

Лабораторная работа № 5

Изучение конструкции гидромотора

1 Цель работы

Изучить назначение, принцип действия и конструкцию гидромотора, ознакомиться с основными параметрами его работы, научиться определять основные параметры гидромотора. Подготовка к проведению лабораторной работы № 6.

2 Содержание работы

1 Ознакомиться с конструкцией, принципом действия и назначением гидромоторов различных типов.

2 Ознакомиться с основными параметрами гидромоторов, характеризующими их работу.

3 Научиться производить расчет параметров гидромоторов.

4 Дать характеристику гидромотора, установленного на лабораторном стенде, установить его параметры.

3 Оборудование

1 Гидромотор.

2 Плакаты.

4 Общие сведения

Гидромоторы относятся к группе гидродвигателей, которые могут быть динамического (турбины) и объемного действия. В данной работе рассматриваются объемные гидродвигатели.

Объемным гидродвигателем называется гидромашина, предназначенная для преобразования энергии потока жидкости в механическую энергию движения выходного звена. По характеру движения выходного звена объемные гидродвигатели бывают с вращательным, с поворотным и с поступательным движением выходного звена. Гидромоторы – это объемные гидродвигатели с вращательным движением выходного звена. Выходным (подвижным) звеном является, как правило, вал.

Т.о., гидромотор - это гидромашина, предназначенная для преоб-

разования энергии потока жидкости в механическую энергию выходного звена (вала) с неограниченным вращательным движением.

Основными параметрами гидромоторов являются: объем рабочей камеры q (м^3), рабочий объем $V_{\text{гм}}$ (м^3), равный суммарному объему рабочих камер, расход Q ($\text{м}^3/\text{с}$), давление p (Па); основными выходными параметрами гидромоторов являются: крутящий момент M (Н·м), частота вращения выходного вала n (об/с), мощность N (Вт), объемный η_0 и механический η_m КПД.

Гидромоторы классифицируются по виду вытеснителя, возможности регулирования и реверсирования, циклу работы и конструкции распределителей. Наибольшее применение получили регулируемые и нерегулируемые радиально-поршневые, аксиально-поршневые и пластинчатые гидромоторы.

Принцип работы гидромотора, как и любой объемной гидромашины, основан на циклическом изменении объема рабочей камеры. При работе в объемных гидромоторах осуществляется взаимодействие поступающей в гидромашину под давлением жидкости с вытеснителями в переменных рабочих камерах, что вызывает вращательное или вращательно-поступательное движение вытеснителей. Рабочая камера гидромотора представляет собой замкнутое пространство, попеременно сообщаемое с нагнетательной и сливной полостями. При сообщении рабочей камеры с нагнетательной полостью вследствие давления жидкости на вытеснитель, последний перемещается и объем рабочей камеры непрерывно увеличивается. Перемещение вытеснителя через механическую систему вызывает движение (вращение) выходного звена гидромотора (вала). При сообщении рабочей камеры со сливной полостью вытеснитель, перемещаясь в обратном направлении, уменьшает ее объем, в результате чего жидкость вытесняется в сливную линию. Т.о., рабочий процесс гидромоторов состоит из рабочего хода вытеснителей при заполнении рабочих камер жидкостью под давлением, замыкания рабочих камер, переноса их при вращении ротора и вытеснения жидкости из рабочих камер на слив при холостом ходе вытеснителей. Изменение объема рабочих камер происходит вследствие перемещения их и вытеснителей.

Как правило, гидромотор состоит из неподвижного статора, вращающегося ротора и вытеснителей. По характеру движения вытеснителей гидромоторы делятся на роторно-вращательные (шестеренные и винтовые) и роторно-поступательные (пластинчатые и роторно-поршневые).

Роторно-поршневые гидромоторы

Рабочие камеры роторно-поршневых гидромоторов выполнены в виде цилиндров внутри ротора, вытеснителями являются поршни или плунжеры. По расположению рабочих камер относительно оси вращения ротора гидромоторы делятся на радиальные и аксиальные.

