



# МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ПО ПОДБОРУ И РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ  
ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

2023

# СОДЕРЖАНИЕ

Индексы, условные обозначения и сокращения.....	3
Введение.....	4
1. Основные параметры для подбора центробежного насоса.....	4
1.1 Производительность и напор насосного агрегата.....	4
1.2 Напор системы (установки).....	4
1.3 Стандартные частоты вращения валов насосов.....	5
1.4 Потребляемая мощность центробежного насоса и мощность привода.....	5
1.5 Характеристические кривые насоса Q-H и системы (установки) Q-H <sub>A</sub> .....	6
1.6 Определение рабочей точки.....	9
1.7 Общие рекомендации по подбору насоса.....	11
2. Условия всасывания при подводе жидкости к насосу самотеком.....	13
2.1 Показатель требуемого кавитационного запаса насоса NPSH <sub>erf</sub> (NPSH <sub>r</sub> ).....	13
2.2 Показатель доступного кавитационного запаса системы NPSH <sub>vorh</sub> (NPSH <sub>a</sub> ).....	13
3. Гидравлическое сопротивление трубопровода и его элементов. Расчет потерь напора.....	17
3.1 Расчет потерь напора H <sub>v</sub> в прямолинейных трубопроводах.....	17
3.2 Расчет потерь напора H <sub>vz</sub> для вязких жидкостей в прямолинейных трубопроводах.....	20
3.3 Расчет потерь напора H <sub>v</sub> в арматуре и фитингах.....	21
3.3.1 Расчет потерь напора H <sub>v</sub> в фитингах.....	22
3.3.2 Расчет потерь напора H <sub>v</sub> в запорно-регулирующей арматуре.....	26
3.4. Расчет потерь напора H <sub>vk</sub> в пластмассовых трубах.....	27
4. Регулировка и изменение производительности центробежных насосов.....	29
4.1 Изменение производительности посредством подреза (обточки) рабочего колеса.....	29
4.2 Регулировка производительности посредством изменения частоты вращения рабочего колеса.....	31
5. Определение основных параметров при перекачивании вязких сред.....	32
6. Проблема прогиба вала центробежных насосов.....	36
7. Снижение величины требуемого кавитационного запаса насоса NPSH <sub>erf</sub> .....	37
8. Конструктивные типы центробежных насосов.....	38
9. Типы рабочих колес центробежных насосов.....	41
10. Типы муфт валов центробежных насосов.....	45
11. Применение зумпфа для откачки жидкостей.....	46
12. Конфигурация всасывающих трубопроводов центробежных насосов и применение дополнительных устройств на всасывании.....	47

# ИНДЕКСЫ. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

$A \text{ м}^2$  - площадь  
 $a \text{ мм}$  - ширина  
 $b_2 \text{ м}$  - ширина выхода из рабочего колеса  
 $D \text{ мм (м)}$  - диаметр рабочего колеса, диаметр трубы  
 $DN \text{ (мм)}$  - условный проход трубопровода  
 $d \text{ мм}$  - наименьший внутренний диаметр  
 $F \text{ Н}$  - сила  
 $f_H$  - переводной множитель для напора  
 $f_Q$  - переводной множитель для производительности  
 $f_\eta$  - переводной множитель для КПД  
 $g \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения  
 $H \text{ м}$  - напор  
 $H_A \text{ м}$  - напор установки  
 $H_{\text{geo}} \text{ м}$  - геодезическая высота подачи  
 $H_0 \text{ м}$  - нулевая высота подачи  
 $H_{\text{sgeo}} \text{ м}$  - геодезическая высота всасывания  
 $H_{\text{zgeo}} \text{ м}$  - геодезическая высота при подводе самотёком  
 $H_v \text{ м}$  - потери напора  
 $H_{vs} \text{ м}$  - потери напора со стороны всасывания  
 $\Delta H \text{ м}$  - разница напоров  
 $K_1$  - коэффициент  
 $k \text{ мм}$  - абсолютная шероховатость  
 $L \text{ м}$  - длина трубы  
 $n \text{ 1/мин}$  - частота вращения  
 $NPSH_{\text{eff}} \text{ м}$  - кавитационный запас насоса  
 $NPSH_{\text{vorth}}$  - кавитационный запас установки  
 $n_q \text{ 1/мин}$  - удельная частота вращения  
 $P \text{ кВт}$  - потребляемая мощность  
 $p \text{ бар (Н/м}^2\text{)}$  - давление  
 $p_b \text{ бар (Н/м}^2\text{)}$  - давление воздуха  
 $p_D \text{ бар (Н/м}^2\text{)}$  - давление пара перекачиваемой жидкости  
 $p_v \text{ бар (Н/м}^2\text{)}$  - потери давления  
 $\Delta Q \text{ л/с (м}^3\text{/ч)}$  - разница в производительности  
 $Q \text{ л/с (м}^3\text{/ч)}$  - производительность  
 $Q_{\text{min}} \text{ л/с (м}^3\text{/ч)}$  - минимальная производительность  
 $R \text{ мм}$  - радиус  
 $Re$  - число Рейнольдса  
 $U \text{ м}$  - периметр  
 $v \text{ м/с}$  - скорость течения  
 $u \text{ мм}$  - ход  
 $Z \text{ 1/ч}$  - частота включения  
 $Z_{s,d} \text{ м}$  - разница в высоте между всасывающим и напорным патрубками насоса  
 $\zeta$  - коэффициент потерь  
 $\eta$  - КПД насоса  
 $\lambda$  - коэффициент трения трубы  
 $\mu$  - коэффициент поправки  
 $\nu \text{ м}^2\text{/с}$  - кинематическая вязкость  
 $\rho \text{ кг/м}^3 \text{ (кг/дм}^3\text{)}$  - плотность  
 $\varphi$  - температурный коэффициент  
 $\varphi^\circ$  - угол открытия

