

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ СОСНЫМИ РОТОРАМИ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

А. С. КОНОПЛЯНИК, В. В. РОМАНЕНЯ, Г. А. БАСАЛАЙ

At the Starobyn salt mines PKS-8M combines are used as a part of road heading machines. The estimation of road heading machines operational efficiency in comparison to the design characteristics is given in the article. The main ways for increasing the road heading machines efficiency has been presented

Ключевые слова: проходческий комбайн, соосные роторы, резцы, модернизация

Объект исследования – проходческие комбайны.

Актуальность темы определяется Республиканской программой по существенному увеличению объемов производства калийных удобрений для нужд сельского хозяйства нашей республики и поставки на экспорт.

Цель – повышение надежности приводов исполнительных органов, увеличение производительности проходческих комбайнов, а также снижение энергозатрат при подземной разработке калийных месторождений.

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 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° 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 забою, 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 шахте, и обеспечивает стабильную работу транспортирующего технологического оборудования.



Рис. 1 Соосные роторы проходческого комбайна ПКС-8

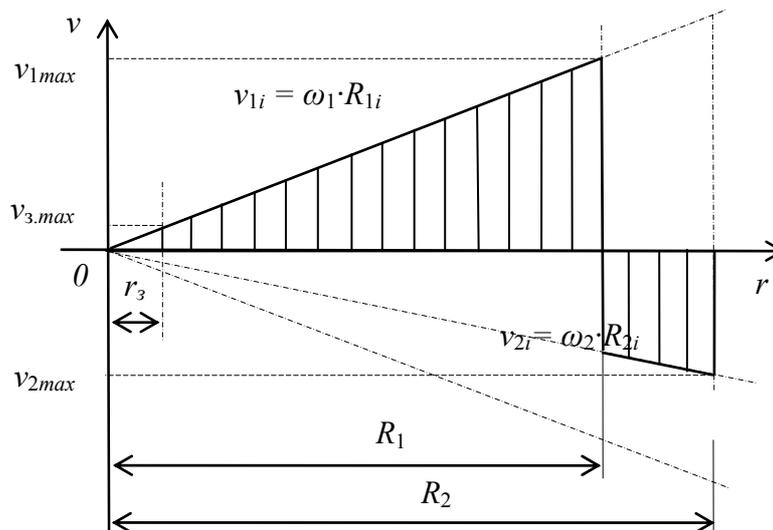


Рис.2 График скорости резания v_i в зависимости от удаления r_i от оси вращения:
 r_3 , R_1 и R_2 – радиусы забурника, центрального и внешнего роторов, соответственно.

Высокое качество поверхности арочной формы, получаемое при прохождении выработки, обеспечивает хорошее сопротивление действию горного давления, все резцы расположены в одной плоскости, это 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 ω_1 и ω_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, т.к. оно увеличивает энергозатраты на разрушение, увеличивает 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, т.к. 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 $1,4 \div 1,8$. **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 границах $1,0 \div 1,4$. В практических расчетах коэффициент принимается в пределах $1,1 \div 1,25$, причем большие значения принимаются для более вязких углей. **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 выглядит следующим образом (рис.3).

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

$$b = 2 \cdot k \cdot h + b_1,$$

где b – ширина развала бороздки, k – коэффициент, характерный для данной породы, с использованием данного резца, h – подача на один глубину заглубления резца, b_1 – ширина режущей кромки резца.