Радиальный роторно–поршневой гидромотор схематически представлен на рисунке 1. В радиальном роторно–поршневом гидромоторе рабочие камеры и вытеснители расположены радиально (нормально) относительно оси вращения ротора. Ось симметрии ротора 1 расположена эксцентрично по отношению к оси симметрии статора 2. Вытеснители в виде плунжеров 3 давлением поступающей в рабочие камеры жидкости прижимаются своими сферическими головками к поверхности статора 2 и за счет касательной к окружности статора составляющей силы реакции статора заставляют вращаться ротор, а сами совершают возвратно–поступательные движения в цилиндрах. Распределение жидкости производится распределительной осью (цапфой) 4 с окнами 6 и 7 и перемычками 5, на которой вращается ротор. Распределительные окна через осевые каналы цапфы соединяются с нагнетательной полостью, когда плунжеры 3 выдвигаются из цилиндров 8, производя работу, и со сливной полостью при обратном движении плунжеров. Когда отверстия 9, соединяющие цилиндры с окнами 6 и 7, перекрываются перемычкой 5, происходит замыкание рабочей камеры. За один оборот ротора каждая камера замыкается дважды, плунжер в это время совершает ход, равный удвоенному эксцентриситету e .

Рабочий объем выражается формулой:

$$V_{\text{гм}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2 \cdot e \cdot z, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где d – диаметр цилиндра, м;
 e – эксцентриситет, м;
 z – число цилиндров.

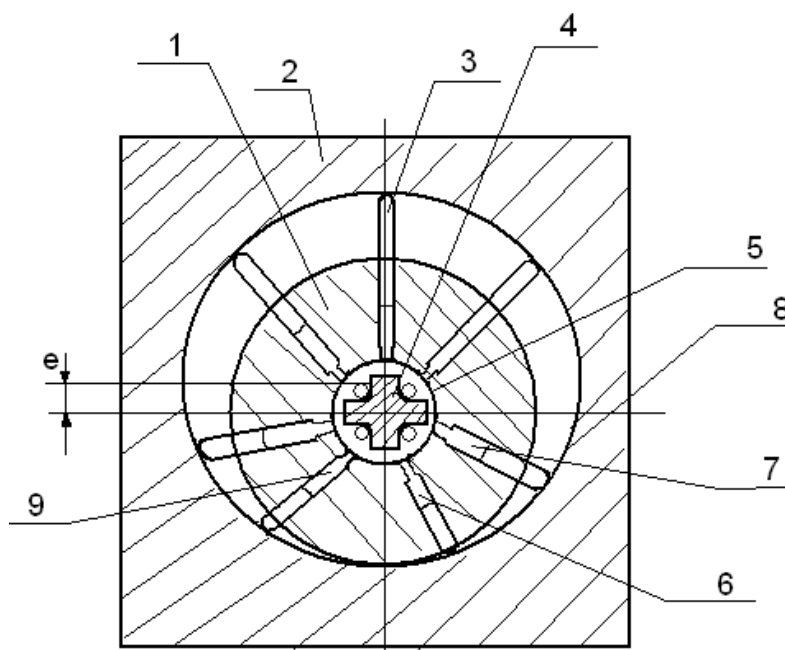


Рисунок 1

Аксиальные роторно–поршневые гидромоторы отличаются от радиальных тем, что поршни у них совершают возвратно–поступательное движение в направлении, параллельном или близком к параллельному оси блока цилиндров. Эти гидромоторы выполняются с наклонным цилиндровым блоком или диском.

Аксиально–поршневой гидромотор с наклонным диском представлен схематически на рисунке 2. Основными элементами гидромотора являются: блок цилиндров (ротор) 1, плунжеры (поршни) 2, наклонный диск 3 и опорно–распределительный диск 4, составляющий часть статора. При подаче жидкости под давлением в рабочие камеры гидромотора плунжеры под действием избыточного давления выдвигаются из цилиндров, воздействуя на наклонный диск. Реакция наклонного диска раскладывается на нормальную и касательную составляющие. Нормальная составляющая реакции уравнивается давлением в рабочей камере, а в результате действия касательной к плоскости диска составляющей реакции наклонного диска на плунжер происходит вращение блока цилиндров вместе с выходным валом вокруг оси, при этом плунжеры совершают возвратно-поступательное движение в рабочих камерах, а сами камеры сообщаются поочередно с дугообразными окнами 6 и 7, одно из которых сообщается с нагнетательным трубопроводом, а другое – со сливным.

