

ВВЕДЕНИЕ

Насос – это гидромашина для создания потока рабочей жидкости путем преобразования механической энергии в энергию движущейся жидкости. Гидродвигатели служат для преобразования энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию выходного звена гидромашины.

По принципу действия гидромашины делятся на два класса: динамические и объемные. Преобразование энергии в динамических гидромашинах происходит при изменении количества движения жидкости. В объемных гидромашинах энергия преобразуется в результате периодического изменения объема рабочих камер, герметично отделенных друг от друга.

В объемных насосах жидкость перемещается за счет периодического изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса. Объемные гидромашины в принципе могут быть обратимы, т. е. работать как в качестве насоса, так и в качестве гидродвигателя. Однако обратимость конкретных гидромашин связана с особенностями их конструкции.

В современной технике применяется много разновидностей гидромашин. Наибольшее распространение получили объемные и лопастные насосы и гидродвигатели.

В настоящее время широкое распространение в машиностроении получили пластинчатые насосы.

Пластинчатая гидромашина (шиберная, коловратная гидромашина) — роторная объёмная гидромашина, вытеснителями в которой являются две и более пластин (шиберов).

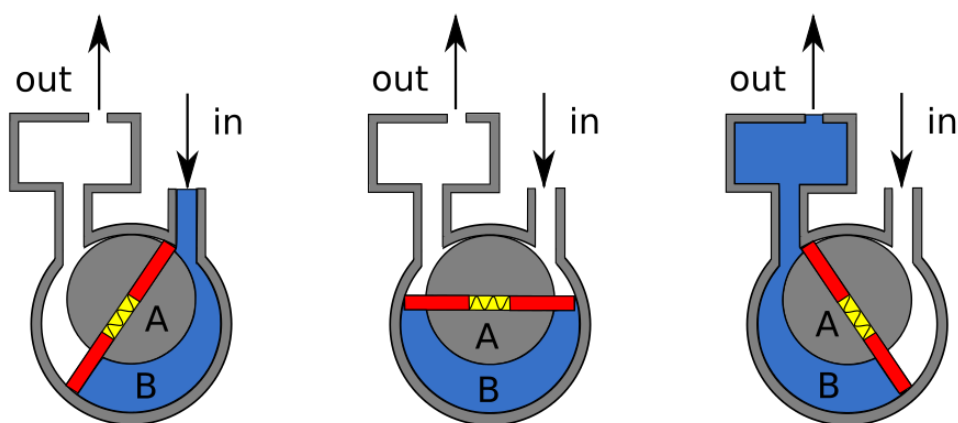


Рисунок 1 – Пластинчатая гидромашина с двумя пластинами

1 Описание конструкции и принципа действия гидромашины

Устройство однопоточного насоса на давление 16 МПа показано на рис. 1. В корпусе 1 и крышке 2 установлен рабочий комплект, состоящий из статора 3, ротора 4, пластин 5, диска с шейкой 6, диска плоского 7. Вал 8 со шпонкой 11 свободно вращается в подшипниках 9 и 10. В крышке расположено всасывающее отверстие Б, в корпусе – нагнетательное. Двухпоточный насос объединяет два однопоточных насоса. В корпусных деталях установлены рабочие комплекты двух однопоточных насосов. Двухпоточный насос имеет общее всасывающее отверстие. Нагнетание происходит двумя независимыми потоками.

Принцип действия однопоточных и двухпоточных насосов одинаков. При вращении вала пластины перемещаются в пазах ротора в соответствии с профилем внутренней поверхности статора. Камера Г (между пластинами, статором и ротором) во время соединения с каналами всасывания увеличивает свой объем и заполняется рабочей жидкостью, поступающей из магистрали всасывания, а во время соединения с каналами нагнетания уменьшает свой объем, вытесняя рабочую жидкость в магистраль нагнетания.

