**Общие сведения о проходческих комбайнах со стреловидным исполнительным органом**

1 НАЗНАЧЕНИЕ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

Проходческие комбайны (ПК) предназначены для проведения подготовительных горных выработок. Их применение позволяет механизировать основные процессы проходческого цикла - разрушение горной породы, ее удаление из забоя выработки и погрузку на транспортные средства. Использование ПК позволяет совместить во времени основные, наиболее трудоемкие операции, что дает возможность повысить в 2-2,5 раза производительность труда и темпы проведения выработок, снизить стоимость проходческих работ и значительно обезопасить труд рабочих подготовительного забоя в сравнении с буровзрывным способом. Кроме того, при комбайновом способе проведения существенно повышается устойчивость горных выработок, так как связанность пород в массиве нарушается в меньшей степени, чем при буровзрывных работах.

К ПК предъявляется ряд общих требований, основными из которых являются:

1. Высокие значения основных макроуровневых параметров, интегрально характеризующих их уровень качества и степень конкурентоспособности при представительных горнотехнических условиях эксплуатации:

- максимально возможных теоретической и технической производительностей;

- 80%-го ресурса до капитального ремонта.

2. Достаточно полный охват вероятных областей использования:

- по размерам и формам выработок разного назначения (штреки, ходки и т.д.) при минимальном переборе породы;

- по крепости и абразивности разрушаемых горных пород.

3. Достаточно низкие удельные энергозатраты при выполнении рабочих операций.

4. Эргономическое удобство управления, высокая безопасность и требуемые санитарно-гигиенические условия при работе обслуживающего персонала.

2 ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПК И ИХ АНАЛИЗ

Общая классификация ПК может быть представлена следующим образом:

1. По назначению:

а) для проведения горных выработок типа штрек, уклон, бремсберг и т. д.;

б) для проведения нарезных выработок по полезному ископаемому (принятое название – нарезные комбайны).

2. По типу исполнительных органов для наиболее распространенных проходческих машин группы 1а):

а) ПК стреловидного типа с фрезерными выемочными органами;

б) ПК роторного типа с основными роторными выемочно-погрузочными органами, работающими в сочетании с дополнительными бермовыми исполнительными органами.

Доминирующее применение в угольной промышленности нашли ПК стреловидного типа.

К указанным ПК предъявляются следующие, дополнительные к раннее перечисленным требования:

- обеспечение выполнения ряда вспомогательных операций (образование приямков под ножки крепи и водосточной канавки, качественная зачистка почвы, боков выработки и кровли);

- возможность селективной выемки полезного ископаемого при работе в смешанном породно-угольном забое;

- приспособленность к оснащению манипуляторами для поднятия и удержания элементов крепления выработок и площадками для размещения рабочих, производящих установку и затяжку этих элементов.

Из ПК роторного типа в настоящее время выпускается только машина ПК8МА, предназначенная для проведения подготовительных выработок и очистных камер арочного сечения при подземной разработке калийных руд.

Для угольной промышленности ПК роторного типа до сего времени не востребованы в связи с их высокой сложностью конструкции и металлоемкостью, дороговизной и недостаточной апробацией.

Достоинствами ПК стреловидного типа являются: возможность варьирования в широком диапазоне размерами и формой выработки; высокая маневренность; возможность селективной выемки полезного ископаемого; механизация вспомогательных операций; возможность установки крепи возле забоя выработки; относительно небольшая масса; хороший доступ к рабочему инструменту.

К потенциальным преимуществам ПК роторного типа относятся: высокая производительность, связанная с тем, что исполнительные органы обрабатывают всю поверхность забоя одновременно; возможность разрушения более крепких пород, обусловленная применением шарошечного инструмента и распорно-шагающей подсистемы ПВМ; частичная изоляция от проникновения пыли из зоны работы исполнительных органов в выработанное пространство с помощью щита ограждения.

3 ОБЩИЙ СОСТАВ УЗЛОВ ПК СО СТРЕЛОВИДНЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ

ПК в общем случае состоят из совокупности основных подсистем, обладающих достаточной функциональной самостоятельностью и взаимодействующих между собой и с внешней средой.

1. Корпусная подсистема предназначена для объединения отдельных корпусных узлов машин в конструктивно целостный технический объект, а также для выполнения ряда других функций.

