Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXV, вып. 1, 1973 г.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДА ПОДАЧИ ДОБЫЧНЫХ МАШИН НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ

М. Д. Коломийцов, В. В. Габов, А. Ф. Лорензо

Производительность добычных комбайнов во многом зависит от эффективности работы привода подачи, обеспечивающей перемещение машины во время работы и маневровых операций. Сложность конструкции, высокий класс точности изготовления и необходимость высокой надежности, особенно при работе в механизированных комплексах, требуют тщательной проверки привода подачи в сборе перед спуском машины в шахту. Такая проверка может быть проведена на испытательных стендах. Так, на рудоремонтном заводе им. В. И. Ленина комбината «Тулауголь» весьма тщательно проверяются отремонтированные приводы подачи Г-404. Испытываемую подающую часть *1* (рис. 1) подсоеди-

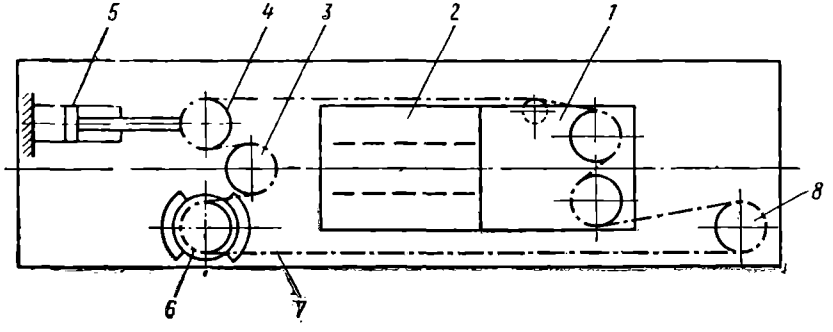


Рис. 1. Схема стенда для испытания приводов подачи типа Г-404, применяемая на заводах.

няют к комбайновому электродвигателю *2*, укрепленному постоянно на раме стенда. Замкнутая тяговая цепь *7* проходит через механизм подачи, огибает обводную звезду *8*, тормозную *6*, отклоняющие *3* и *4*. Звезда *4* с помощью гидроцилиндра *5* обеспечивает холостое натяжение. Момент сопротивления на звезде *6* создается тормозным шкивом. На Горловском машзаводе [1] нагрузка на тормозной звезде *6* создается с помощью объемного гидропривода типа Г-404, работающего на дроссель. Недостатками рассматриваемых схем являются следующие.

1. Торможение с помощью ленточных или колодочных тормозов, учитывая необходимость создания больших тормозных моментов при максимальных скоростях вращения, приводит к быстрому перегреву системы, что исключает предусмотренные методикой длительные (до 2 *ч*) испытания при различных нагрузках. Нагрев тормозов приводит к загрязнению воздуха, возможности возгорания масла, ограничивает плавность регулирования. Применение для создания нагрузки гидромотора, работающего в режиме насоса с дросселем на линии нагнетания, улучшает схему регулирования нагрузки стенда. Однако превращение механической энергии в нагрев масла имеет в принципе те же недостатки, что использование тормозного шкива.

2. Применяемая схема требует усиленного крепления обводной звезды *8*, поскольку суммарные статические усилия, действующие на ее ось, превышают 30 *т*, а мгновенные динамические усилия имеют еще более высокие значения. Сложная система отклоняющих звезд, несущих большие усилия, увеличивает размеры стенда и усложняет его конструкцию.

3. Рассматриваемая схема исключает или затрудняет создание переменных тяговых усилий (динамических нагрузок), которые соответствуют реальным нагрузкам на привод подачи комбайна.

Существующие методики испытания рекомендуют для оценки качества изготовления и ремонта механизма подачи типа Г-404 [1] измерять давление холостого хода и определять объемный к. п. д. при наибольшей скорости подачи по формуле

$$\eta_{об} = \frac{n_1}{n_2},$$

где n_1 — скорость вращения приводной звезды механизма подачи без нагрузки; n_2 — то же при тяговом усилии 15 *тс*.