Ход плунжеров определяет объем рабочей камеры и зависит от угла наклона диска γ и равен произведению $D \cdot \text{tg}\gamma$. Рабочий объем определяется выражением:

$$V_{\text{гм}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot D \cdot \text{tg}\gamma \cdot z, \text{ м}^3 \quad (2)$$

где d – диаметр цилиндра;

D – диаметр расположения осей цилиндров в блоке, м;

γ - угол наклона диска, град;

z – число цилиндров.

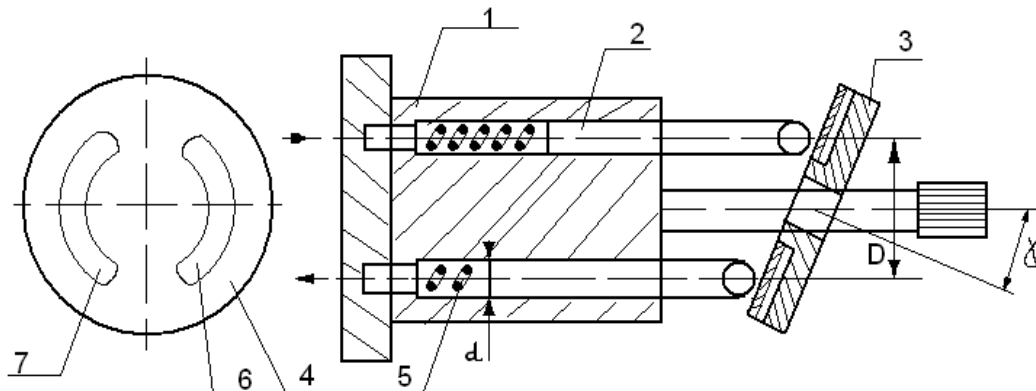


Рисунок 2

Аксиально-поршневой гидромотор с наклонным цилиндрическим блоком отличается от гидромотора с наклонным диском тем, что ось вращения цилиндрического блока наклонена к оси вращения приводного вала. Передача момента вращения от цилиндрического блока к приводному валу осуществляется посредством кардана или через штоки поршней. На рисунке 3 приведена схема гидромотора с наклонным цилиндрическим блоком и бескарданной связью. Основными элементами гидромотора являются цилиндрический блок (ротор) 1, поршни 2, штоки 3, шарнирно скрепленные с поршнями 2 и шайбой 4, которая жестко связана с ведущим валом 5. Распределение жидкости осуществляется, как и в гидромоторах с наклонной шайбой, посредством распределительного диска 7.

Рабочий объем определяется по зависимости:

$$V_{\text{гм}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot D \cdot \sin \gamma \cdot z, \text{ м}^3 \quad (3)$$

где d – диаметр цилиндра;

D – диаметр расположения осей цилиндров в блоке, м;

γ – угол наклона блока, град;

z – число цилиндров.

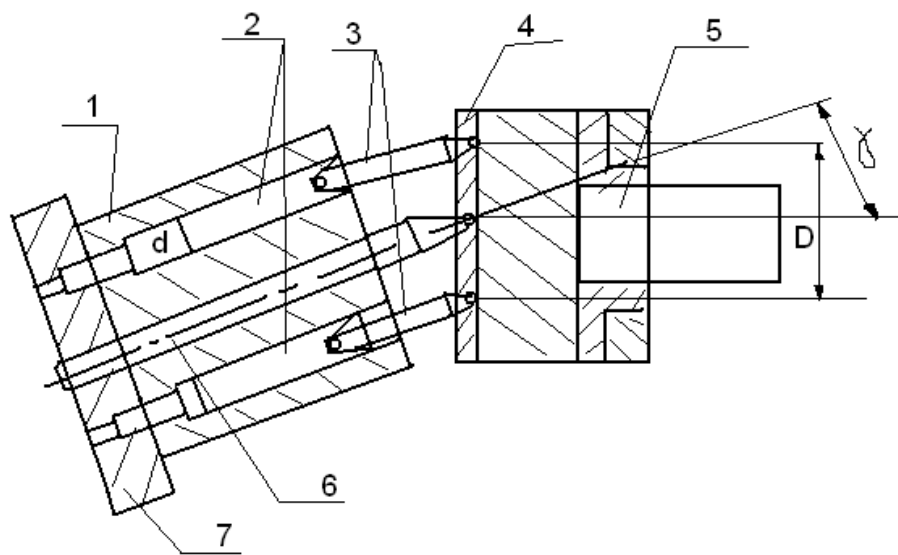


Рисунок 3

Если конструкция аксиально-поршневого гидромотора в процессе ее эксплуатации допускает изменение угла наклона диска или блока, то такие машины называются регулируемые. Изменением угла наклона диска или блока осуществляется регулирование частоты вращения выходного вала.

