

Лабораторная работа №2

Изучение конструкции шестеренного насоса

1 Цель работы

Изучить назначение, принцип действия и конструкцию шестеренного насоса, ознакомиться с основными параметрами его работы, научиться определять основные параметры шестеренного насоса.

2 Содержание работы

1 Ознакомиться с конструкцией, принципом действия и назначением шестеренного насоса.

2 Ознакомиться с основными параметрами насоса, характеризующими его работу.

3 Научиться производить расчет параметров насоса.

3 Оборудование

1 Насос шестеренный НШ.

2 Плакаты.

4 Общие сведения

Насосы преобразуют механическую энергию движения ведущего звена (вала) в энергию движения потока жидкости и предназначены для нагнетания (подачи) жидкости, например, подачи масла в гидросистемы машин. В насосе рабочий процесс основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении ее из рабочей камеры вытеснителями в результате чего создается поток жидкости, а сама жидкость получает приращение энергии.

Рабочая камера насоса представляет собой замкнутое пространство, попеременно сообщающееся со всасывающей и напорной полостями. При сообщении рабочей камеры с всасывающей полостью ее объем непрерывно увеличивается, что приводит к притоку в нее жидкости, при сообщении с напорной полостью ее объем уменьшается, в результате чего жидкость вытесняется в напорную линию. Т.о., рабочий процесс насоса складывается из трех этапов: заполнение рабочих камер жидкостью, замыкание (изоляция) рабочих камер и их перенос, вытеснение жидкости

из рабочих камер. Изменение объема рабочих камер происходит вследствие перемещения их и вытеснителей.

Под рабочей камерой понимается ограниченное пространство внутри насоса, периодически изменяющее свой объем и попеременно сообщающееся с местами входа и выхода жидкости. Под вытеснителем понимается рабочий орган насоса, непосредственно совершающий работу вытеснения. Шестеренный насос, как и большинство роторных, обычно состоит из неподвижного статора, вращающегося ротора, жестко связанного с валом насоса, и вытеснителей.

Роторно-вращательные объемные гидравлические насосы, в которых рабочая жидкость из всасывающей в напорную полость перемещаются вращающимися и находящимися в зацеплении шестернями, называются шестеренными; они просты по конструкции и достаточно надежны в работе. Рабочими органами шестеренного насоса являются две (реже три) находящиеся в зацеплении шестерни.

Схема действия шестеренного насоса распространенного типа показана на рисунке 1.