В рекомендациях по оценке качества привода подачи отмечается необходимость проверять, не изменяется ли скорость подачи с изменением нагрузки при неизменном положении рукоятки управления [1]. Предполагается абсолютно жесткая механическая характеристика привода подачи и $\eta_{об} = 1$, чего практически не может быть. В инструкции по эксплуатации подающих частей типа Г-404 [2] приводится механическая характеристика с жесткостью

$$\beta = \frac{dF}{dv} \approx 20 \; тс \cdot мин/м.$$

При испытании приводов подачи Г-404 на рудоремонтном заводе им. В. И. Ленина комбината «Тулауголь» определяют время одного оборота звездочки механизма подачи при холостом ходе и при усилии в 13 *тс*. Если это соотношение больше 0,75, привод подачи считается отремонтированным удовлетворительно, т. е. допустимая жесткость механической характеристики составляет 9 *тс·мин/м*. Следовательно, отсутствует однозначное мнение о необходимой (допустимой) степени жесткости механической характеристики приводов подачи, определяемой утечками масла в гидросистеме.

Контрольные испытания гидропривода подачи «Урал-33» [4] предусматривают работу гидровставки при номинальном давлении в гидросистеме $p = 20$ *кгс/см²* и максимальных оборотах гидромотора не менее

250 *об/мин*, что соответствует рабочей скорости подачи машины 2,65 *м/мин*. При этом крутящий момент $M_м$ на валу гидромотора должен быть не ниже 18 *кгс·м*, что соответствует усилию подачи машины $F_п \approx 8$ *тс* (при среднем диаметре навивки на барабан 0,525 *м*, передаточном числе редуктора 157,6 и к. п. д. редуктора 0,735 момент $M_м = 2{,}27 F_п$). Температура масла в гидровставке при работе в течение 30 *мин* не должна превышать 100° С.

При увеличении сопротивления подачи с 8 до 12 *тс* и росте момента сопротивления на гидромоторе с 18 до 27 *кгс·м* пропорционально должно изменяться и давление в гидровставке с 20 до 30 *кгс/см²*. При этом по инструкции число оборотов гидромотора должно оставаться неизменным и не падать ниже 250 *об/мин* при максимальной производительности насоса. Следовательно, скорость подачи не должна меняться с ростом усилия подачи.

Испытания предусматривают срабатывание предохранительного клапана при давлении $p = 50$ *кгс/см²*. Клапан должен обеспечивать полный слив масла при максимальной производительности насоса (максимальной скорости подачи). Следовательно, остановка добычных машин, работающих с приводами подачи «Урал-33» (врубовые машины, комбайны 1К-101; «Урал-2М»), предусматривается при усилиях подачи $F_п \approx 20$ *тс* ($F_п \approx 0{,}4p$).

Рассматриваемые методики испытаний вызывают следующие возражения.

1. Предполагается, что потери в гидросистеме при росте сопротивления подачи до 12 *тс* остаются неизменными и скорость подачи (число оборотов гидромотора) постоянной (для «Урал-33» — не менее 2,60 *м/мин*, что соответствует 250 *об/мин* гидромотора), т. е. механическая характеристика привода подачи при максимальной скорости подачи — жесткая. Это требование невыполнимо, так как с ростом усилия подачи (момента сопротивления) и увеличением давления утечки масла в гидросистеме (через клапаны и поршни) растут.

2. Проверка гидропривода подачи только при максимальной скорости (максимальной производительности насоса) не гарантирует устойчивой работы привода (расчетных тяговых усилий и скоростей подачи) при меньших значениях производительности насоса. Практически добычная машина редко работает на максимальной скорости подачи. При снижении производительности насоса (уменьшении скорости подачи) утечки (в процентном отношении) в гидросистеме растут. Поэтому при проверке привода подачи целесообразно определять его механические свойства при всех основных промежуточных значениях усилий и скорости подачи.

3. Контрольные испытания должны предусматривать проверку не только гидровставки привода подачи. Целесообразно проверять весь привод (двигатель, гидровставка, редуктор) в сборе. Это позволит установить правильность изготовления (ремонта) и сборки всех узлов и определить фактические значения скоростей и усилий подачи с учетом потерь в гидровставке и механическом редукторе.