Для ПК подсистема корпуса представляет собой совокупность жестко и подвижно соединенных корпусных узлов.

2. Подсистема привода исполнительного органа обеспечивает движение указанного органа с задаваемыми скоростями резания и необходимыми моментами или усилиями.

Подсистемы привода исполнительного органа ПК включают приводные электродвигатели (пневмодвигатели), редукторы и исполнительные органы.

3. Подсистема подвески и перемещения исполнительного органа предназначена для:

- основных и регулировочных перемещений исполнительного органа относительно основных жестко соединенных узлов корпусной подсистемы выемочных машин с требуемыми значениями скоростей и усилий;

- поддержания заданного положения исполнительного органа относительно указанных узлов.

В состав подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа ПК стреловидного типа входят турель, которая имеет возможность поворота на опорах в горизонтальном направлении относительно основных жестко соединенных узлов, смонтированных на базовой раме корпусной подсистемы; рама стрелы; корпусные узлы элементов подсистемы привода исполнительного органа, как правило, имеющие возможность функциональных перемещений относительно рамы стрелы; гидропривод регулирования положения фрезерного органа с парами гидродомкратов 3, гидроаппаратурой и гидромагистралями, обеспечивающими соответствующие перемещения исполнительного органа.

4. Подсистема перемещения выемочной машины обеспечивает перемещение корпусной подсистемы машины с требуемыми значениями скоростей и усилий.

Для ПК стреловидного типа подсистемы перемещения выемочной машины, как правило, включают: приводные двигатели, регуляторы скорости, редукторы и движители механического типа на основе жестких или гибких тяговых органов; при этом двигатели для подсистемы перемещения выемочной машины и других подсистем могут быть общими.

Для ПК стреловидного типа в основном применяются две гусеничные подсистемы перемещения.

Гусеничные подсистемы обладают высокой маневренностью при работе возможностью транспортирования машин своим ходом.

5. Подсистема погрузки отделенной массы предназначена для погрузки этой массы на транспортные средства, имеющиеся в составе выемочных машин или автономные.

Для ПК, у которых могут быть выделены достаточно функционально самостоятельные подсистемы погрузки, в состав подсистем погрузки отделенной массы входят погрузочные органы (стол с нагребающими лапами, кольцевой скребковый конвейер или шнеки) с механическим или гидравлическим приводом.

6. Подсистема транспортирования отбитой горной массы на автономные транспортные средства выполняется на основе конвейеров 6 скребкового или ленточного типов.

7. Подсистема пылепогашения.

Для создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда ПК оснащаются системой пылепогашения, в которую обычно входят пылеотсос и пылеподавление с помощью распыленной воды.

Элементы системы пылепогашения могут располагаться как на самом комбайне и перегружателях, так и существовать отдельным изолированным узлом, не связанным с конструкцией комбайна.

На ПК вследствие достаточно значительных габаритов могут применяться встроенные пылеулавливающие установки. Базовым элементом таких установок является вентилятор, с помощью которого запыленный воздух всасывается по специальным патрубкам от очагов пылеобразования. При этом для снижения шума необходимо использовать малошумные вентиляторы.

8. Подсистема управления выполняет функции управления, защиты, контроля и диагностики и состоит из соответствующей аппаратуры и компьютерных устройств, с которыми взаимодействуют операторы.

9. Опорные механизмы ПК предназначены для повышения устойчивости поведения корпусной подсистемы этого класса машин путем увеличения продольной базы опирания.

В качестве опорных механизмов, как правило (комбайны П110, П220, КСП32, КПД, КПУ, 1ГПКС, П160 и т.д.), используются:

- носок опорного стола питателя с регулированием его положения в вертикальном направлении 2-мя гидродомкратами путем поворота этого стола, шарнирно закрепленного на базовой раме корпусной подсистемы;

- два гидрофицированных аутригера (две специальные гидроопоры), вынесенных за пределы заднего торца гусеничных тележек.

4 КЛАССИФИКАЦИЯ ПК СО СТРЕЛОВИДНЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ

Рассмотрим классификацию ПК стреловидного типа с фрезерными исполнительными органами.