Частота вращения гидромотора определяется расходом, а направление вращения зависит от того, какое из отверстий соединено с напорной линией гидросистемы.

Пластинчатые гидромоторы

Разделяются на гидромоторы однократного и двукратного действия.

Пластинчатый гидромотор однократного действия состоит из ротора 1 (рисунок 4), в пазах которого размещены пластины 2, перемещающиеся радиально и вращающиеся вместе с ротором и статора 3. Пластины прижимаются торцами к статору с помощью пружин или давления жидкости со стороны паза в роторе. Ось вращения ротора смещена по отношению к оси симметрии статора на величину эксцентриситета e . В статоре имеются окна 4 и 5, к которым подсоединены нагнетательный и сливной трубопроводы. Длина дуги перемычки между окнами 4 и 5 принимается несколько больше углового шага между пластинами. Рабочий объем рассматриваемого гидромотора равен разности между объемом кольца толщиной $2e$, шириной, равной ширине b , и радиусом средней окружности кольца, равным радиусу статора, и объемом, занимаемым пластинами, т.е.

$$V_{\text{гм}} = 2 \cdot (\pi \cdot R - \delta \cdot z) \cdot 2 \cdot b \cdot e, \text{ м}^3 \quad (4)$$

где R – радиус расточки статора, м;

δ – толщина пластины, м;

z – количество пластин;

b – ширина пластины, м;

e – эксцентриситет, м.

Пластинчатый гидромотор двукратного действия состоит из цилиндрического ротора 1 (рисунок 5) с пластинами 2, расположенными в пазах ротора и статора 3. Пластины также прижимаются торцами к статору с помощью пружин или давления жидкости со стороны паза в роторе. Статорное кольцо 4 имеет специальную форму. В статоре имеются четыре окна. Окна 5 и 7, а также 6 и 8 попарно соединены с нагнетательными и сливными трубопроводами. Участки статорного кольца, расположенные между окнами, описаны дугами окружностей радиусами r_1 и r_2 из центра ротора 0, а участки в пределах окон выполнены в виде плавных кривых. При такой форме поверхности статорного кольца величина объема жидкости, запертой между двумя пластинами, во время перемещения по перемычкам не изменяется. Рабочий объем гидромотора определяется удвоенным объемом кольца, образованного радиусами r и r , шириной b ротора за вычетом объема, занимаемого выдвинутой частью пластин. Поэтому рабочий объем при радиальном расположении пазов в роторе равен:

$$V_{\text{гм}} = 2[\pi(r_1^2 - r_2^2) - (r_1 - r_2)\delta] b, \text{ м}^3 \quad (5)$$