Учитывая вышеизложенное, для проверки приводов подачи необходимо выполнить следующие операции.

1. Испытать привод в сборе.

2. Определить значения к. п. д. в функции усилия подачи (для анализа потерь в приводе) при различных значениях производительности насоса (скорости подачи).

3. Определить механические характеристики привода подачи также при различных значениях производительности насоса.

Сравнение полученных величин с допустимыми позволит объективно оценить возможность применения привода в конкретных условиях. Большое разнообразие горногеологических условий и типов машин приводит к необходимости предъявлять различные требования к приводу подачи, так как усилия и скорости подачи в разных бассейнах и для различных типов машин изменяются в широких пределах. В лаборатории горных машин ЛГИ созданы стенды для испытания подающих частей с канатным («Урал-33») и цепным тяговым органом (Г-404), которые лишены указанных недостатков.

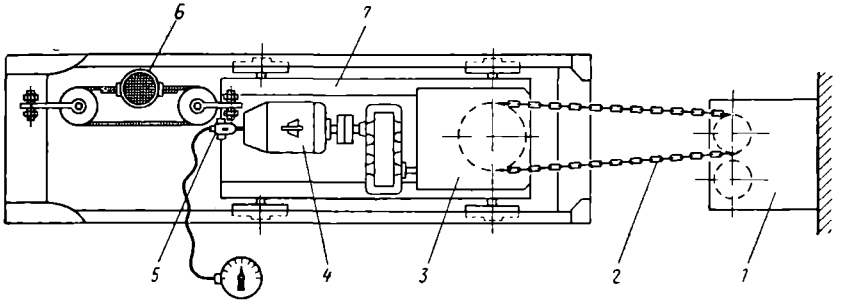


Рис. 2. Схема стенда ЛГИ для испытания приводов подачи типа Г-404.

На стенде ЛГИ для испытания приводов подачи типа Г-404 (рис. 2) испытываемый механизм подачи *1* через цепь *2* и мультипликатор *3* приводит во вращение машину постоянного тока *4*, работающую в режиме генераторного торможения. Для натяжения цепи *2* и регистрации тяговых усилий установка перемещается на тележке *7* Усилия подачи определяются с помощью визуального и регистрирующего динамометров *6*. Скорость подачи регистрируется с помощью тахометра *5*.

Плавность регулирования, возможность создания динамических усилий, отсутствие трения и нагрева, исключение из кинематики огибающих звездочек и роликов, усилия на которых достигают двукратной величины максимального нагружения испытываемого привода, — преимущества стенда ЛГИ. Основным достоинством рассматриваемого стенда является возможность создания на нем нагрузок, изменяющихся по законам, аналогичным закону изменения средних тяговых усилий при регулировании скорости подачи комбайна в забое. Известно [3], что при изменении скорости подачи $v_п$ добычной машины среднее усилие подачи $F_п$ изменяется по формуле

$$F_п = A' + B' v_п, \qquad (1)$$

где A' и B' — коэффициенты, величина которых зависит от крепости разрушаемого пласта, режима работы машины (скорость резания, направление вращения шнеков, схема расположения резцов) и степени затупления резцов.

Уравнение (1) называется силовой характеристикой машины и определяет требования, которым должна удовлетворять подающая часть при работе комбайна в данных условиях.

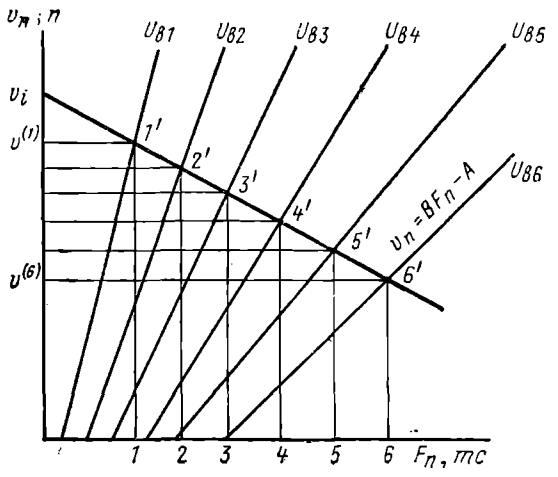


Рис. 3. Номограмма для определения механической характеристики стенда.

