

# ОБЪЕМНЫЕ ГИДРОМАШИНЫ

[Атлас конструкций гидромашин и гидропередат: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов/ Б. М. Бим-Бад, М.Г. Кабаков, С.П. Стесин. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 135 с]

# КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОМАШИНАХ

- Гидравлические машины предназначены для преобразования различных видов механической энергии в энергию потока жидкости.
- По принципу преобразования энергии гидромашины делят на объемные и динамические.
- На базе объемных гидромашин (ОГМ) выполняют объемные гидропередачи и системы объемных гидроприводов (ОГП).

- Применение ОГМ позволяет: повысить удельные показатели привода, осуществить плавное регулирование скорости выходного звена ОГП, упростить процесс реверсирования, наиболее рационально расположить силовые элементы привода при компоновке агрегатов. Благодаря этим качествам ОГМ получили широкое распространение в различных областях машиностроения.
- Наиболее крупными потребителями объемных гидромашин являются: строительное и дорожное машиностроение, сельскохозяйственное машиностроение, станкостроение. Системы ОГМ применяются также в автомобилестроении, в приводах горных машин и других отраслях народного хозяйства.



# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОМАШИН

- Объемными называют гидромашины, принцип действия которых основан на попеременном заполнении жидкостью и опорожнении ограниченных пространств (далее рабочих камер), периодически сообщаемых с местами входа и выхода рабочей жидкости.

- При работе объемных гидромашин изменение энергии жидкости происходит в основном за счет гидростатической составляющей полного напора, что приводит к значительной (десятки МПа) разнице давлений во входящем и выходящем потоках.

- К классу ОГМ относят гидронасосы – генераторы энергии потока жидкости и гидродвигатели – потребители энергии.
- Объемные гидродвигатели с возвратно-поступательным движением выходного звена называются *гидроцилиндрами*, а с неограниченным вращательным движением выходного звена – *гидромоторами*.
- ОГМ, допускающие эксплуатацию, как в режиме насоса, так и в режиме гидромотора, называются *насосами-моторами*.



- Рабочие камеры ОГМ образуются различными конструктивными парами, например: поршень – цилиндр, зуб – впадина, смежные витки винтовых поверхностей и другие.
- При увеличении объема рабочих камер у насосов осуществляется процесс всасывания, а у гидродвигателей – нагнетания. При уменьшении объема происходит процесс нагнетания у насосов и слива у гидродвигателей.
- Попеременное увеличение и уменьшение объема рабочих камер, а также их замыкание и перенос в пространстве составляют полный рабочий цикл ОГМ.
- Если за один оборот вала гидромашины в каждой рабочей камере осуществляется несколько рабочих циклов, то такая ОГМ называется *гидромашиной многократного действия*.

