Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова, 1983, т. 97

УДК 622.282.72

ОБ ОДНОМ ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРИВОДОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГОРНЫХ МАШИН

Б.С.МАХОВИКОВ

Дальнейший рост производительности труда в горной промышленности при современном уровне механизации добычных и проходческих работ может быть обеспечен за счет повышения надежности и долговечности машин путем совершенствования приводов их исполнительных органов. В последние годы все чаще стали появляться работы по изысканию способов улучшения динамических характеристик приводов резания горных комбайнов за счет снижения жесткости механических характеристик их асинхронных двигателей, путем уменьшения скорости вращения двигателя и соответствующего понижения передаточного числа редуктора и т.д. Однако обычно упускаются из виду возможности улучшения динамических характеристик при помощи гидроприводов подачи, хотя именно гидросистема подачи как неотъемлемая часть привода исполнительного органа комбайна чаще всего является первопричиной перегрузок, опрокидываний двигателя, так как настройка привода на требуемые режимы резания осуществляется вручную и ее точность определяется мастерством и опытом машиниста.

Повышение надежности привода может быть достигнуто за счет замены ручной настройки режимов резания автоматической в зависимости от изменения свойств разрушаемого массива.

Привод исполнительного органа горной машины может быть автоматизирован либо за счет установки на ней дополнительных управляющих устройств, обеспечивающих воздействие на элементы привода, либо благодаря использованию в приводе серийных машин со встроенными в них устройствами управления. Второй путь более рационален, так как серийно выпускаемое оборудование позволяет избежать ряда промежуточных стадий в создании автоматизированной машины, упростить ее схему, создать более компактную схему привода.

Алгоритмы управления горной машиной были обоснованы еще в 1939 г. под руководством А.М.Терпигорева[x]. Для создания автоматизированной горной машины предлагаются два варианта алгоритмов. Первый – минимальный вариант – предусматривает постоянные затраты мощности на разрушение ($N = const$) при постоянной скорости резания $v_р$ и переменной скорости подачи $v_п$, изменения которой связаны с изменениями сопротивляемости массива

[x] Берон А.И., Позин Е.З. Принципы автоматического регулирования режимов работы угледобывающих машин. – Уголь, 1963, № 1.

резанию. Второй – максимальный вариант – требует соблюдения следующих условий: $N = const$, $v_п = var$ и $v_р = var$. Частным случаем максимального варианта является параметрическая стабилизация режимов резания, обеспечивающая $N = const$ и $v_п / v_р = const$, причем соблюдение условия $v_п / v_р = const$ равносильно поддержанию постоянной толщины стружки и сохранению минимальной энергоемкости процесса разрушения угля или породы данным исполнительным органом комбайна.

Реализация минимального варианта в первом приближении может быть достигнута заменой нерегулируемого (в машинах избирательного действия) или регулируемого вручную (в очистных комбайнах) маслонасоса привода подачи на регулируемый по давлению в нагнетательной линии (типа НАД), обеспечивающий регулирование по закону $pQ = const$, где p – давление в линии нагнетания насоса; Q – его подача.

Известно, что изменение сопротивляемости массива угля или породы резанию приводит к изменению момента сопротивления на фрезе и усилия ее подачи, а следовательно, и давления масла в гидросистеме подачи. Поэтому если насос типа НАД регулируется по указанному закону, то при росте сопротивляемости массива резанию скорость подачи исполнительного органа комбайна уменьшается, а при снижении – растет. Очевидно, что при изменениях скорости подачи меняется и момент сопротивления на фрезе.

Таким образом, применение в приводе подачи насоса НАД обеспечивает регулирование параметров резания и, как результат, – более равномерную (почти постоянную) загрузку двигателя режущей части комбайна по мощности, что снижает вероятность опрокидываний двигателя привода резания при непредвиденных перегрузках, значительно расширяет диапазон изменений сопротивляемости массива резанию, в пределах которого привод устойчив, упрощает управление комбайном и снижает психологические нагрузки на машиниста комбайна.