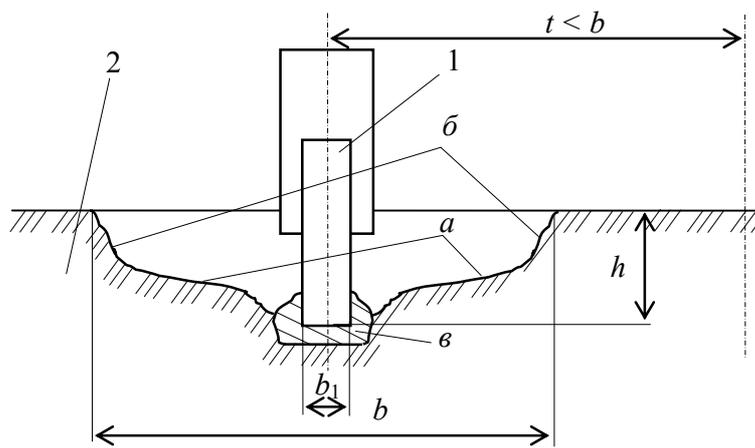


Рис.3 Схема взаимодействия реза с забоем горной породы: 1- резец, 2- горная порода (ГП); а) – разрушение по линии наименьшего сопротивления, б) – разрушение в зависимости от свойств ГП, в) – зона активного ядра разрушения; h - глубина резания или толщина стружки, t – шаг расстановки резцов

Расположение резцов на лучах и ковшах роторов в линии (закрытое резание), является причинами динамических ударов в процессе работы не на 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 приходиться 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 рукояти ковшей. Чтобы в дальнейшем избежать 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 полуоткрытому); - изменить конструкцию центрального ротора с целью увеличения рассредоточенности резцов по плоскости резания; - увеличение прочности лучей и ковшей роторов, для предотвращения поломок крупногабаритных деталей.

В работе рассмотрены известные и предложены принципиально новые следующие схемы расположения резцов на центральном роторе (рис.4–7): – схема 1 (рис.4) отличается простотой конструкции, однако реализует закрытое резание; - схема 2 (рис.5) это действующая конструкция на ПКС-8 с радиальным расположением резцов на трехлучевом роторе; - схема 3 (рис.6 а, б) расположение резцов в одной плоскости со смещением по углу (со двоянными прямыми и обратными спиралями по отношению к вектору угловой скорости); - схема 4 (рис.7) расположение резцов на конусном роторе со смещением по углу. Справа на всех схемах изображены схемы прохождения зубков по забою с учетом подачи комбайна.

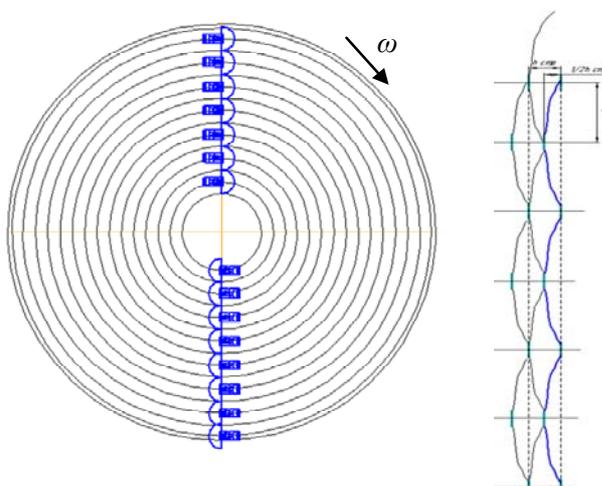


Рис.4 Схема 1 расположения резцов на двухлучевой планке центрального ротора, используемого на ПК-8.

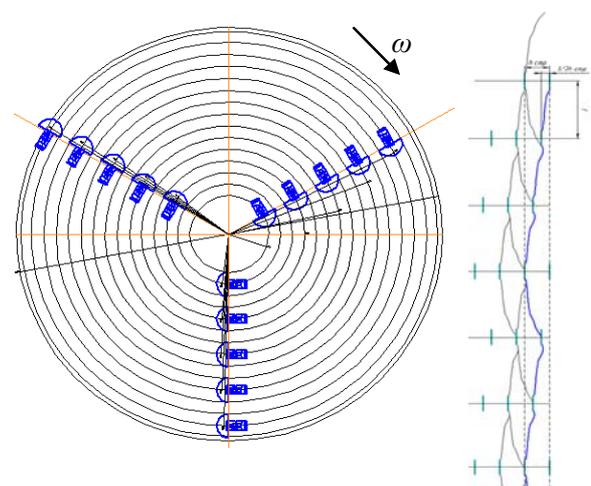


Рис.5 Схема 2 расположения резцов на трехлучевом центральном роторе, используемого на ПКС-8М.