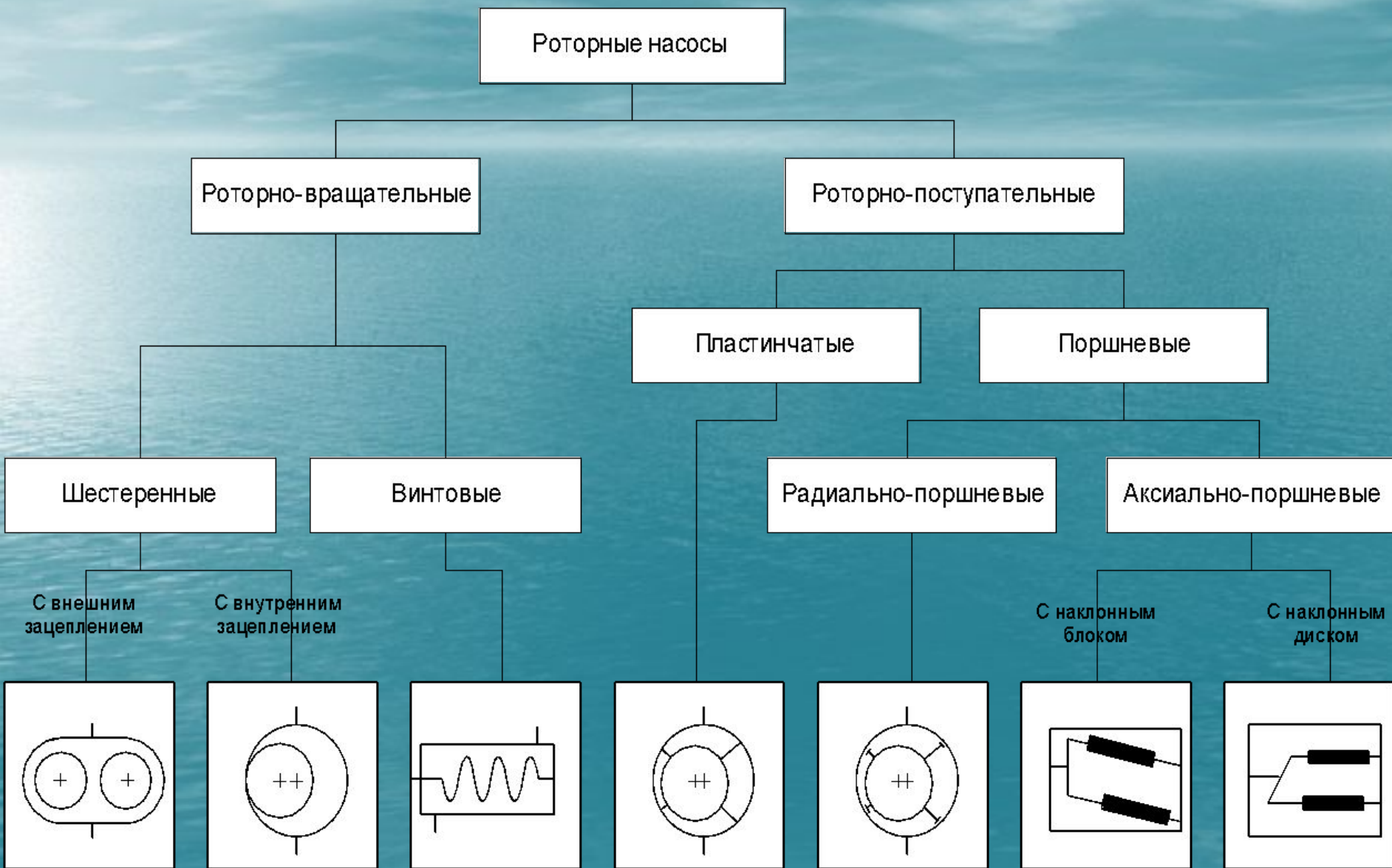
- Процессы всасывания и нагнетания рабочей жидкости осуществляются с помощью распределительных устройств, обеспечивающих соединение рабочих камер с магистралями гидросистемы.
- В ОГМ применяются три типа распределительных устройств: клапанные, клапанно-щелевые и золотниковые. Некоторые ОГМ, такие, как винтовые и шестеренные, не имеют распределительных устройств.



- Тип распределителя определяет возможность реверсирования ОГМ, т.е. возможность изменения направления движения потока при постоянном направлении вращения входного звена для насоса или возможность изменения направления вращения выходного звена гидромотора при постоянном направлении потока. Как правило, реверсивные ОГМ бывают регулируемы, т.е. в процессе эксплуатации можно изменять величину рабочего объема гидромашин и тем самым управлять характеристиками ОГМ.
- Регулируемость, реверсивность и обратимость гидромашин являются важными эксплуатационными характеристиками.

- Наиболее широко в приводах мобильных машин применяют ОГМ, у которых детали рабочей камеры (звенья) совершают простое или сложное вращательное движение. Такие ОГМ называют роторными. Их упрощенная классификация на примере роторных насосов приведена на рис. 1. Принадлежность гидромашин к той или иной классификационной группе определяется формой рабочих звеньев, их кинематикой и конструктивными особенностями машины.