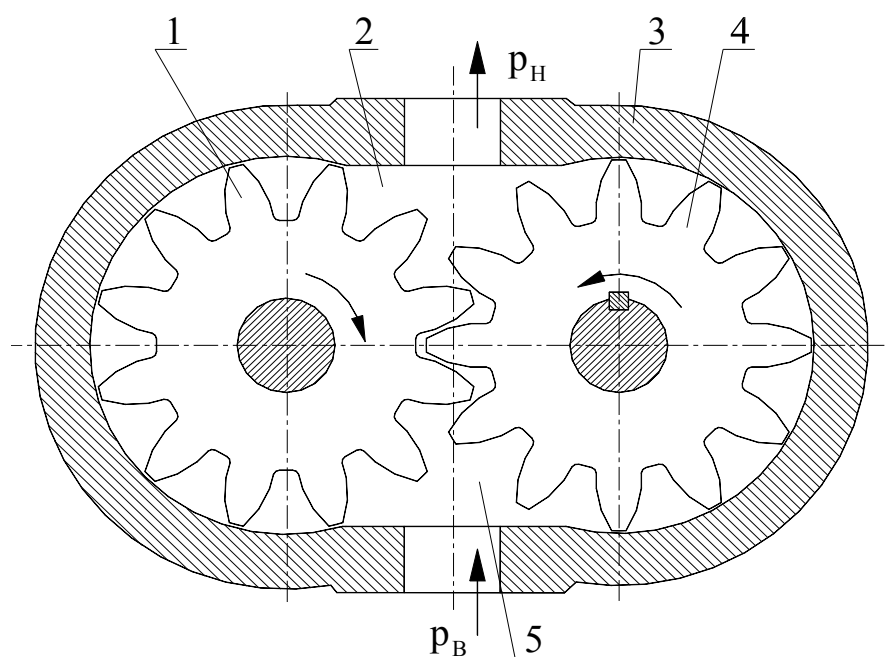


Рисунок 1 - Схема шестеренного насоса

Корпус 3 является статором. В корпусе 3, в расточках, с небольшими торцевыми и радиальными зазорами размещены две зубчатые шестерни 1 и 4, находящиеся между собой в зацеплении и свободно вращающимися на подшипниках, которые представляют собой ротор. Одна шестерня насоса (ведущая) приводится во вращение от вала двигателя. При вращении шестерен 1 и 4 в направлении, указанном стрелками, зубья выходят из зацепления, вследствие чего во впадинах зубьев образуется разрежение p_B и жидкость засасывается во всасывающую полость (камеру) 5, попадает во

впадины между зубьями и переносятся во впадинах в нагнетательную полость (камеру) 2, где зубья входят в зацепление и жидкость из впадин давлением p_H выдавливается в нагнетательную магистраль. Рабочие камеры ограничены профилями впадин зубьев, поверхностями статора и боковых дисков.

В случае когда профиль зубьев выполнен по эвольвенте с углом профиля основной рейки 20^0 , можно считать объем зубьев равен объему впадин. Учитывая это, можно сказать, что каждая шестерня за один оборот переносит из полости всасывания в полость нагнетания объем, равный половине объема кольца, имеющего наружный диаметр, равный диаметру окружности выступов шестерни и внутренний диаметр, равный диаметру делительной окружности, а ширину равную ширине шестерни (рисунок 3). А так как насос имеет две шестерни, то полный объем рабочей жидкости окажется равным объему целого кольца.

Равномерность подачи жидкости шестерным насосом зависит от числа зубьев шестерни и угла зацепления. Чем больше зубьев, тем меньше неравномерность подачи, однако при этом уменьшается производительность насоса. Для устранения зацемявления жидкости в зоне контакта зубьев шестерен в боковых стенках корпуса насоса выполнены разгрузочные канавки, через которые жидкость отводится в одну из полостей насоса.

Шестеренный насос в разобранном состоянии представлен на рисунке 2. Шестеренный насос состоит из корпуса 8, выполненного из алюминиевого сплава, внутри которого установлены подшипниковый блок 2 с ведущей 1 и ведомой 3 шестернями и уплотняющий блок 5, представляющий собой другую половину подшипника. Для радиального уплотнения шестерен в центральной части уплотняющего блока имеются две сегментные поверхности, охватывающие с установленным зазором зубья шестерен. Для торцевого уплотнения шестерен служат две поджимные пластины 7, устанавливаемые в специальные пазы уплотняющего блока с обеих сторон шестерен. В поджимных пластинах и в левой части уплотняющего блока есть фигурные углубления под резиновые прокладки 6. Давлением жидкости из полости нагнетания пластины 7 прижимаются к торцам шестерен, благодаря чему автоматически компенсируется зазор, а утечки остаются практически одинаковыми при любом рабочем давлении насоса. Ведущая и ведомая шестерни выполнены заодно с цапфами, опирающимися на подшипники скольжения подшипникового и уплотняющего блоков. Одна из цапф ведущей шестерни имеет шлицы для соединения с валом приводящего двигателя. Насос закрывается крышкой 4 с уплотнительным резиновым кольцом 9. Приводной вал насоса уплотнен резиновой манжетой, закрепленной специальными кольцами в корпусе насоса.

Шестеренные машины являются обратимыми, т.е. могут быть использованы и как гидромоторы и как насосы.

Благодаря простоте конструкции шестеренные насосы получили широкое распространение для питания гидроприводов небольшой мощности, для подачи смазки, для питания систем управления. Шестеренные насосы отличаются компактностью, малым количеством подвижных деталей, надежностью в работе.

