

УДК 62–82  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО МОДУЛЯ ОБЪЕМНОЙ УПРУГОСТИ  
УЧАСТКА НАПОРНОЙ МАГИСТРАЛИ ГИДРОПРИВОДА

В. Б. ПОПОВ  
Учреждение образования  
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. П. О. Сухого»  
Гомель, Беларусь

Одной из основных характеристик заполняющей гидропривод подъемно-навесного устройства универсального энергетического средства рабочей жидкости (РЖ) является её модуль объемной упругости (МОУ).

Используемая в гидроприводе мобильных машин РЖ представляет собой двухфазную гидровоздушную смесь (ГВС). Её МОУ зависит от содержания нерастворенного в РЖ воздуха и начального давления. Из-за значительно большей сжимаемости воздуха МОУ двухфазной ГВС ниже, чем у однородной РЖ, причем это уменьшение становится существенным при малых давлениях. МОУ реальной РЖ –  $E_c$  при адиабатическом характере ее деформации и изменении давления от 1 до 20 МПа с точностью до 0,1% определяется по формуле

$$E_c(p) = \frac{a \cdot \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{n}} + (1-a) \cdot \left(\frac{E_a + A \cdot p_0}{E_a + A \cdot p}\right)^{\frac{1}{A}}}{\frac{a}{n \cdot p} \cdot \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{n}} + \frac{1-a}{E_a + A \cdot p}}, \quad (1)$$

где  $a$  – относительный процент содержащегося в РЖ нерастворенного воздуха;  $p_0$  – давление в ГВС на участке (в узле) напорного тракта;  $p$  – текущее давление на участке;  $n$  – показатель адиабаты (для воздуха);  $E_a$  – МОУ РЖ при нормальном атмосферном давлении;  $A$  – коэффициент роста МОУ при росте давления на участке.

Увеличение объема воздуха в ГВС может привести к неустойчивости переходного процесса и часто вызывает снижение КПД гидропривода, а также скорости передачи сигналов от гидронасоса к гидроцилиндрам.

Помимо учета влияния сжимаемости пузырьков воздуха при анализе динамики гидропривода необходимо учитывать также упругие свойства магистралей, по которым подается РЖ. МОУ для деформирующихся полостей – металлических трубопроводов, армированных резиновых шлангов и гидроцилиндров определяется по выражению

$$E_{np} = \frac{E_c(p)}{1 + \frac{E_c(p)}{E_m} \cdot \frac{D}{\delta}}, \quad (2)$$

где  $D, \delta$  – соответственно внутренний диаметр и толщина стенки полости;  $E_m$  – МОУ материала, из которого изготовлена соответствующая полость.

В общем случае коэффициент податливости участка гидромагистрали (величина обратная приведенному МОУ участка) с учетом находящегося в нем объема ГВС и комбинации полостей определяется по формуле

$$\psi = \frac{1}{E_c(p)} + \frac{\alpha_T \cdot D_T}{E_T \cdot \delta_T} + \frac{\alpha_{III} \cdot D_{III}}{E_{III} \cdot \delta_{III}} + \frac{\alpha_{II} \cdot D_{II}}{E_{II} \cdot \delta_{II}}, \quad (3)$$

где  $\alpha_T, \alpha_{III}, \alpha_{II}$  – части объема гидромагистрали, занимаемые соответственно металлическими трубопроводами, армированными шлангами и гидроцилиндрами (причем объемы последних, из-за перемещения поршней гидроцилиндров являются переменными);  $E_T, E_{III}, E_{II}$  – МОУ материалов, из которых изготовлены полости;  $D_T, \delta_T; D_{III}, \delta_{III}; D_{II}, \delta_{II}$  – внутренний диаметр и толщина стенки трубопровода, армированных шлангов и гидроцилиндров соответственно.

Как видно из выражений (1–3) определение приведенного МОУ участка требует не только кропотливых расчетов, но и определения процента воздуха, содержащегося в ГВС, что трудновыполнимо.

Для оценки жесткости гидромеханической системы, состоящей из напорного тракта гидропривода и звеньев механизма навески (МН) универсального энергетического средства “УЭС-2-280А”, предлагается провести измерения смещения штоков гидроцилиндров ПНУ относительно их гильз в транспортном положении без рабочей машины и с рабочей машиной. Нагрузка со стороны рабочей машины приводится к штокам и определяется по выражению

$$F = \frac{P \cdot I}{\eta},$$

где  $P$  – вес рабочей машины;  $I$  – передаточное число МН;  $\eta$  – КПД МН.

Полученные результаты измерений смещений правого и левого штоков усредняются и используются для расчета значения приведенной жесткости гидропривода подъемно-навесного устройства по закону Гука. Жесткость гидропривода –  $C_2$  связана с искомым приведенным МОУ напорного тракта известным выражением:

$$C_2 = \frac{E_{np} \cdot F_H^2}{V}, \quad (4)$$

где  $F_H$  – площадь поршней гидроцилиндров со стороны напорного тракта;  $V$  – объем РЖ в напорном тракте.

Таким образом, зависящий от сложноопределяемых параметров приведенный МОУ –  $E_{np}$ , может с достаточной для инженерных расчетов точностью быть определен по результатам замера “утапливания” штоков, а также расчетов приведенной к штокам нагрузки и объема РЖ в напорном тракте гидропривода.