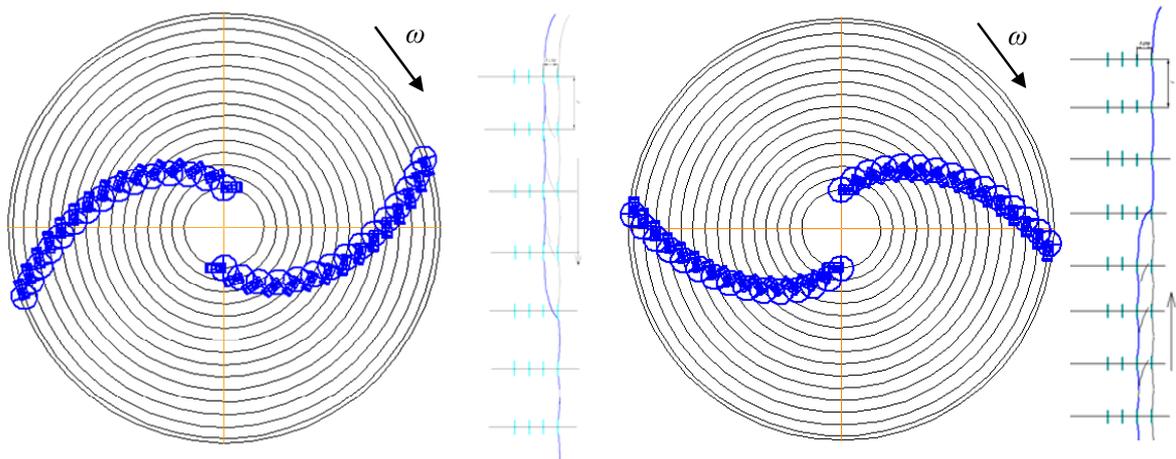


Рис.6 Схема 3 с введением углового смещения резцов по спирали:
а – резание от центра к периферии, б – резание с периферии к центру

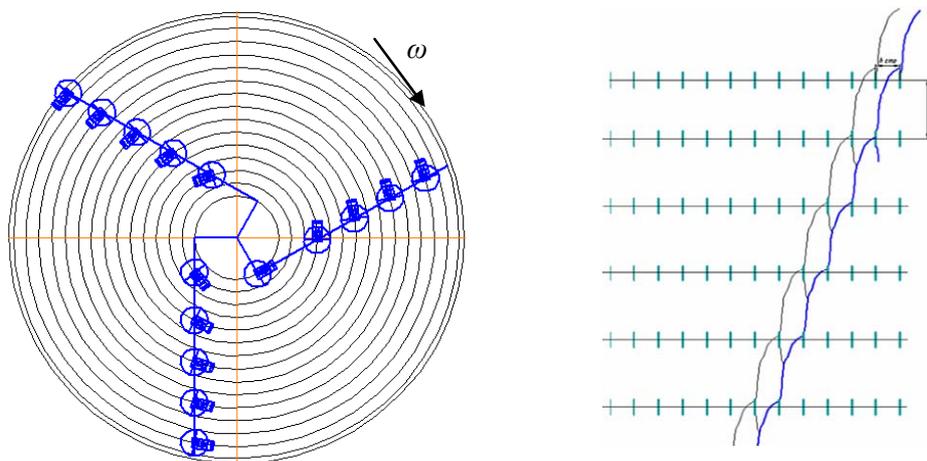


Рис.7 Схема 4 с использованием конусного центрального ротора и углового смещения резцов

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

Литература

1. Лоханин К.А. Эксплуатация проходческого комбайна ПК-8 / Лоханин К.А., Грибов В.Ф., Тесленко В.И. и др. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1978. -175 с.
2. Морев А.Б. Горные машины для калийных рудников / А.Б. Морев, А. Д. Смычник, Г.В. Казаченко. -Минск: Интегралполиграф, 2009.-544 с.
3. Прушак В.Я. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / Под общ. ред. В.Я. Прушака. –Минск: Тэхналогія, 2010. -175 с.