис. 1. Соосные роторы проходческого комбайна ПКС-8

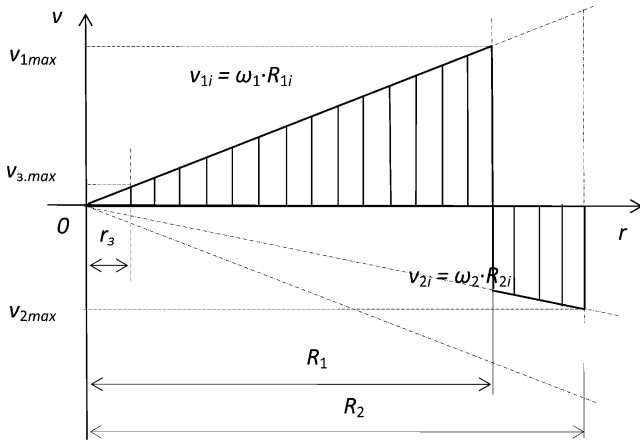


Рис. 2. Скорость резания  $v_i$  в зависимости от удаления  $r_i$  от оси вращения:  $r_3$ ,  $R_1$  и  $R_2$  – соответственно радиусы забурника, центрального и внешнего роторов

те и обеспечивает стабильную работу транспортирующего технологического оборудования.

Высокое качество поверхности арочной формы, получаемое при прохождении выработки, обеспечивает хорошее сопротивление действию горного давления, все резцы расположены в одной плоскости, что позволяет выполнять такие технологические операции, как срезание «утюгов», и значит, безопасности ведения горных работ.

Разные скорости резания  $v_i$  резцов обусловлены удалением  $r_i$  от центра  $O$  при угловых скоростях  $\omega_1$  и  $\omega_2$  (рис. 2). Верхняя часть графика отображает скорости резания  $v_{1i}$  на центральном роторе, а нижняя –  $v_{2i}$  на резцах внешнего ротора. Это отрицательно сказывается на ресурсе режущего инструмента.

Недостатком является закрытое резание, так как оно увеличивает энергозатраты на разрушение, а также износ режущего инструмента. Расположение резцов в одной плоскости делает фактически невозможным выведение резца из закрытого резания.

В работе решается задача оптимизации режимов резания породы путем модернизации соосных роторов, в частности схем расположения резцов на центральном роторе. Для этого используются научно обоснованные данные по эффективности процесса при различных вариантах взаимодействия резцов с породой.

**Блокированный** рез происходит при резании вслед (в щели). Он характеризуется отсутствием развала бороздки в обе стороны и является наименее эффективным, так как отличается значительным ростом усилий резания и удельной энергоёмкости процесса разрушения. Для такого реза величина коэффициента обнажения забоя, учитывающего соотношение шага резания и толщины среза (степень работы резца), находится в пределах 1,4–1,8.

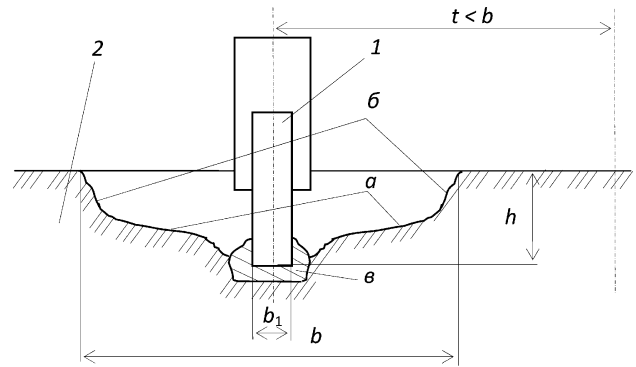


Рис. 3. Схема взаимодействия резца с забоем горной породы: 1 – резец; 2 – горная порода (ГП); а – разрушение по линии наименьшего сопротивления; б – разрушение в зависимости от свойств ГП; в – зона активного ядра разрушения; h – глубина резания или толщина стружки; t – шаг расстановки резцов

**Полублокированный** рез получается при резании в углу, когда развал борозды возможен только в одну сторону, а с другой – целик породы, препятствующий развалу. В таком режиме работают крайние резцы органов разрушения очистных комбайнов, стругов и др. Такой рез менее энергоёмкий, чем блокированный, и коэффициент обнажения забоя находится в пределах 1,0–1,4. В практических расчетах коэффициент принимается 1,1–1,25. **Рез с выровненной поверхностью** имеет только одну плоскость обнажения (обработанную поверхность забоя), а развал борозды возможен в обе стороны. Этот рез принят в качестве эталонного для оценки усилий и удельных затрат на резание. На реальных органах разрушения такой рез реализовать невозможно, так как при непрерывной работе органа разрушения поверхность забоя для единичного резца не остается выровненной. **Свободный** срез характеризуется тремя плоскостями обнажения и является наименее энергоёмким, но практического значения не имеет, поскольку на органах разрушения горных комбайнов может быть осуществлен только в сочетании с блокированным резанием.