Для сравнения динамических качеств приводов с ручной и автоматической настройкой режимов резания нами были выполнены их аналитические исследования применительно к приводу исполнительного органа углепроходческого комбайна избирательного действия типа ГПК.

Расчеты показывают, что если сопротивляемость забоя резанию увеличивается, например, на 25 %, то при заданной настройке привода, определяемой степенью открытия дроссель-регулятора в приводах с ручной настройкой, мощность на валу двигателя в приводе резания увеличивается на 20,9 %, а скорость подачи снижается лишь на 3,7 %. В приводе с насосом НАД, обеспечивающим автоматическую настройку режимов резания, при аналогичных изменениях свойств забоя мощность на валу двигателя вращения фрезы возрастает лишь на 6,9 %, а скорость подачи уменьшается на 14,5 %.

Сравнение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) указанных типов приводов, полученных расчетом в результате анализа систем дифференциальных уравнений их движения, показывает, что приводы традиционного исполнения (рис.1, а) проявляют себя как колебательные системы с явно выраженным резонансом по всем переменным величинам. Наибольшие коэффициенты уси-

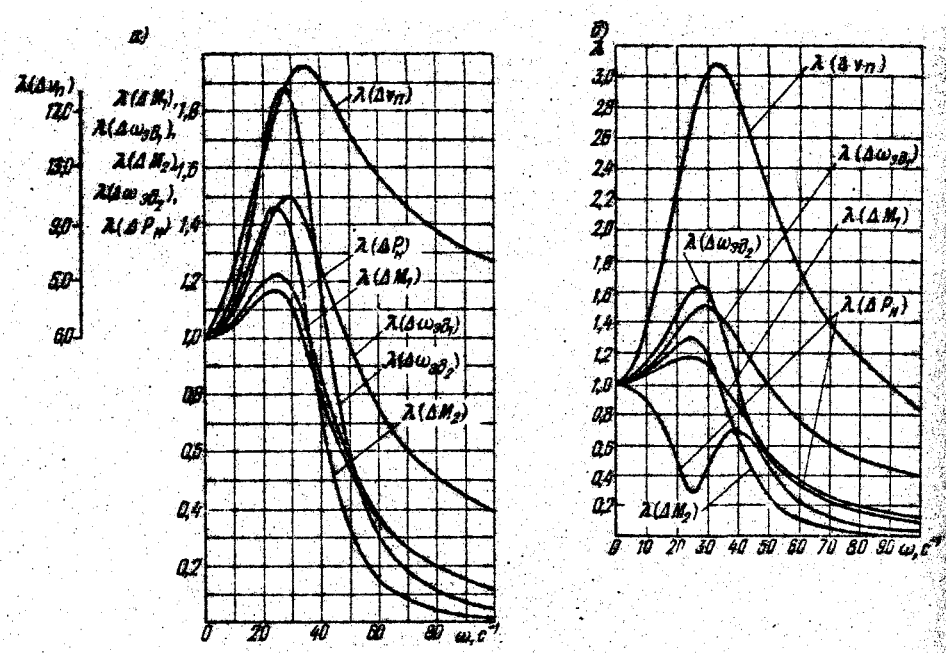


Рис.1. Амплитудно-частотная характеристика привода исполнительного органа комбайна ГПК в традиционном исполнении (а) и с насосом НАД в гидросистеме подачи (б)
$\omega_{э\partial1}$ и $\omega_{э\partial2}$ – угловая скорость электродвигателя привода резания и подачи; M_1 и M_2 – момент на валу двигателя привода резания и подачи; $P_н$ – давление в гидросистеме подачи

ления при резонансных частотах имеют величины, характеризующие работу привода подачи.

