

Лабораторная работа 5  
«Расчет мощности и выбор двигателя центробежного насоса  
поршневого компрессора»

**Цель работы:** Произвести расчет и выбрать двигатель для насосной установки и компрессора в соответствии с заданием и вариантом

**Теоретические сведения:**

**Насос** – машина предназначенная для сжатия и перемещения жидкостей, кислот, щелочей, густых масс по трубопроводам под давлением .

**Классификация насосов**

1. По принципу действия:

- поршневые
- центробежные.

2. Центробежные насосы делятся по конструктивному исполнению:

-консольные

- -двухстороннего всасывания;
- -глубинные вертикальные;
- - спиральные - для густой массы;
- - секционные, состоящие из секций

3. По виду перемещения жидкости:

- -насосы чистой воды;
- - грунтовые насосы;
- - мазутные насосы;
- - кислотные, изготовленные из нержавеющей стали.

4. По количеству ступеней:

- одноступенчатые;
- многоступенчатые

**Основные соотношения центробежных насосов**

1. Зависимость статической мощности на валу от скорости:

$$\frac{P1}{P2} = \frac{n_1^3}{n_2^3} = \frac{w_1^3}{w_2^3}$$

2. Зависимость напора от скорости:

$$\frac{H1}{H2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} = \frac{w_1^2}{w_2^2}$$

3. Зависимость производительности от скорости:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

Основной характеристикой центробежных насосов является зависимость производительности  $Q$  от напора  $H$ . Величина полного напора в системе складывается из статического  $H_{ст}$  и динамического  $H_{д}$  напоров:

$$H = H_{ст} + H_{д}$$

Статический напор определяется разностью уровней нагнетания и всасывания; динамический – сопротивлениями в системе трубопроводов, пропорциональными квадрату скорости жидкости или квадрату производительности насоса. Следовательно полный напор

$$H = H_{ст} + \lambda Q^2$$

При малых мощностях насосов на них обычно устанавливаются асинхронные короткозамкнутые двигатели, при больших мощностях устанавливаются как синхронные так и асинхронные двигатели.

Мощность электродвигателя для насоса, кВт,

$$P = \frac{\kappa_3 \gamma Q H}{102 \eta_n \eta_p} = \frac{\kappa_3 \gamma Q H}{1000 \eta_n \eta_p},$$

где  $\gamma$  – удельный вес жидкости (для воды  $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ ),  $Q$  – производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;  $H$  – полный напор, м (включая потери в трубопроводах);  $\eta_p$  – к. п. д. передачи в зависимости от вида передачи,  $\eta_p = 0,9 \div 0,95$ ;  $\eta_n$  – к. п. д. насоса, принимаемый для центробежных насосов в пределах  $0,45 - 0,75$ .

При подсчете мощности электродвигателя рекомендуется ввести коэффициент запаса  $\kappa_3$  в пределах от 1,1 до 1,5 - в зависимости от мощности двигателя.

### 1. Мощность электродвигателя для насоса (в кВт)

$$P = Q \cdot \gamma (H + \Delta H) / 102 \cdot \eta_H$$

где Q – расход воды, м<sup>3</sup>/сек;

$\gamma$  – удельный вес, кг/м<sup>3</sup>;

H,  $\Delta H$  – напор и потери напора, м.

### 2. Определяем потери напора $\Delta H$ .

а) Для определения потери напора в магистрали находим скорость воды, м/сек.

$$v = Q / S (\text{м/сек});$$

где S – сечение трубы, которое зависит от состояния труб

### 3. Потеря напора в магистрали

$$\Delta H_1 = a \cdot (1,1 \cdot v^{1,75} / d^{1,25}) \cdot l,$$

где a = 0,00074 для новых чугунных труб; a = 0,00092 для чугунных труб, бывших в употреблении; l – длина магистрали, м;

### б) Потери напора в коленах

$$\Delta H_2 = \xi (v^2 / 2 \cdot g),$$

где  $\xi$  – коэффициент, зависящий от отношения диаметра трубы d к радиусу его закругления R:

d/R .....	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$\xi$ .....	0,13	0,138	0,158	0,21	0,29	0,44	0,98	1,98
-------------	------	-------	-------	------	------	------	------	------

в) Потери напора в вентилях, учитывается количество вентилях  $\Delta H_3$

г) Потери напора в заслонках, учитывается количество заслонок  $\Delta H_4$

### д) Суммарные потери напора

$$H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 (\text{м})$$

### 3. Определяется мощность

### 4. Выбирается двигатель по справочнику

## Пример расчета и выбор мощности двигателя насосных установок

Насос производительностью  $Q = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$  подает воду на высоту  $H = 60 \text{ м}$ . определить мощность двигателя с учетом длины водопроводной магистрали в  $1200 \text{ м}$  с диаметром труб  $d = 135 \text{ мм}$ .

На линии установлены 4 колена, два вентиля, две заслонки. К. п. д. насоса составляет  $\eta_H = 0,81$ .

**Решение.** Мощность электродвигателя для насоса (в кВт)

$$P = Q \cdot \gamma (H + \Delta H) / 102 \cdot \eta_H$$

где  $Q$  – расход воды,  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;

$\gamma$  – удельный вес  $1 \text{ м}^3$  воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$H, \Delta H$  – напор и потери напора,  $\text{м}$ .