1. По числу фрезерных исполнительных органов:

а) с одним - 4ПУ, ПК3М, ПК9р, 5ПУ, ГПК, 4ПП2, 4ПП2, КСП22, КСП32, КСП33, КСП35, КСП42, КСП43, П110, П220, КПД, КПУ, 1ГПКС;

б) с двумя - 2ПУ, 4ПП3, КПГ.

2. По типу фрезерных исполнительных органов:

а) с продольно-осевой фрезой - 4ПУ, ПК3М, ПК9р, 5ПУ, 4ПП2, 4ПП2М, КСП22, КСП32, КСП33, КСП35, КСП42, КСП43;

б) с однокорпусными поперечно-осевыми фрезами - 2ПУ, 4ПП3, КПГ;

в) с двухкорпусной поперечно-осевой фрезой - П110, П220, КПД, КПУ;

г) с возможностью установки продольно-осевой или двухкорпусной поперечно-осевой фрез - например, два исполнения 1ГПКС.

3. По построению электропривода для подсистемы привода исполнительного органа:

а) с одним электродвигателем - 4ПУ, ПК3М, ПК9р, 5ПУ, 2ПУ, ГПК, 4ПП2, 4ПП2М, 1ГПКС, КСП32, КСП33, КСП35, КСП42, КСП43, КПД, КПУ;

б) с двумя электродвигателями с возможностью привода исполнительного органа двумя или одним двигателем в зависимости от требуемых режимных параметров - 4ПП3, исполнение П110.

4. По способу регулирования скорости перемещения исполнительного органа в составе подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа:

а) со ступенчатым регулированием путем подключения к гидродомкратам разного числа нерегулируемых насосов или секций нерегулируемого насоса - 4ПУ, ПК3М, ПК9р, 5ПУ, 2ПУ, 4ПП2, 4ПП2М, 4ПП3, КСП32, 1ГПКС, КСП33, КСП35, КСП42, КСП43;

б) с дроссельным регулированием - исполнение П110;

в) с объемным регулированием - КПГ.

5. По построению кинематической цепи « электропривод – приводной элемент движителя » для каждой подсистемы перемещения выемочной машины:

а) с механической редукторной цепью на основе зубчатых передач - 4ПУ, ПК3М, ПК9р, 5ПУ, 4ПП2, 4ПП2М, 1ГПКС;

б) с гидромеханической редукторной цепью на основе объемной гидропередачи вращательного действия (со ступенчатым регулированием скорости перемещения корпусной подсистемы) и зубчатых передач - 2ПУ, 4ПП3, П110, КСП32, КСП33, КСП35, КСП42, КСП43.

6. По построению кинематической цепи «электропривод - погрузочный орган» для каждой подсистемы погрузки отделенной массы:

а) с механической цепью на основе зубчатых передач - 4ПУ (рис. 3б), ПК3М (рис. 4б), ПК9р, 5ПУ, 2ПУ, 4ПП2, 4ПП2М, 4ПП3, 1ГПКС, 4ПП5;

б) с гидромеханической цепью на основе объемной гидропередачи вращательного действия и зубчатых передач - П110, КСП32, КСП33, КСП35, КСП42, КСП43, КПГ.

Следует отметить, что в странах СНГ в настоящее время доминирующее распространение получили погрузочные органы на основе нагребающих лап. Для таких подсистем ПОМ в рассматриваемую кинематическую цепь входит также кривошипный механизм.

7. По типу погрузочного органа для подсистемы погрузки отделенной массы в виде:

а) кольцевого скребкового конвейера - ПК3М, 5ПУ;

б) стола с нагребающими лапами - 4ПУ, ПК9р, ГПК, 4ПП2, 4ПП3, современные ПК: КСП32, КСП33, КСП35 и др.;

в) шнеков - 2ПУ.

8. По построению кинематической цепи «электропривод – приводные звездочки скребкового конвейера» подсистемы транспортирования отделенной массы:

а) с механическими редукторными цепями на основе зубчатых передач от одного - 4ПУ, ПК3M, ПК9р, 2ПУ, 4ПП2, 4ПП2М, 1ГПКС, 4ПП5 - или двух, работающих на общий вал - 4ПП3, П110, КСП32, КСП33, КСП35, КСП42, КСП43 - электродвигателей;

б) с гидромеханическими редукторными цепями на основе объемной гидропередачи с одним или двумя - КПГ - гидромоторами и зубчатых передач.