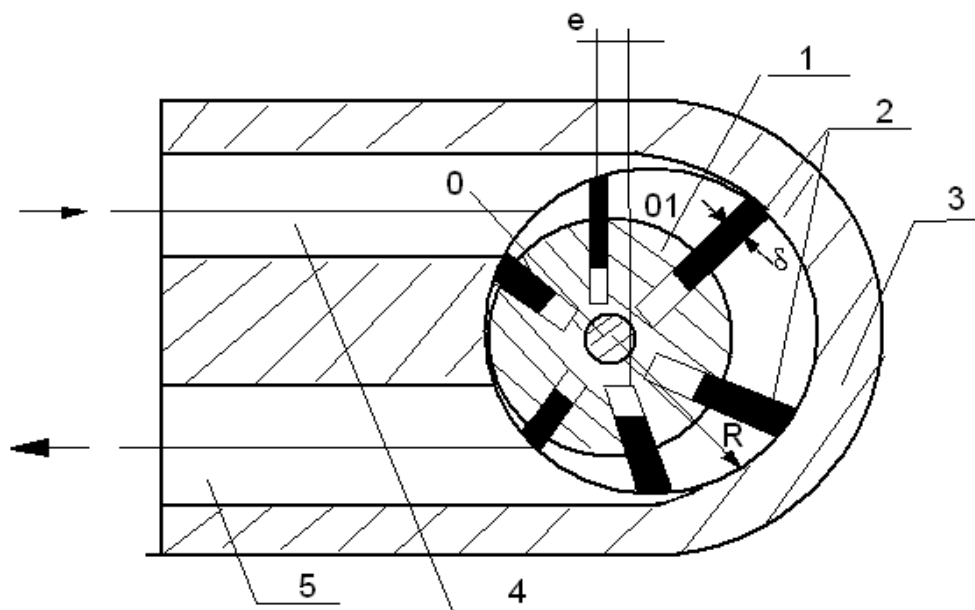


Рисунок 4

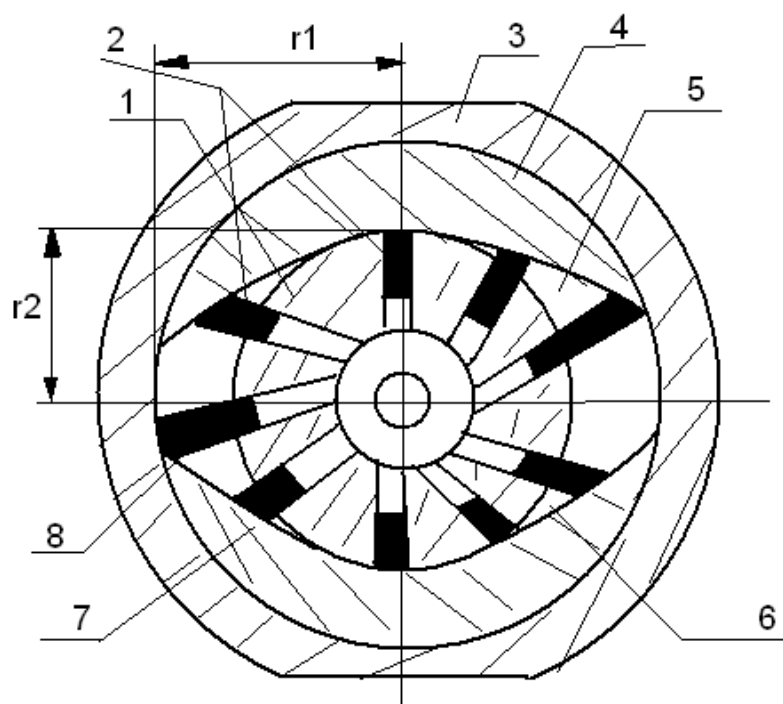


Рисунок 5

При работе пластинчатого гидромотора жидкость, поступающая под давлением в напорную полость гидромотора, оказывает давление на пластины в роторе, вызывая окружную силу, приводящую во вращение ротор с выходным валом. Перемещаясь вместе с вращающимся ротором в рабочих камерах, образованных поверхностями ротора, статора и двумя соседними пластинами, жидкость поступает в сливную полость и выводится из гидромотора.

Шестеренные гидромоторы

Применяются очень редко, в основном, когда имеются ограничения по габаритам, или когда другой гидромотор применить нельзя. Устройство шестеренных гидромоторов аналогично устройству насосов, рассмотренному в лабораторной работе № 2.

Основные параметры работы гидромоторов

Теоретическое количество жидкости, совершающее работу по перемещению вытеснителей (теоретический расход) Q_T это количество жидкости, подаваемое насосом, которое может быть определено по формуле

$$Q_T = V_{гм} \cdot n = q \cdot z \cdot n, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

где n - частота вращения гидромотора, об/с;

q – объем рабочей камеры, м^3 ;

z – количество рабочих камер.

Действительный расход Q_d отличается от теоретического на величину объемных потерь (утечек) Q_p

Объемный КПД η_o учитывает объемные потери:

$$\eta_o = \frac{Q_T - Q_p}{Q_T} = \frac{Q_d}{Q_T} \quad (7)$$

Объемный КПД гидромотора зависит от давления, частоты вращения, вязкости жидкости и от величин зазоров между уплотняемыми элементами.