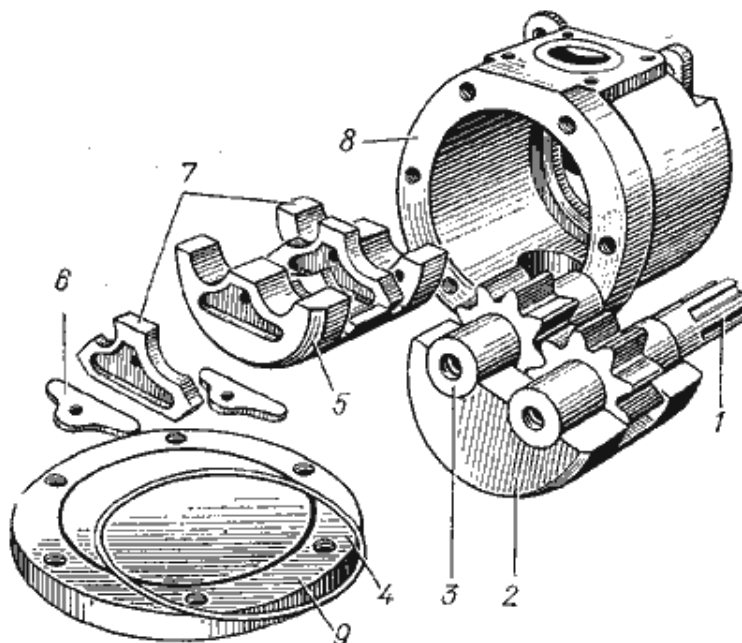


Рисунок 2 - Шестеренный насос НШ-К и его составные элементы

Основной характеристикой насоса является его рабочий объем, т.е. суммарный объем рабочих камер. За один оборот в гидравлическую систему поступает объем масла, равный рабочему объему насоса.

Для шестеренного насоса рабочей камерой является впадина зуба шестерни. Можно принять, что объем зуба равен объему впадины, а общий объем впадин, переносящих масло, для двух шестерен равен числу зубьев одной шестерни, т.е. принимается, что в переносе масла участвует половина впадин каждой шестерни.

Агрегат, состоящий из насоса и приводящего двигателя, соединенные друг с другом называют насосным агрегатом.

Работа всех насоса характеризуется их производительностью, напором, мощностью и КПД.

Производительность (подача) - количество жидкости, подаваемое насосом в систему в единицу времени. Обозначается буквой Q и имеет размерность м³/с или л/мин.

Напор – приращение удельной механической энергии жидкости, которую ей сообщает насос. Обозначается буквой H и имеет размерность (м). Зная напор, можно найти давление p (Па), создаваемое насосом:

$$p = \rho \cdot g \cdot H, \text{ Па} \quad (1)$$

где ρ - плотность жидкости, кг/м^3 ;
 g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Гидравлическая (полезная) мощность насоса – энергия, сообщаемая потоку жидкости, прошедшему через насос в течение одной секунды. Определяется по формуле:

$$N = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q = \rho \cdot Q \cdot H, \text{ Вт} \quad (2)$$

Коэффициент полезного действия насоса. Работа любой гидравлической машины характеризуется потерями энергии на гидравлическое, механическое трение, и часть энергии затрачивается на протекание жидкости из полости высокого давления в полость всасывания за счет невозможности их полной герметизации.

Таким образом, полный КПД насоса можно определить так:

$$\eta = \eta_0 \cdot \eta_g \cdot \eta_m \quad (3)$$

где η_0 - объемный КПД, учитывающий утечки;
 η_g - гидравлический КПД, учитывающий потери напора за счет гидравлического трения;
 η_m - механический КПД, учитывающий потери на механическое трение.

Производительность насоса зависит от его рабочего объема. Рабочий объем определяется как объем кольца со средним диаметром, равным диаметру начальной окружности D_H шестерни, толщиной, равной высоте двух головок зуба $2h$ и шириной b венца шестерен (рисунок 2).