# Классификация роторных насосов





- К группе *роторно-вращательных ОГМ* относятся гидромашины, у которых рабочие камеры совершают только вращательное движение. Эта группа объединяет шестеренные и винтовые ОГМ.
- Шестеренные гидромашины выполняются на базе двух или нескольких зубчатых колес с внешним либо внутренним зацеплением.
- У винтовых гидромашин рабочие камеры образуются винтовыми поверхностями и корпусом. В зависимости от числа винтов, входящих в конструкцию, различают одно-, двух- и многовинтовые ОГМ.

- К группе *роторно-поступательных ОГМ* относятся гидромашины, у которых подвижные рабочие звенья совершают сложное движение: вращательное и возвратно-поступательное. Рабочие звенья могут иметь форму пластин или поршней (пластинчатые или поршневые гидромашины соответственно).
- Если в конструкции ОГМ оси поршней располагаются перпендикулярно к оси блока цилиндров, гидромашину относят к группе радиально-поршневых.
- Если же оси поршней параллельны оси блока цилиндров или составляют с ней угол не более  $45^\circ$ , то такие ОГМ называют аксиально-поршневыми. Аксиально-поршневые гидромашины выполняются по двум основным схемам: с наклонным диском или с наклонным блоком цилиндров. В первом случае оси блока цилиндров и вала насоса лежат на одной прямой, а во втором – образуют ломаную линию.

- В некоторых ОГМ рабочие камеры располагаются в нескольких параллельных плоскостях, перпендикулярных оси вала. Такие гидромашины называются многорядными.



# ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГМ

- Показатели работы ОГМ можно разделить на внешние – крутящий момент  $M$ , частота вращения  $\omega$ , мощность входного или выходного звена гидромашины  $N = M\omega$  и внутренние – давление в линии нагнетания  $p_1$ , давление в линии всасывания (слива)  $p_2$ , объемная подача  $Q$  и мощность потока

$$N_{\text{п}} = Q\Delta p$$

где

$$\Delta p := p_1 - p_2$$

- Соотношение мощностей  $N$  и  $N_p$  определяет величину потерь энергии и КПД гидромашины

$$\eta = \eta_0 \eta_{г.мех}$$

где  $\eta_0$  и  $\eta_{г.мех}$  – соответственно объемный и гидромеханический КПД.

- Связи между внешними и внутренними показателями гидромашины устанавливаются с помощью характерного объема  $w$ , под которым понимается суммарное увеличение объемов рабочих камер, приходящееся на один радиан угла поворота вала гидромашины.



- Для насоса:

$$Q = c w \omega \eta_0, \quad M = \Delta p w c / \eta_{\text{мех}},$$

$$N = \Delta p Q / \eta, \quad \eta = Q \Delta p / (M \omega)$$

- Для гидромотора:

$$\omega = Q\eta_0 / (c\omega), \quad M = c\omega\Delta p\eta_{г.мех},$$

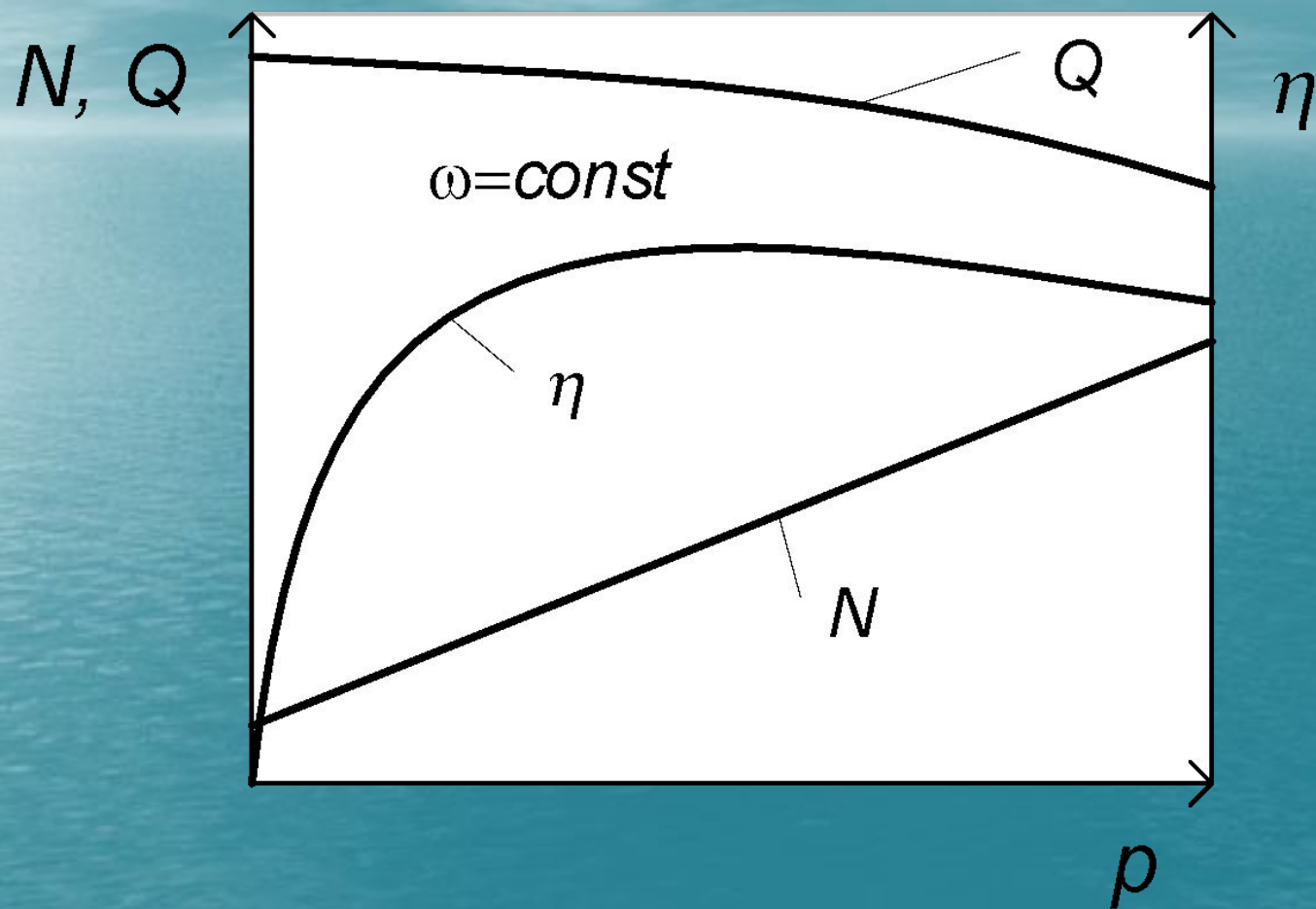
$$N = Q\Delta p / \eta, \quad \eta = M\omega / (Q\Delta p)$$

$c$  – параметр регулирования – отношение текущего значения характерного объема к максимальному.

- Для регулируемого реверсивного насоса  $-1 < c < 1$ .
- Для регулируемого нереверсивного гидромотора  $c_{\min} \leq c \leq 1$ .
- При  $c < c_{\min}$  гидромотор превращается в самотормозящую систему.
- Типовые графики основных характеристик работы ОГМ показаны на рис. 2 и 3.