Применение насоса НАД (рис.1, б) позволяет уменьшить резонансную амплитуду колебаний скорости подачи почти в 7 раз, а резонансную амплитуду колебаний давления в гидросистеме привода подачи более чем в 2 раза.

Итак, привод исполнительного органа с насосом НАД в гидросистеме подачи имеет ряд преимуществ. Он, в частности, способствует повышению надежности машины, снижению нагрева электродвигателя, уменьшению износа режущего инструмента и вероятности его поломок благодаря сглаживанию ударных нагрузок за счет просадок скорости подачи фрезы при мягкой механической характеристике гидросистемы. Все это позволяет повысить энерговооруженность машины.

Важным недостатком такого автоматизированного привода является переменность толщины среза, а стало быть сортности угля и энергоемкости процесса разрушения. Такого недостатка лишены приводы с параметрической стабилизацией режимов резания. Принципиальная схема такого привода, выполненного из серийно выпускаемых агрегатов, элементов и устройств (рис.2),

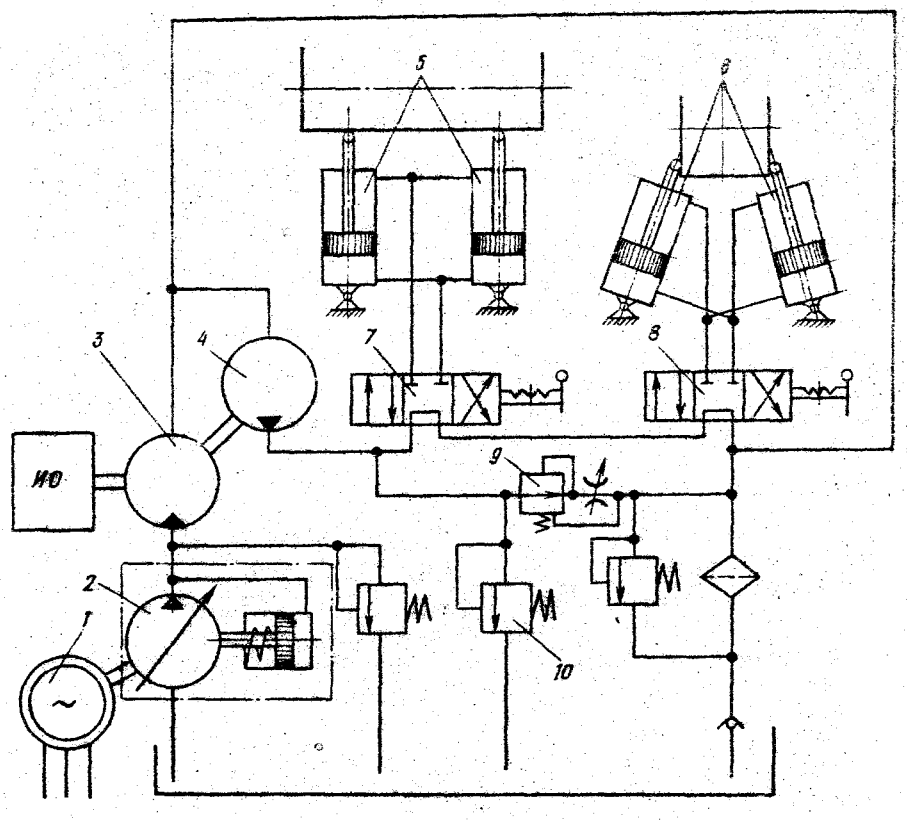


Рис.2. Принципиальная гидравлическая схема привода исполнительного органа (ИО) комбайна избирательного действия с параметрической стабилизацией режимов резания

предусматривает использование общего электродвигателя для привода механизмов резания и подачи. Электродвигатель I приводит во вращение насос с регулятором мощности 2 типа НАД, нагнетательная линия которого связана с гидромотором 3 вращения режущего инструмента комбайна. Этот же гидромотор вращает нерегулируемый насос 4 гидросистемы подачи, состоящей из механизмов вертикального 5 и горизонтального 6 перемещений фрезы, гидроцилиндры которых управляются золотниками 7 и 8 соответственно. Для изменения мощности гидросистемы подачи может быть использован установленный параллельно гидроцилиндрам подачи дроссель-регулятор 9, а для повышения устойчивости при встрече с твердыми включениями – предохранительный клапан IO.