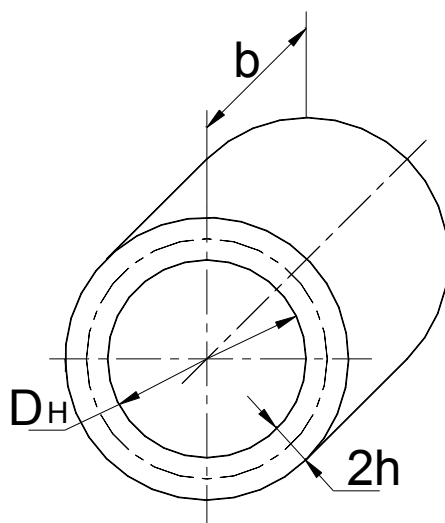


Рисунок 3 – Схема рабочего объема насоса.

Размеры шестерен выражаются через модуль:
- диаметр начальной окружности:

$$D_H = mz, \text{ м} \quad (4)$$

- высота зуба:

$$2h = 2m, \text{ м} \quad (5)$$

где m – модуль в м;
 z – число зубьев шестерни.

Рабочий объем шестеренного насоса будет равен:

$$V_0 = \pi \cdot D_H \cdot 2h \cdot b = 2 \cdot \pi \cdot m^2 \cdot z \cdot b, \text{ м}^3 \quad (6)$$

где D_H – диаметр начальной окружности, м;
 b – ширина венца шестерни, м.

Обычно рабочий объем шестеренного насоса (подача насоса за один оборот приводного вала) указывается в обозначении марки насоса. Например, обозначение шестеренного насоса НШ – 10 означает, что его рабочий объем равен 10 см^3 , а для НШ - 67 и НШ - 100, соответственно 67 и 100 см^3 .

Объемная подача насоса Q ($\text{м}^3/\text{с}$) зависит от геометрических размеров насоса и скорости его рабочих органов, то есть от частоты вращения шестерен насоса. Идеальной подачей насоса называется подача в единицу времени несжимаемой жидкости при отсутствии утечек:

$$Q = V_0 \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot m^2 \cdot z \cdot b \cdot n, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (7)$$

где n – частота вращения приводного вала насоса, с^{-1}

Действительная подача насоса меньше идеальной вследствие утечек через зазоры (при условии несжимаемости жидкости):

$$Q_d = Q - q_y, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (8)$$

где q_y - расход утечек, $\text{м}^3/\text{с}$;

Объемный КПД насоса равен:

$$\eta_0 = \frac{Q_d}{Q}. \quad (9)$$

Для шестеренного насоса объемный КПД равен 0,75...0,9.

При практических расчетах объемную подачу (расход) можно рассчитывать по формуле:

$$Q_d = V_0 \cdot n \cdot \eta_0 = \eta_0 \cdot 2 \cdot \pi \cdot m^2 \cdot z \cdot b \cdot n, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (10)$$

где: η_0 - объемный кпд насоса;
 m – модуль зацепления, м;
 z – число зубьев шестерен;
 b – ширина шестерен, м;
 n – частота вращения шестерен, об/с.

5 Порядок проведения работы

1 Ознакомиться по литературе и плакатам с основными сведениями о шестеренных насосах, их устройством и принципом работы;

2 Ознакомиться с деталями конструкций насосов и их назначением; ознакомиться со способами уплотнения отдельных соединений деталей насосов.

3 Ознакомится с основными параметрами работы шестеренных насосов и формулами для их определения;

4 Исходя из обозначения марки насоса, установленного на стенде (рисунок 4), определить рабочий объем насоса.