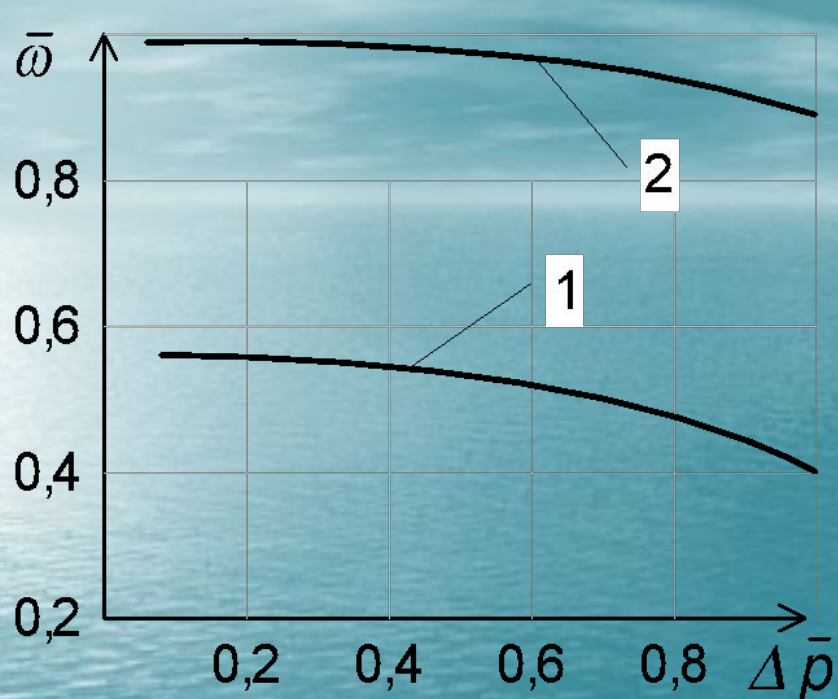


Рис. 2. Типовая характеристика объемного насоса:

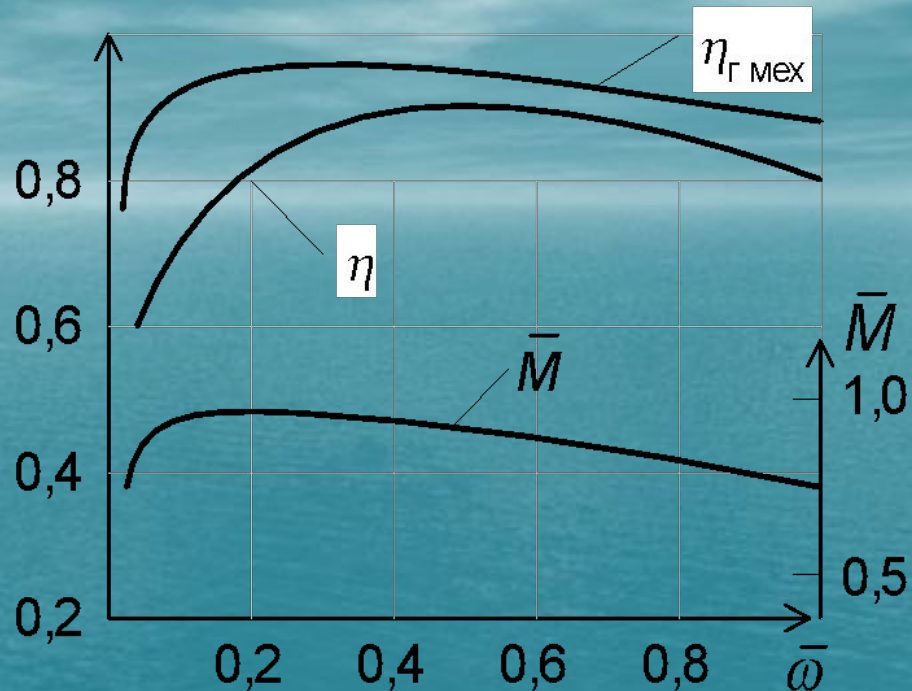


$Q$  – подача;  $N$  – мощность;  $\eta$  – КПД насоса;  $p$  – давление в линии нагнетания;  $\omega$  – частота вращения вала насоса

# Рис. 3. Типовые относительные характеристики объемного гидромотора:



а)



б)

а – зависимость частоты вращения вала от перепада давления: 1 – для  $Q=0,5Q_{\text{НОМ}}$ ; 2 – для  $Q = Q_{\text{НОМ}}$ ;  
б – зависимость крутящего момента и КПД от частоты вращения вала при  $\Delta p = 0,5 \Delta p_{\text{НОМ}}$ .

Здесь  $\bar{\omega} = \omega / \omega_{\text{НОМ}}$  — относительная частота вращения вала;

$\bar{M} = M / M_{\text{НОМ}}$  — относительный крутящий момент;

$\bar{\Delta p} = \Delta p / \Delta p_{\text{НОМ}}$  — относительный перепад давления;

$\eta$  — КПД гидромотора.