В общем виде линия разрушения показана на рис. 3.

Исследования [2, 3] показали, что ширина развала бороздки  $b$  по открытой плоскости забоя прямо пропорциональна заглублению резца в породу:

$$b = 2kh + b_1,$$

где  $b$  – ширина развала бороздки;  $k$  – коэффициент, характерный для данной породы, с использованием данного резца;  $h$  – глубина заглубления резца;  $b_1$  – ширина режущей кромки резца.

Расположение резцов на лучах и ковшах роторов в линии (закрытое резание) является причиной динамических ударов в процессе работы не на

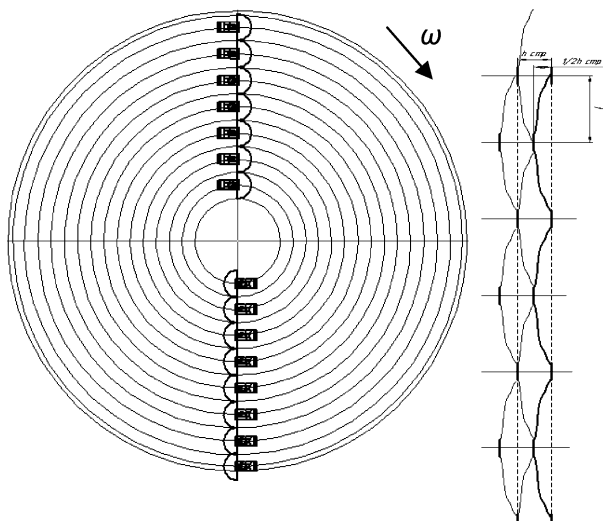


Рис. 4. Схема 1 расположения резцов на двухлучевой планке центрального ротора, используемого на ПК-8

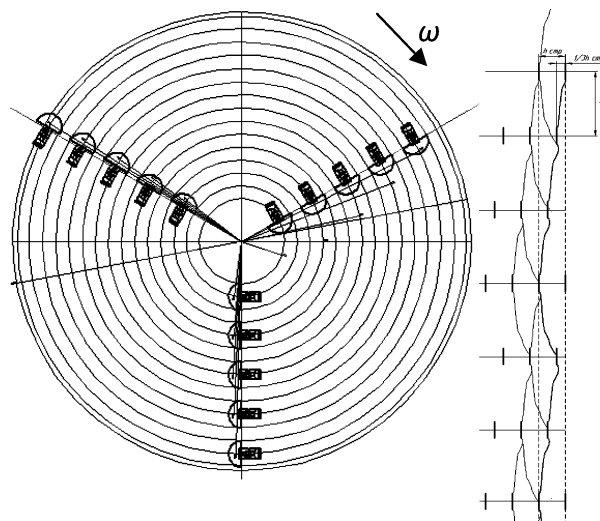
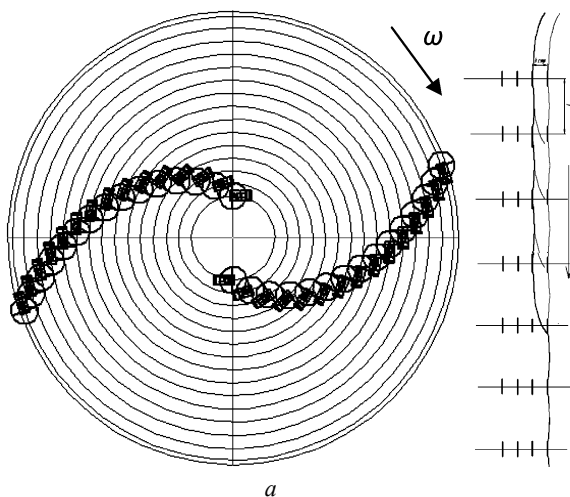
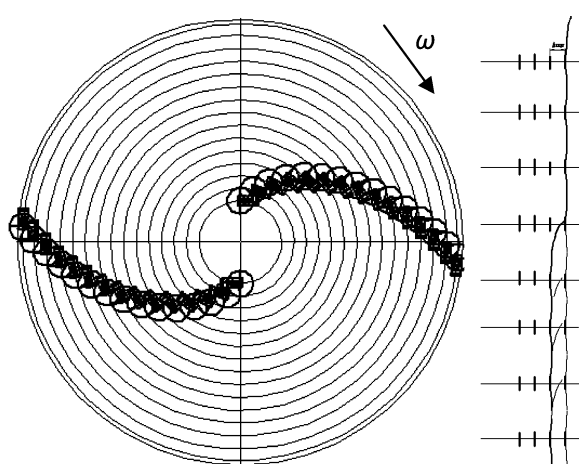