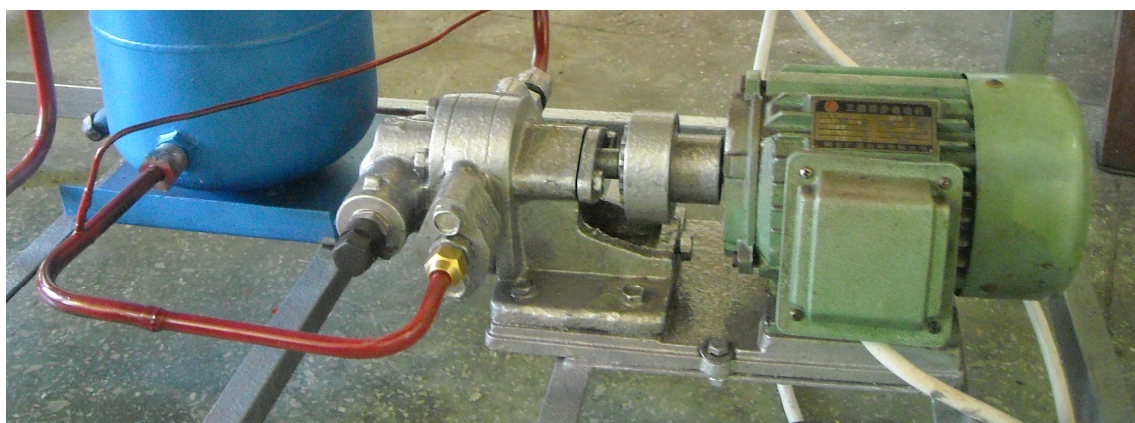


Рисунок 4 – Насос лабораторного стенда

5 Определить частоту вращения приводного вала насоса, например, по бирке на приводном электродвигателе, или тахометром.

6 По формулам (7) и (10) определить идеальную и действительную объемную подачу насоса (расход), задавшись значением объемного КПД насоса, при известной частоте вращения приводного вала.

7 Включить стенд, распределителем привести во вращение гидромотор и замерить по манометру давление на входе в гидромотор.

8 Пренебрегая потерями давления, определить по формуле (2) мощность насоса.

9 Сравнить полученную мощность насоса с мощностью приводного двигателя. Объяснить расхождение в величине мощности насоса и приводного двигателя.

10 Определить КПД насоса по формуле:

$$\eta = \frac{N}{N_d}, \quad (11)$$

где N – расчетная мощность насоса, Вт;

N_d – мощность приводного электродвигателя насоса, Вт.

11 Данные замеров и расчетов занести в таблицу 1.

12 Оформить отчет.

Таблица 1 – Результаты замеров и расчетов шестеренного насоса

Наименование параметров	Результаты замера и расчета
1 Марка насоса	
2 Рабочий объем насоса, V_0 , см ³ (м ³)	
3 Частота вращения приводного вала насоса, n , об/мин (об/с)	
4 Идеальная объемная подача насоса, Q , м ³ /с	
5 Действительная объемная подача насоса, Q_d , м ³ /с	
6 Давление в гидролинии гидромотора, p , Па	
7 Расчетная мощность насоса, N , Вт	
8 Мощность приводного электродвигателя, N_d , Вт	
9 КПД насоса	

6 Контрольные вопросы

1 Какие гидромашины называются объемными?

2 Дать определение понятия “гидравлический насос”.

3 Поясните принцип действия и конструкцию шестеренного насоса, его достоинства и недостатки и область применения.

4 Перечислите основные параметры, характеризующие работу насоса.

5 Что является вытеснителем в шестеренном насосе?

- 6 Что называется рабочим объемом насоса?
- 7 Что называется подачей насоса?
- 8 Чем образованы рабочие камеры в шестеренном насосе? Как определить число рабочих камер в шестеренном насосе?
- 9 Как определить идеальную и действительную подачи шестеренного насоса?
- 10 Почему действительная подача насоса меньше идеальной?
- 11 Чем определяется неравномерность подачи насоса?
- 12 Как изменяется неравномерность подачи насоса с увеличением числа зубьев шестерни насоса?
- 13 Что такое объемный КПД насоса? Что такое полный КПД насоса?
- 14 Какие потери учитывают гидравлический и механический КПД?
- 15 От каких параметров зависит мощность, потребляемая насосом?