Давление p (Па) – это давление, создаваемое в гидросистеме насосом.

Крутящий момент M (Н·м) можно определить, исходя из конструктивных особенностей гидромотора по обобщенной формуле:

$$M = p \cdot F \cdot r, \text{ Н·м}, \quad (8)$$

где p – давление жидкости, подаваемой в рабочие камеры гидромотора, Па;

F – суммарная полезная площадь вытеснителей, на которую действует давление жидкости, м^2 ;

r – плечо действия силы давления, м.

При расчете крутящего момента надо в обязательном порядке учитывать кинематику передачи усилия от вытеснителя к ротору, которая в каждом типе гидромотора индивидуальна. Тогда в формулу (8) должны быть добавлены величины, характеризующие эту кинематику. Также крутящий момент гидромотора можно определить через мощность по формуле:

$$M = \frac{N \cdot \eta_m}{\omega}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (9)$$

где N – мощность, развиваемая гидромотором, Вт;

ω – угловая скорость выходного вала, с^{-1} ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$, где n – частота вращения выходного вала, об/с);

η_m – механический КПД гидромотора.

Также крутящий момент может быть определен путем измерения.

Частота вращения выходного вала гидромотора n (об/с) может быть теоретически определена из формулы (6) при известном расходе в гидросистеме.

$$n = \frac{Q_T}{V_{\text{ГМ}}}, \text{ об/с} \quad (10)$$

Фактическая частота вращения может быть найдена путем измерения тахометром.

Теоретическая мощность N_T (Вт), развиваемая гидромотором, может быть определена по формуле

$$N_T = p \cdot Q_d = p \cdot Q_T \cdot \eta_o, \text{ Вт} \quad (11)$$

где p – давление жидкости, подаваемой в рабочие камеры гидромотора, Па;

Q_d , Q_T – соответственно, действительный и теоретический расход жидкости, подаваемой в гидромотор, $\text{м}^3/\text{с}$;

η_o – объемный КПД гидромотора.

Фактическая мощность N (Вт), развиваемая гидромотором, может быть определена по формуле

$$N = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{\eta_m}, \text{ Вт}, \quad (12)$$

где M – крутящий момент, развиваемый гидромотором, Н·м;

n – частота вращения выходного вала, об/с;

η_m – механический КПД гидромотора.

Механический КПД гидромотора определяется по формуле

$$\eta_m = \frac{N}{N_T} \quad (13)$$

5 Порядок выполнения работы

- 1 По литературе и плакатам изучить устройство разных типов объемных гидромоторов.
- 2 Выяснить назначение отдельных элементов, входящих в конструкции гидромоторов.
- 3 Изучить принцип действия, назначение и область применения гидромоторов.
- 4 Изучить параметры, определяющие работу гидромоторов и формулы для их определения. Научиться определять параметры гидромоторов, пользуясь формулами.
- 5 На основе полученных сведений дать характеристику гидромотора, установленного на лабораторном стенде, установить его параметры.
- 6 Составить отчет по работе.

6 Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение и общую характеристику гидродвигателей и гидромоторов.
- 2 На какие виды делятся гидромоторы?
- 3 Расскажите об устройстве и принципе действия радиально-поршневых гидромоторов. Чем в них образована рабочая камера? Приведите схемы.
- 4 Расскажите об устройстве и принципе действия аксиально-поршневых гидромоторов. Чем в них образована рабочая камера? Приведите схемы.
- 5 Расскажите об устройстве и принципе действия лопастных гидромоторов. Чем в них образована рабочая камера? Приведите схемы.
- 6 Расскажите о назначении и области применения гидромоторов разных типов.
- 7 Чем отличаются радиально-поршневые гидромоторы от аксиально-поршневых?
- 8 В чем отличие аксиально-поршневых гидромоторов с наклонным диском и с наклонным блоком цилиндров?
- 9 Чем отличаются пластинчатые гидромоторы однократного и двукратного действия?
- 10 Назовите основные параметры гидромоторов, определяющие их работу.
- 11 От каких параметров зависит величина крутящего момента гидромоторов разных типов?
- 12 От каких параметров зависит частота вращения выходного вала гидромоторов разных типов?
- 13 Что такое механический и объемный КПД гидромоторов? Почему они меньше единицы? Чем определяется их величина?