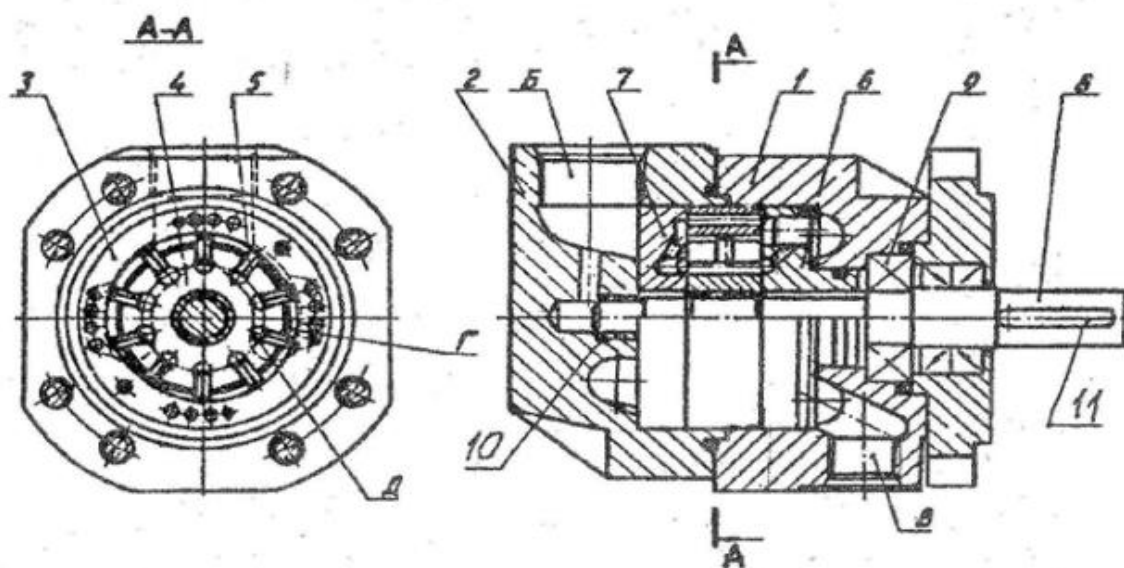


Рисунок 2 – Устройство и принцип работы насоса НПЛ

Гидравлической машиной (гидромашиной) называется машина, предназначенная для преобразования механической энергии в энергию движущейся жидкости или наоборот. В зависимости от вида преобразования энергий гидромашины делятся на насосы и гидродвигатели.

2 Профилирование статорного кольца

Рабочий объём насоса, выполненного по схеме, когда в подаче участвуют пластины, определяется, как:

$$V_0 = 2 \cdot \pi \cdot B \cdot (R - r_0) \cdot (R + r_0), \quad (2.1)$$

где V_0 – рабочий объём насоса, см³/об;

R – больший радиус профиля, см;

r_0 – меньший радиус профиля статора, см;

B – ширина ротора, см.

Для устранения возможности отрыва пластин от статора и исходя из опыта использования насосов данного типа, задаёмся следующими соотношениями:

$$K_1 \leq 1,27 = \frac{R}{r_0};$$

$$K_2 = 1,25 \dots 2,5 = \frac{R}{B}. \quad (2.2)$$

Принимаем $K_1=1,05$, $K_2=1,5$.

Подставляя выбранные конструктивные параметры и соотношения в формулу (1), решаем полученное уравнение относительно R .

$$R = \sqrt[3]{\frac{V_0 \cdot K_2}{2 \cdot \pi \cdot \left(1 - \frac{1}{K_1^2}\right)}} = \sqrt[3]{\frac{80 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot \left(1 - \frac{1}{1,25^2}\right)}} = 5,9 \text{ см} = 59 \text{ мм}.$$

Таким образом, получаем:

$$r_0 = \frac{R}{K_1},$$

$$r_0 = \frac{5,9}{1,05} = 5,6 \text{ см} = 56 \text{ мм}.$$

Ширину ротора определяем согласно формуле:

$$B = \frac{V_0}{2 \cdot \pi \cdot (R^2 - r_0^2)} = \frac{80}{2 \cdot 3,14 \cdot (5,9^2 - 5,6^2)} = 3,7 \text{ см}.$$

Проверка:

$$V_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,7 \cdot (5,9 - 5,6) \cdot (5,9 + 5,6) = 80,2 \text{ см}^3.$$

Проверка по формулам (2.1):

$$K_1 = \frac{5,9}{5,6} = 1,053,$$

$$K_2 = \frac{5,9}{3,7} = 1,594.$$

Рабочий объем насоса по выражению (1.1) не превышает 5%, а также выполняется условие возможности отрыва пластин от статора по выражению (2.1).

