

работе сухих градирен. А вопрос по устойчивой их работе решается за счет подачи и использования сжатого воздуха по ставам, проложенным по горным выработкам.

**Библиографический список:**

1. Ракша А.И., Ковалев Р.А. Условия охраны труда горнорабочих и средства индивидуальной защиты// 18-ая Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Сборник материалов, том 1, Минск-Гула-Донецк, 2022, с. 601-602.

2. Васильев П.Н., Курилко А.С., хохлов Ю.А., Шерстов В.А. Тепловой режим угольных шахт Якутии и способы его регулирования / – Якутск Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2009. – 240 с.



УДК 622.232

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГОРНЫХ МАШИН**

**Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет, г.Минск*

*Приводится анализ различных исполнительных органов горных машин, предназначенных для фрезерования массива горных пород. В качестве основных признаков выбраны конструктивное исполнение, форма образуемого забоя, скорость фрезерования, способ транспортирования стружки из зоны забоя, расположение опор.*

*Ключевые слова: горные машины, исполнительные органы, фрезерование массива горной породы.*

Исполнительные органы горных машин характеризуются большим разнообразием как по конструктивному исполнению, так и по режимам взаимодействия с массивом горной породы. Их эксплуатационные свойства реализуются конструкторами в зависимости от физико-механических свойств горной породы, геологического строения разрабатываемого пласта, а также технологических требований на конкретную операцию. С учетом этого в настоящее время на машинах по разработке месторождений полезных ископаемых открытым (карьерным или поверхностно-последним) и подземным (шахтным) способами применяются следующие типы исполнительных органов конструктивному исполнению [1–5].

Узкий диск (дисковая фреза) в сборе состоит из цельного жесткого диска, закрепленного на консоли приводного вала, по периферии которого закреплены породоразрушающие элементы. Для фрезерования мягких пород используются плоские тангенциальные резцы, а для твердых пород – зубки с твердосплавными сердечниками. Для фрезерования торфяной залежи с древесными включениями рекомендуется использовать резцы в виде «ласточкин хвост» или плоских профильных резцов. Узкие диски применяются для прорезки узких щелей в массиве и распиливания блоков горной породы. Отношение ширины  $b$  прорезаемой щели к диаметру  $D$  диска по концам режущих элементов  $b/D \leq 0,15$ . Достоинства: простота конструкции, обеспечение высоких скоростей фрезерования, эффективное транспортирование стружки из зоны резания инерционными силами.

Эксплуатационные недостатки дисковых фрез: небольшая глубина фрезерования  $H_{\phi}$  по отношению к диаметру  $H_{\phi} / D \leq (0,35 \dots 0,4)$ , мелкофракционный состав стружки и интенсивное пылеобразование. При резании скальных пород требуется интенсивное водяное охлаждение диска и зубков.

Роторы и шнек-фрезы получили наибольшее распространение в исполнительных органах проходческих и добычных горных машин. Они характеризуются относительно простой конструкцией, высокой массовой производительностью при относительно невысоких удельных энергозатратах.

Роторы выполняются двух типов. Первые из них применяются на многоковшовых экскаваторах и представляют собой массивный обод с закрепленными по периферии фрезерующими ковшами, вращающийся на направляющих опорных роликах, установленных на неподвижной ступице, и приводимый в движение посредством открытой зубчатой передачи. Вторые представлены на проходческих комбайнах для подземных разработок. Они могут быть выполнены в виде двухлучевой планки, трех- или четырехлучевого ротора оснащенных по боковой плоскости породоразрушающими элементами и закрепленных на консоли приводного вала. Отрабатывают круглый плоский забой по ходу машины. Погрузка сфрезерованной массы на конвейер обеспечивается открытыми ковшами, расположенными в профильной плоскости по периферии ротора.

Рабочей частью шнек-фрез является боковые поверхности цилиндра или конуса, образованных по внешним режущим кромкам резцов. Для удаления сфрезерованной массы из зоны забоя они оснащаются винтовыми лопастями. Достоинства: большая производительность по руде, возможность работы на полную мощ-

ность пласта  $H_{\phi} = D$ ; транспортирование руды в осевом направлении обеспечивается винтовыми лопастями.

Недостатки шнек-фрез: невысокая производительность по транспортированию руды (вероятность заштыбовки в закрытых зонах).