Рассмотрим преимущества и недостатки ПК с различными классификационными признаками.

У ПК с продольно-осевыми фрезерными исполнительными органами продольно-осевые фрезы: позволяют более точно оконтуривать забой, не допуская значительных переборов породы, а также механизировать такие операции, как проведение водосточных канавок и образование приямков для крепи; по своей форме и размерам лучше приспособлены к селективной выемке.

У ПК с поперечно-осевыми фрезерными исполнительными органами поперечно-осевые фрезы при доминировании горизонтальных перемещений характеризуются значительно более благоприятной силовой картиной нагружения исполнительного органа, что обусловливает повышение устойчивости корпусных подсистем и электропривода подсистем привода исполнительного органа комбайнов, снижение динамической нагруженности элементов силовых подсистем. Это весьма важно при проведении выработок по крепким породам. Указанное объясняется, прежде всего, постоянством толщин стружки на резцах при неизменной скорости перемещения исполнительного органа.

Безусловно, что у ПК для подсистем перемещения выемочной машины, погрузки отделенной массы и транспортирования отделенной массы прогрессивным следует считать применение комбинированных редукторных цепей на основе объемной гидропередачи «насосы - гидромоторы» и цилиндрических или цилиндрических и планетарных зубчатых передач. При этом в случае использования гидропередач со значительными передаточными числами можно обеспечить достаточную компактность конструкции.

В механических кинематических цепях подсистем перемещения выемочной машины, погрузки отделенной массы и транспортирования отделенной массы должны предусматриваться предохранительные элементы (как правило, на основе фрикционных муфт) для защиты от нагрузок. При наличии гидромеханических цепей для этих подсистем указанную функцию выполняют предохранительные клапаны.

Т. к. одним из важнейших требований, предъявляемых к подсистемам подвески и перемещения исполнительного органа ПК, является обеспечение бесступенчатого регулирования положения (перемещения) исполнительного органа в нужном направлении и с необходимыми скоростями и усилиями для получения требуемой конфигурации забоя, то наиболее прогрессивный способ регулирования скорости перемещения исполнительного органа в составе подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа – объемное регулирование.

ВЫВОДЫ

В свое время применение ПК в области проведения подготовительных выработок явилось техническим прогрессом. Однако наука, как и время, не стоит на месте, и сейчас конструкторская мысль работает в направлении совершенствования ныне существующих конструкций ПК с целью повышения качества выполнения предъявляемых к ним требований.

На данном этапе наиболее перспективными являются следующие технические решения ПК:

- для исполнительного органа – применение новой конструкции коронки, предложенной ОАО «ЯМЗ»: в резцедержатель вставлена промежуточная втулка из закаленной стали, в которую вставляется резец, а форсунка системы орошения отнесена в заднюю часть резцедержателя и тем самым максимально отделена от забоя. Это обеспечит повышение эффективности работы на крепких абразивных породах, позволит увеличить ресурс режущей коронки, система орошения будет более надежна (КСП-42, КСП-35);

- для перемещения исполнительного органа с помощью подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа – с тремя степенями свободы: поворот в горизонтальном и вертикальном направлениях и телескопическая раздвижность. Это дает возможность самозарубки без снижения жесткости подсистемы;

- для регулирования скорости подачи в составе подсистемы подвески и перемещения исполнительного органа – объемное регулирование с целью обеспечения бесступенчатого регулирования данной скорости, оптимального КПД, отсутствия высокого нагрева рабочей жидкости (КПГ);

- для подсистем перемещения ПК, погрузки отделенной массы и транспортирования отделенной массы – применение комбинированных редукторных цепей на основе объемной гидропередачи «насосы - гидромоторы» и цилиндрических или цилиндрических и планетарных передач. Это позволит обеспечение компактности конструкции ПК (П110, комбайны серии КСП).

- создание проходческих комплексов, позволяющих совмещать процесс выемки горной массы и крепления пройденного пространства.

**Список литературы**

1. Горбатов П. А. Гірничі машини для підземного видобування вугілля. – Донецьк, 2006.