Схема стенда ЛГИ может обеспечить проверку работоспособности привода подачи с настройкой на любую заданную силовую характеристику. На рис. 3 приведены механические характеристики стенда, созданного в лаборатории горных машин ЛГИ для испытания приводов подачи типа «Урал». Уравнения этих характеристик имеют вид

$$v_п = BF_п - A. \qquad (2)$$

Коэффициент B характеризует рост тормозного момента (усилия подачи) нагрузочной машины с увеличением ее числа оборотов (скорости подачи) и определяется напряжением возбуждения генератора $U_в$. Коэффициент A определяет потери в стенде (генераторе и мультипликаторе), которые меняются при регулировании нагрузки генератора.

Структура формул (1) и (2) одинакова. Подбирая напряжением возбуждения коэффициенты B и A, можно испытывать на стенде привод подачи, нагрузка которого (усилие подачи) будет автоматически меняться в зависимости от числа оборотов генератора (скорости подачи). Закон регулирования должен соответствовать силовым характеристикам комбайна при его работе в условиях данного пласта (лавы). При этом будет гарантирована эффективная работа комбайна в заданных условиях и будут исключены неоправданно высокие требования к отремонтированным приводам подачи.

Следовательно, для проведения испытания подающих частей на стендах, разработанных в ЛГИ, необходимо выполнить следующее.

1. Подобрать механические характеристики стенда (см. рис. 3) в соответствии с силовыми характеристиками комбайна, работающего в данных горногеологических условиях. Каждая характеристика стенда ($U_{в_1} \div U_{в_6}$) соответствует конкретной силовой характеристике машины и определяется из условия равенства коэффициентов уравнений (1) и (2), т. е.

$$A' = A;\ B' = \frac{1}{B} \qquad (3)$$

2. При данной скорости подачи испытываемой подающей части $v_{пi}$ необходимо постепенно увеличивать напряжение возбуждения нагрузочной машины $U_{вi}$. При определенном значении возбуждения замеряют скорость подачи (число оборотов нагрузочной машины) и по кривым рис. 3 находят соответствующее значение усилия подачи $F_{пi}$. Точки 1′—6′ определят механическую характеристику исследуемого привода при данном положении штурвала подачи.

За критерий качества привода подачи следует принимать следующие показатели.

1. Обеспечение усилий подачи при данной скорости v_{ni}, соответствующих максимальной силовой характеристике, которая может быть при эксплуатации машины в данных условиях (разрушение наиболее крепкого пласта с максимально допустимой степенью затупления резцов). Так, например, для конкретной лавы работа при скорости v^6 с усилиями подачи больше 6 *тс* (см. рис. 3) для данных условий необязательна.

2. Степень падения скорости подачи (допустимую жесткость механической характеристики) $\Delta v = v^{(6)} - v_i$ (см. рис. 3) можно считать допустимой, если нагрев масла не превысит 70° С при работе с максимальной нагрузкой в точке 6′ в течение 30 *мин*.

Выводы

1. Существующие стенды для испытания подающих частей несовершенны, что ограничивает их применение. Для создания нагрузок, эквивалентных шахтным, в ЛГИ разработаны стенды, которые снижают трудоемкость испытаний и просты по конструкции.

2. Предлагаемый метод испытаний позволяет более объективно, по сравнению с существующими, оценивать качество приводов подачи комбайна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головко В. Я. и др. Гидравлический механизм подачи «Горловка-404» для угледобывающих комбайнов. М., Недра, 1970.

2. Гидравлический механизм подачи Г-404. Инструкция. Изд. Горловского машзавода, 1970.

3. Коломийцов М. Д. Опыт применения комбайна 1К-101 на сланцевой шахте. Горные машины и автоматика, 1971, № 1.

4. Овсянников П. А. и др. Врубовая машина «Урал-33». М., Недра, 1968.