Цепной бар представляет собой замкнутую тягово-приводную цепь с закрепленными на ее специальных звеньях зубками, установленную подвижно в направляющих Т-образных пазах рамы (шины) и огибающую приводную и натяжную звездочки. В поперечном сечении цепи резцы (зубки) расположены под различными углами относительно плоскости ее симметрии, образуя от 3 до 9 линий резания. Применяется для прорезания узких глубоких щелей в массиве горных выработок. Недостатки – небольшая производительность по перемещению фрезерованной массы.

Многоковшовая рама – наиболее массивный исполнительный орган по сравнению с выше перечисленными. Включает в себя две параллельные тягово-приводные цепи с закрепленными на них массивными ковшами, на передних открытых кромках которых закреплены резцы. Цепи огибают звездочки, закрепленные на верхнем приводном и нижнем натяжном валах. Применяются при разработке мощных пластов и на откосах карьеров, обеспечивает большую производительность. Средние скорости фрезерования ( $v_{\text{ср}} = 1,5$  м/с).

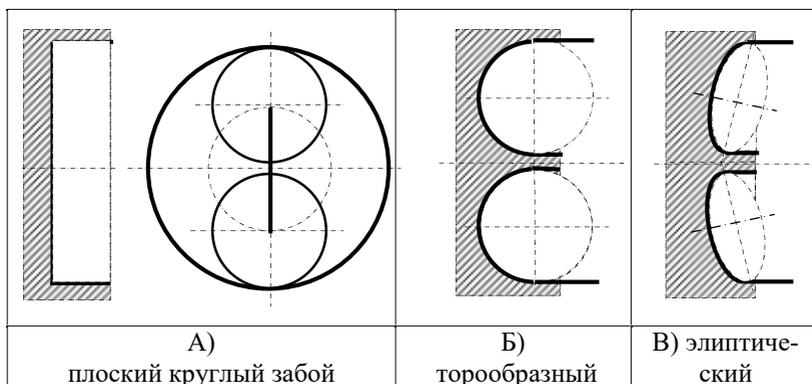
Ковши выполнены без дна. Основные нагрузки на ковши и тяговую цепь формируются от сил сопротивления резанию при разрушении породы, а также подачи на забой. Масса материала в ковшах и сопротивление транспортированию незначительны по отношению к первой группе сил.

В отличие от цепного бара, где транспортирование материала из зоны резания происходит волочением, в многоковшовой раме - перемещение в ковшах. Многоковшовая рама обеспечивает значительную ширину захвата по отношению к внешним габаритам (длина  $L$ ), а также глубину разработки до  $0,9L$ .

Имеется определенное разнообразие планетарно-дисковых исполнительных органов (ИО), в частности: с параллельными, перпендикулярными и наклонными осями вращения режущих дисков по отношению к водилам, а также с комбинированным расположением осей вращения (Рис. 1).

Исполнительные органы также классифицируются по скорости фрезерования (резания), т. е. линейной скорости контакта зубков с массивом горной породы:

- тихоходные ИО,  $v_p \leq (1,0 \div 1,5)$  м/с, представлены многоковшовыми рамами;



**Рис. 1. Формы забоя, которые образуют планетарно-дисковые исполнительные органы с различным расположением осей в относительном и переносном вращении.**

- среднескоростные,  $v_p = (1,0 \div 3,0)$  м/с; наиболее распространены на горных машинах: шнек-фрезы, роторы, цепные бары;
- высокоскоростные ( $v_p \geq (3,0 \div 5,0)$  м/с.: дисковые фрезы.

По способу транспортирования сфрезерованной массы из зоны резания:

- инерционный способ (для высокоскоростных ИО, а также при фрезеровании цепным баром в направлении “снизу-вверх”);
- волочение по сфрезерованной поверхности массива горной породы;
- транспортирование в ковшах (многоковшовая рама и роторы).

Инерционный способ наиболее производительный и не требует специальных устройств на исполнительном органе. Волочение по поверхности отличается большими энергозатратами и неустойчивым течением массы (возможна заштыбовка в ограниченных зонах). Он обеспечивается наклонными лопастями, лемехом или же шнеком. Транспортирование в ковшах наиболее устойчивый процесс, высокопроизводительный и отличается малыми удельными затратами на транспортирование.

Недостаток: ковши массивные, подвешены на тяговых цепях, изнашивание ковшей и цепей.

Исполнительные органы классифицируются:

По форме внешней поверхности (по геометрии, образованной режущими элементами при вращении):

- а) цилиндрические (Рис. 2.)