Насос НАД обеспечивает постоянные затраты мощности на разрушение массива независимо от его свойств, а кинематическая связь гидромотора

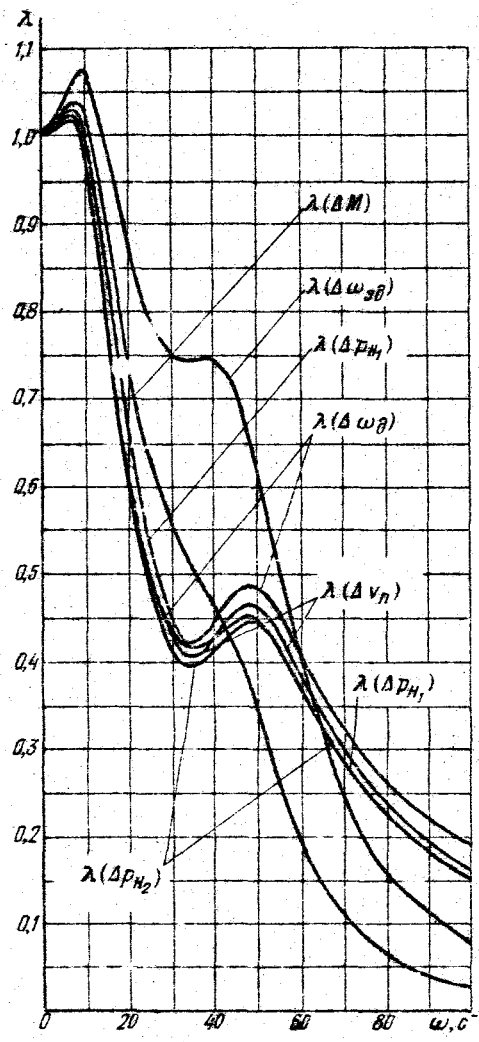


Рис.3. Амплитудно-частотная характеристика привода исполнительного органа с параметрической стабилизацией режимов резания комбайна ГПК
M - момент на валу электродвигателя; $\omega_{эд}$ и $\omega_д$ - угловая скорость электродвигателя и гидромотора; $p_{н1}$ и $p_{н2}$ - давление в линии нагнетания насосов 2 и 4 соответственно

вращения фрезы и насоса гидросистемы подачи - постоянство отношения скорости подачи к скорости резания.

Амплитудно-частотные характеристики такого привода (рис.3), рассчитанные для тех же конструктивных параметров, что и предыдущие, показывают, что привод с параметрической стабилизацией режимов резания в первом приближении обладает свойствами апериодического звена.

Следует иметь в виду, что некоторое усложнение схемы приводит к уменьшению КПД привода, поэтому при равных с предыдущими схемами условиях и затратах мощности примерно на 10 % снижается производительность комбайна. Однако этот недостаток значительно покрывается указанными ранее преимуществами автоматизированных схем.

Кроме того данная схема имеет еще и другие преимущества: возможность установки приводного двигателя на раме комбайна, а не на стреле, как это делается теперь, возможность снижения передаточного числа и массы редуктора режущей части ввиду применения высокомоментного гидромотора. Первое позволяет существенно повысить энерговооруженность комбайна, а второе - уменьшить вес стрелы и тем самым выравнять давление в гидросистеме подачи при движении стрелы вверх и вниз.

Предложенные схемы приводов могут быть использованы как в угольных очистных и проходческих комбайнах, так и в роторных экскаваторах и станках шарошечного бурения с гидравлическими приводами вращательно-подающих механизмов.