Угол α , внутри которого расположена кривая профиля статора определяется как:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \varepsilon.$$

Угол, соответствующий уплотняющим перемычкам:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \beta + K_\beta, \\ K_\beta &= 4^\circ \dots 8^\circ.\end{aligned}$$

Принимаем $K_\beta = 6^\circ$.

Угол, на котором расположены пластины:

$$\beta = \frac{2 \cdot \pi}{z},$$

где z – количество пластин (4...16), принимаем $z=10$.

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{2 \cdot 180}{10} = 36^\circ, \\ \varepsilon &= 36 + 6 = 42^\circ, \\ \alpha &= \frac{\pi}{2} - \varepsilon = \frac{180}{2} - 42 = 48^\circ.\end{aligned}$$

Уравнение кривой статора имеет вид:

– при $0 \leq \varphi < \alpha/2$,

$$\rho = r_0 + \frac{2 \cdot (R - r_0)}{\alpha^2} \cdot \varphi^2;$$

– при $\alpha/2 \leq \varphi < \alpha$,

$$\rho = 2 \cdot r_0 - R + \frac{4 \cdot (R - r_0)}{\alpha} \cdot \left(\varphi \cdot \frac{\varphi^2}{2 \cdot \alpha} \right).$$

Строим эскиз профиля статора рисунок 2.1, расчетные данные сводим в табл. 1.

Таблица 1 – Профилирование статорного кольца.

φ , град	0	4	8	12	16	20	24	48
φ/α	0	0,083	0,167	0,25	0,333	0,417	0,5	1
$(\varphi/\alpha)^2$	0	0,0069	0,028	0,063	0,111	0,174	0,25	1
$0,5 \cdot (\varphi/\alpha)^2$	0	0,0035	0,014	0,031	0,056	0,087	0,125	0,5
ρ , мм	56	56,04	56,16	56,37	57,66	57,04	57,5	59

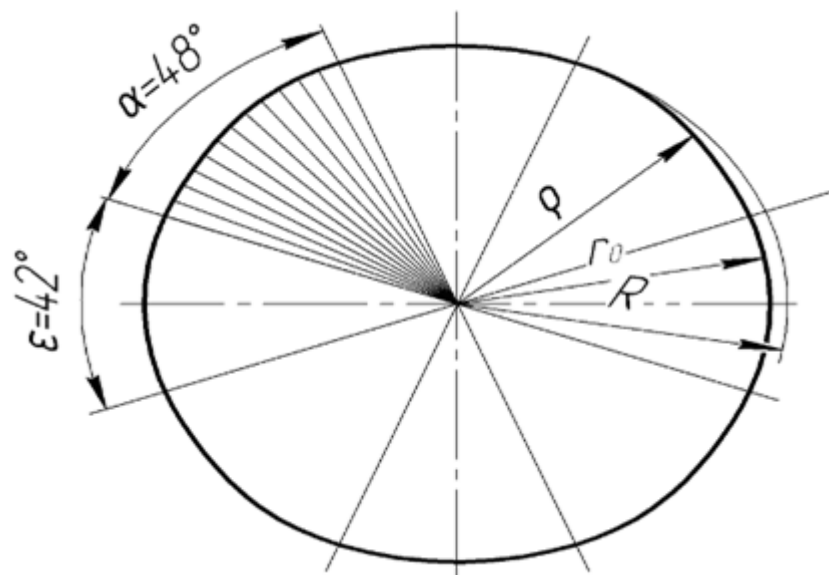


Рисунок 2.1 – Эскиз статорного кольца

3 Расчет геометрии пластин

3.1 Расчет длины пластин

Прижатие пластин только за счет центробежной силы возможно при условии:

$$R - r_0 \leq \frac{\frac{\alpha^2}{4} \cdot \left(r_0 - \frac{l}{2}\right)}{k_{\text{э}}}, \quad (3.1)$$