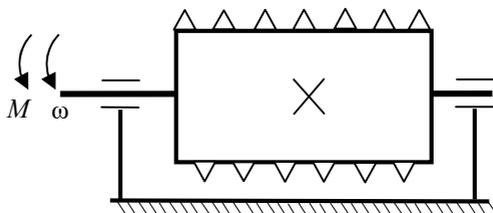


Рис. 2

б) конусные (Рис. 3)

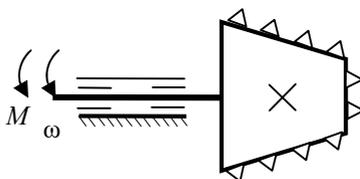


Рис. 3.

в) сферические (Рис. 4)

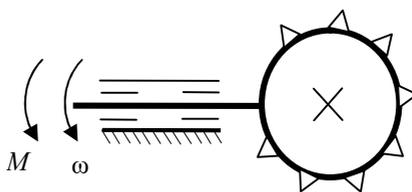
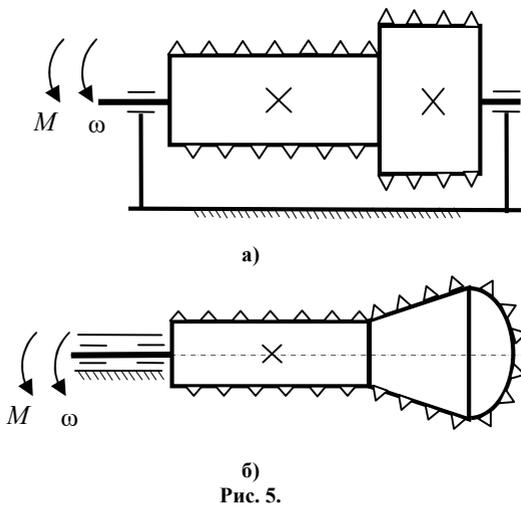


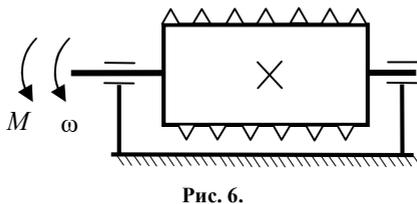
Рис. 4.

г) комбинированные (Рис. 5 а,б)

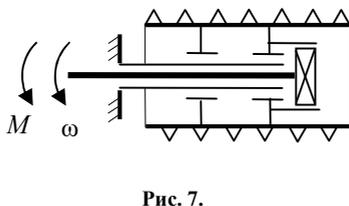


По расположению подшипниковых опор в исполнительном органе:

а) разнесенные опоры (двухопорная балка) используются в широких шек-фрезах при отношении  $B/D \geq 1,5$  (Рис. 6)



б) одностороннее расположение опор (консольно) (Рис. 7)



г) в комбинированных ИО расположение опор может быть односторонне-разнесенное (Рис. 8)

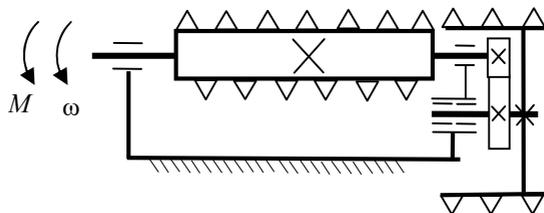


Рис. 8

По расположению ИО на корпусе машины или комбайна: переднее, заднее, внутреннее, нижнее, верхнее, боковое, горизонтальное, вертикальное, наклонное, а также по схеме “манипулятор” (на управляемой поворотной рукояти).

Таким образом, выполненный анализ позволяет при проектировании машин для разработки месторождений полезных ископаемых выбирать наиболее рациональные схемы исполнительных органов для получения требуемой производительности при оптимальной энергоемкости процесса фрезерования пласта и перемещения породы из зоны забоя на транспортирующие машины.

**Библиографический список:**

1. Горные машины : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1. Основы теории / Г.В. Казаченко [и др.] ; под общ. ред. В. Я. Прушака. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 183 с.
2. Горные машины : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2. Машины и комплексы для добычи полезных ископаемых / Г.В. Казаченко, В.Я. Прушак, Г.А. Басалай. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 228 с.
3. Горные машины. Практикум : учебное пособие. / Г.В. Казаченко, Г.А. Басалай, Г.И. Лютко. – Минск : Вышэйшая школа, 2020. – 200 с.
4. Басалай, Г.А. Проектирование горных машин и оборудования для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Г.А. Басалай. – Минск : БНТУ, 2022. – 87 с.
5. Очистные комбайны: [справочник] / В. И. Морозов, В. И. Чуденков, Н. В. Сурина; под общ. ред. В. И. Морозова. – М.: Изд-во МГТУ, 2006 – 650 с.