Рис. 5. Схема 2 расположения резцов на трехлучевом центральном роторе, используемом на ПКС-8М



*a*



*б*

Рис. 6. Схема 3 с введением углового смещения резцов по спирали: *a* – резание от центра к периферии; *б* – резание с периферии к центру

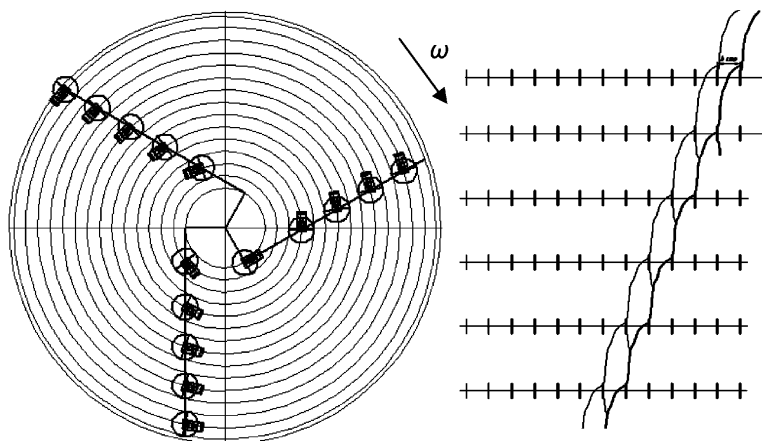


Рис. 7. Схема 4 с использованием конусного центрального ротора и углового смещения резцов

полную площадь забоя. При расположении резцов в линии они одновременно внедряются в массив, и тем самым, получается перераспределение сил, действующих на машину, и возможен отброс ее от забоя. В такие моменты фактически вся мощность и инерционные нагрузки от привода будут прихо-

диться либо на один луч, либо на один ковш, что может привести к его поломке. Такие случаи происходят на практике. Места поломок на центральном буре находятся у основания лучей, а на внешнем буре «слабыми» являются места присоединения ковшей и их рукоятки. Для дальнейшего избе-

жания такого рода нагрузок необходимо, чтобы концентрация зубков по забою была равномерна, т. е. резцы не располагались в одной линии, а имели значительное угловое смещение.

После проведения анализа выделяем следующие направления модернизации: улучшить условия работы для резцов (переход от закрытого к полукрытому); изменить конструкцию центрального ротора с целью увеличения рассосредоточенности резцов по плоскости резания; увеличить прочность лучей и ковшей роторов для предотвращения поломок крупногабаритных деталей.

На рис. 4–7 приведены известные и принципиально новые схемы расположения резцов на центральном роторе: схема 1 (рис. 4) отличается простотой конструкции, однако реализует закрытое резание; схема 2 (рис. 5) – действующая конструкция на ПКС-8 с радиальным расположением рез-

цов на трехлучевом роторе; схема 3 (рис. 6) – расположение резцов в одной плоскости с угловым смещением (со сдвоенными прямыми и обратными спиралями по отношению к вектору угловой скорости); схема 4 (рис. 7) – расположение резцов на конусном роторе с угловым смещением. Справа на всех рисунках изображены схемы прохождения зубков по забою с учетом подачи комбайна.

**Выводы.** Предлагается выполнить центральный ротор с продольной конусностью, а оси лучей должны иметь эксцентриситет по отношению к оси вращения. Конусность позволит перейти от закрытого к полукрытому резанию, за счет эксцентриситета обеспечивается угловое смещение резцов для уменьшения динамических нагрузок и отбросов машины. Это приведет к увеличению срока службы режущего инструмента, надежности центрального ротора, уменьшит энергозатраты на разрушение пласта породы.

### Литература

1. Л о х а н и н К. А. Эксплуатация проходческого комбайна ПК-8 / К. А. Лоханин, В. Ф. Грибов, В. И. Тесленко и др. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1978.
2. М о р е в А. Б. Горные машины для калийных рудников / А. Б. Морев, А. Д. Смичник, Г. В. Казаченко. Минск: Интеграл-полиграф, 2009.
3. П р у ш а к В. Я. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / Под общ. ред. В. Я. Прушака. Минск: Тэхналогія, 2010.