**Определяем потери напора  $\Delta H$ .**

а) Для определения потери напора в магистрали находим скорость воды,  $\text{м}/\text{сек}$ .

$$v = Q / S = 50 / 3600 \cdot 0,0143 = 0,97 \text{ м/сек},$$

где  $S$  – сечение трубы;  $S = 0,0143 \text{ м}^2$

**Потеря напора в магистрали**

$$\Delta H_1 = a \cdot (1,1 \cdot v^{1,75} / d^{1,25}) \cdot l,$$

где  $a = 0,00074$  для новых чугунных труб;  $a = 0,00092$  для чугунных труб, бывших в употреблении;  $l$  – длина магистрали,  $\text{м}$ ;

$$\Delta H_1 = 0,00092 \cdot (1,1 \cdot 0,97^{1,75} / 0,135^{1,25}) \cdot 1200 = 13 \text{ м}.$$

**б) Потери напора в коленах**

$$\Delta H_2 = \xi (v^2 / 2 \cdot g),$$

где  $\xi$  – коэффициент, зависящий от отношения диаметра трубы  $d$  к радиусу его закругления  $R$ :

$d/R$  ..... 0,1    0,2        0,3        0,4        0,5        0,6        0,8        1,0

$\xi$  ..... 0,13    0,138    0,158    0,21    0,29    0,44    0,98    1,98

Если принять  $R = 5 \text{ м}$ , то  $d/R = 0,27$ , отсюда  $\xi = 0,158$ .

Следовательно, для четырех колен

$$\Delta H_2 = 0,158 * (0,97^2 / 2 * 9,81) * 4 = 0,03 \text{ м}$$

Для двух вентилях  $\xi = 0,49$ , тогда

$$\Delta H_3 = 0,49 * (0,97^2 / 2 * 9,81) * 2 = 0,047 \text{ м.}$$

Для двух заслонок  $\xi = 0,063$ , откуда

$$\Delta H_4 = 0,063 * (0,97^2 / 2 * 9,81) * 2 = 0,006 \text{ м.}$$

Суммарные потери напора

$$H = 13 + 0,3 + 0,047 + 0,006 \approx 13,1 \text{ м.}$$

в) Мощность электродвигателя

$$P = 50 * 10^3 * (60 + 13,1) / 3600 * 0,81 * 102 = 12,3 \text{ кВт.}$$

Выбираем двигатель типа АО2-62-6 мощностью  $P_H = 13 \text{ кВт}$ ; скорость  $n_H = 950 \text{ об/мин}$ .

### Исходные данные для расчета двигателя

Исходные параметры	Номер варианта, согласно журнала												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15
	20	18	11	26	17	19	21	12	25	16	22	24	23
Производительность м/час	28	50	20	68	35	70	40	55	25	58	30	60	45
Высота всасывания, м	2,5	4	3	2,5	3	2,5	1,5	2,5	3,5	1,5	25	2	3
Высота нагнетания	14	18	10	35	22	19	8	28	10	43,5	20	18	21
Диаметр трубы, мм	100	135	100	150	135	200	150	150	100	150	123	200	135
Длина магистрали	800	1500	1200	700	2000	500	1800	900	850	1000	750	750	1600
Тип насоса	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П	П
Число колен	3	4	4	4	3	5	3	4	3	4	3	5	4
Радиус изгиба трубы	3	4	3	5	4	5	4	4	3	4	3	5	4
Заслонки	2		2	2	2	2	2	2	2	2	-	2	-

Магистраль выполнения из новых чугунных труб. Потерями напора в вентиле пренебречь.

### Задание 2

**Произвести расчет и выбрать двигателей для поршневого компрессора.**

При выборе мощности двигателя для компрессоров с продолжительным режимом работы и постоянной нагрузкой, требуемую мощность двигателя  $P_{дв}$  находят по мощности на валу механизма с учетом потерь в промежуточных механических передачах.

Мощность двигателя поршневого компрессора  $P_{дв}$ , кВт, определяется по формуле

$$P_{дв} = k_3 \frac{QA \cdot 10}{\eta_k \eta_n}$$

Где  $Q$  – производительность (подача) компрессора  $m^3/s$ ;  $A = (A_{и} + A_{а})$  – работа, Дж/ $m^3$ , изотермического и адиабарического сжатия 1  $m^3$  атмосферного воздуха давлением  $P_1 + 1,01 \cdot 10^5$  Па до требуемого давления  $P_2$  Па; для давления до  $10 \cdot 10^5$  Па значения  $A$  указаны ниже:

$P_2$ $10^5$ Па .....	3	4	5	6	7	8	9	10
$A, 10^3$ Дж/ $m^3$	132	164	190	213	230	245	260	272

$\eta_k$  – индикаторный КПД компрессора, учитывающий потери мощности при реальном процессе сжатия воздуха и равный 0,6 – 0,8 ;

$\eta_n$  – КПД механической передачи между компрессором и двигателем, равный 0,9 -0,95;  $k_3$  – коэффициент запаса, равный 1,05 – 1,15 и учитывающий не поддающиеся расчету факторы.

Исходные данные	1,15	2,11	3,23	4,18	5,13	6,19	7,14	8,22	9,17	10,20	12-, ,24
Производительность компрессора, $m^3/мин$	20	12	14	10	18	9	15	19	11	23	13
Начальное давление воздуха $10^5$ Па	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
Конечное давление воздуха $10^5$ Па	8	5	6	7	4	9	8	10	5	3	10
КПД компрессора	0,75	0,78	0,65	0,7	0,8	0,67	0,72	0,69	0,74	0,7	0,8
КПД подачи	0,9	0,91	0,94	0,95	0,9	0,93	0,92	0,91	0,9	0,95	0,94

Коэффициент запаса	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,1	1,12	1,13	1,14	1,15	1,05

**Содержание отчета:**

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Расчет в соответствии с заданием.
4. Вывод по работе.
5. Литература:

Ю.И.Зимин. Электрооборудование промышленных и гражданских зданий.