где $k_{\text{э}}$ – коэффициент, учитывающий силу трения пластин в пазу, определяемый экспериментально ($k_{\text{э}} \geq 2$);

R – больший радиус профиля, мм;

r_0 – меньший радиус, профиля статора, мм;

l – длина пластины, мм.

Согласно (2.1) находим:

$$\begin{aligned} l &\leq 2 \cdot \left(r_0 - \frac{4 \cdot k_{\text{э}} \cdot (R - r_0)}{\alpha^2} \right), \\ l &\leq 2 \cdot \left(56 - \frac{4 \cdot 2 \cdot (59 - 56)}{0,838^2} \right), \\ l &\leq 43,5 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Принимая зазор между поверхностью статора и ротора, получаем, что радиус ротора равен:

$$r_p = r_0 - 1 = 55.$$

Тогда наибольшая длина выступающей из ротора пластины равна:

$$\begin{aligned} l_1 &= R - r_p, \\ l_1 &= 59 - 55 = 4 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Так как для нормальной работы насоса необходимо обеспечить:

$$\frac{l_1}{l_2} \leq 0,89,$$

где l_2 – наименьшая длина части пластины, находящейся в пазе ротора, то:

$$\begin{aligned} l_2 &\geq \frac{l_1}{0,89}, \\ l_2 &\geq \frac{4}{0,89} = 4,5 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Окончательно принимаем $l=10$, и определяем:

$$l_2 = l - l_1 = 10 - 4 = 6 \text{ мм.}$$

Проверяем условие:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{4}{6} \leq 0,89.$$

Условие выполняется.

3.2 Расчет угла наклона пластин

Максимальный допустимый угол наклона пластин по отношению к радиусу R :

$$\zeta = \frac{1}{2} \arctg \left(\frac{4}{\alpha} \cdot \frac{R - r_0}{R + r_0} \right), \quad (2.3)$$

$$\zeta = \frac{1}{2} \arctg \left(\frac{4}{0,838} \cdot \frac{59 - 56}{59 + 56} \right) = 0,061 \text{ рад} = 3,55^\circ.$$

При этом угол θ наклона пластин относительно радиуса ротора связан с ζ , как:

$$\sin \zeta = \frac{r_p}{R} \cdot \sin \theta$$

Принимаем $\theta = 4^\circ, \zeta = 3,55^\circ$:

$$\zeta = \arcsin \left(\frac{r_p}{R} \cdot \sin \theta \right),$$

$$\zeta = \arcsin \left(\frac{55}{59} \cdot \sin \theta \right) = 0,065 \text{ рад} = 3,72^\circ.$$

Надежность работы пластин в смысле предотвращения заклинивания тогда определяется как:

$$K = \frac{\operatorname{tg} 22^\circ}{\operatorname{tg} \zeta}, \quad (2.5)$$

$$K = \frac{\operatorname{tg} 22^\circ}{\operatorname{tg} 3,72^\circ} = \frac{0,404}{0,065} = 6,2.$$

3.3 Расчет угла скоса верхней кромки пластины

Угол скоса верхней кромки пластины:

$$\lambda = \arctg \left(\frac{4}{\alpha} \cdot \frac{R - r_0}{R + r_0} \right) - \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{b}{R + r_0} + \Delta v \quad (2.6)$$

где Δv – запас по углу, Δv должен быть не менее 10° ,

b – толщина пластины, принимаем $b = 1,5$ мм,

$$\lambda = \arctg \left(\frac{4}{0,838} \cdot \frac{59 - 56}{59 + 56} \right) - \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{1,5}{59 + 56} + 10 = 10,7^\circ.$$

Принимаем $\lambda = 20^\circ$.