- Наряду с характерным объемом используется понятие рабочий объем

$$q = w2\pi$$

- Рабочий объем приблизительно равен подаче насоса, приходящейся на один оборот вала, и зависит только от конструктивных особенностей ОГМ.

Для однорядных гидромашин  $q$   
рассчитывается по одной из следующих  
зависимостей:

аксиально-поршневые ОГМ

$$q = z \frac{\pi d^2}{4} D_{oc} \operatorname{tg} \gamma$$

кулачковые и роторные радиально-  
поршневые ОГМ однократного действия

$$q = z \frac{\pi d^2}{4} 2e$$

роторные радиально-поршневые ОГМ  
многократного действия

$$q = z \frac{\pi d^2}{4} (R - r) k$$

пластинчатые ОГМ однократного  
действия

$$q = 2be \left( 2\pi R - \frac{zS}{\cos \alpha} \right)$$



пластинчатые ОГМ двукратного действия

$$q = 2b \left[ \pi (R^2 - r^2) - \frac{zS(R - r)}{\cos \alpha} \right]$$

шестеренные гидромашины

$$q = 2\pi D b m$$

При расчете рабочего объема многорядных ОГМ значения  $q$ , полученные по приведенным зависимостям, умножают на число рядов.

Здесь  $z$  – число поршней (пластин);  $d$  – диаметр поршня;  $D_{oc}$  – диаметр расположения осей цилиндров в блоке;  $\gamma$  – угол наклона блока цилиндров (диска);  $e$  – эксцентриситет;  $R$  и  $r$  – максимальный и минимальный радиусы профиля внутренней направляющей поверхности статора;  $k$  – кратность действия ОГМ;  $b$  – ширина пластины (зубчатого колеса);  $S$  – толщина пластины;  $\alpha$  – угол наклона пластины к радиальному направлению;  $D$  и  $m$  – диаметр начальной окружности и модуль зубчатого колеса.

# МАТЕРИАЛЫ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ОБЪЕМНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАШИН И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Корпуса объемных гидромашин --  
Алюминиевые сплавы АЛ9, АЛ4; чугуны  
ВЧ42–12, СЧ21

Валы, оси, втулки, зубчатые колеса,  
крышки уплотнений -- Стали 45, 40Х,  
37ХНЗА, 18ХГТ, 38ХМЮА

Статоры радиально-поршневых и  
пластинчатых гидромашин -- Стали  
60ХГ, ШХ15, 12ХНЗА, 18ХГТ



Пластины пластинчатых насосов -- Стали  
X18H9T, ХВГ, Р18

Поршни радиально-поршневых гидромашин,  
траверсы, роторы пластинчатых гидромашин  
-- Стали ШХ15, ХВГ, 20Х, 40Х

Блоки цилиндров аксиально-поршневых  
гидромашин --Стали 9ХС, 12ХНЗА, Х12Ф1;  
БрОСН10-2-3, БрО12

Поршни и плунжеры аксиально-поршневых  
гидромашин -- Стали ШХ15, 12ХНЗА, 37ХНЗА,  
38ХМЮА, 3МФА; БрА10Ж4Н4Л

Торцовые распределители -- Сталь  
39ХМ1А;6рО12, БрОСН10-2-3

Шатуны, центральные шипы аксиально-  
поршневых гидромашин -- Стали 20ХНЗА,  
36Х2Н2МФА, 40Х, 30ХЗМФА

Корпусные детали гидродинамических передач  
-- Чугун СЧ21. алюминиевый сплав АЛ9

Колеса гидродинамических передач --  
Алюминиевые сплавы АЛ4, АЛ9. Сталь 08

Детали обгонного механизма (звездочка, обойма, ролики) -- Стали 20Х, ШХ15, 60ХГ

Пружины -- Сталь 65Г

Уплотнения подвижных соединений и сопряженных деталей гидромашин -- Чугун СЧ18 Резины В-14, 93-1 ИРПГ054, ИРП1314, фторопласты Ф-3,Ф-4

Прокладки для уплотнения фланцевых и других неподвижных соединений -- Паронит, резина техническая листовая, картон, фибра.