## Индексы

$a$  - в выходном сечении установки/ответвляющийся  
 $B$  - в рабочей точке  
 $d$  - в напорном патрубке / протекающий  
 $e$  - во входном сечении установки/ответвляющийся  
 $G$  - для чугуна  
 $geo$  - геодезический  
 $K$  - для пластмассы  
 $s$  - со стороны всасывания, на всасывающем патрубке  
 $opt$  - в точке с наилучшим КПД  
 $R$  - радиальный  
 $W$  - для воды  
 $Z$  - для вязких жидкостей

# ВВЕДЕНИЕ

Настоящее методическое пособие разработано техническими специалистами НПП «Старт – Гидромаш» по требованию ООО «Виллина», предназначено для применения специалистами проектных институтов при проектировании центробежных насосных установок, механиками нефтехимических предприятий и конструкторами инжиниринговых центров при подборе центробежных насосных агрегатов.

Методика подбора центробежных насосов изложена с учетом требований международных стандартов ISO(API).

## 1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ПОДБОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

При подборе насосного агрегата ключевыми параметрами являются производительность (расход)  $Q$  и давление на выходе  $p$ . Давление в данном случае выражается в виде создаваемого насосом напора  $H$ . Напор, создаваемый насосом, определяется требуемым напором промышленной установки, где будет применяться насос.

### 1.1 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И НАПОР НАСОСНОГО АГРЕГАТА

Производительность  $Q$  – это объемный расход жидкости, подаваемый насосом в единицу времени. При этом не учитываются утечки. Единицы измерения производительности: м<sup>3</sup>/ч, м<sup>3</sup>/с, л/с и другие.

Напор насоса  $H$  – это приращение полной идеальной механической энергии, отнесенное к единице веса жидкости при прохождении через насос. В нашем случае удобнее понимать напор насоса  $H$  как полезную механическую работу при перекачивании жидкости, отнесенную к силе тяжести и выражать его в метрах (м). При перекачивании насосом жидкостей разной плотности  $\rho$  величина напора  $H$  будет одинаковой. От плотности  $\rho$  зависит потребляемая насосом мощность  $P$ : чем выше плотность, тем выше мощность.

От плотности жидкости зависит давление в насосе, рассчитываемое по формуле:

$$p = \rho * g * H$$

### 1.2 НАПОР СИСТЕМЫ (УСТАНОВКИ)

Напор системы (установки) обозначается  $H_A$  и может быть вычислен по формуле:

$$H_A = H_{geo} + \frac{p_a - p_e}{\rho * g} + \frac{v_a^2 - v_e^2}{2g} + \sum H_v$$

Где  $H_{geo}$  – высота подачи геодезическая, в общем случае определяется как разница высот между уровнями жидкости с напорной и всасывающей сторон системы.

$\frac{p_a - p_e}{\rho * g}$  – разница давлений между уровнями жидкости с напорной и всасывающей сторон системы при закрытых сосудах.

$\frac{v_a^2 - v_e^2}{2g}$  – разница скоростей течения в сосудах.

$\sum H_v$  – суммарная величина всех потерь напора, обусловленных гидравлическим сопротивлением запорно-регулирующей арматуры, фасонных деталей трубопроводов и самих трубопроводов.

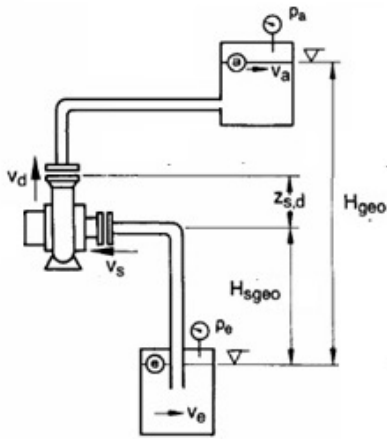


Рис. 1. Режим всасывания

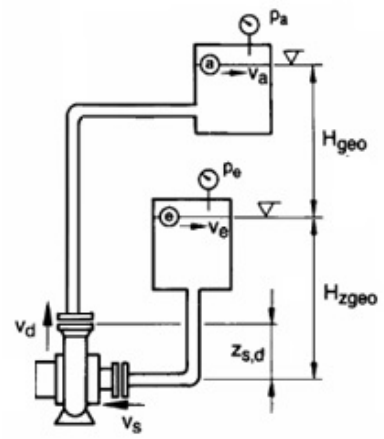


Рис. 2. Режим с подводом жидкости самотеком

При практических расчетах показателем разницы скоростей течения в закрытых сосудах пренебрегают:

$$H_A \approx H_{geo} + \frac{p_a - p_e}{\rho * g} + \sum H_v$$

Для открытых емкостей формула принимает следующий вид:

$$H_A \approx H_{geo} + \sum H_v$$

### 1.3 СТАНДАРТНЫЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛОВ НАСОСОВ

В настоящее время в качестве приводных устройств для промышленных насосов наиболее широко применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутыми роторами. Для проведения расчетов при подборе насосных агрегатов принимаются стандартные частоты вращения:

- 415, 480, 580, 725, 960, 1450, 2900 об/мин при частоте сети 50Гц;
- 500, 580, 700, 875, 1160, 1750, 3500 об/мин при частоте сети 60Гц.

При практическом применении фактическая частота вращения вала несколько отличается от стандартной в основном в сторону увеличения, например 2960 вместо 2900 об/мин. Кроме того, частота вращения может быть изменена при использовании узлов ременной передачи, редукторов, устройств-преобразователей частоты (ПЧ) для регулирования производительности насосов.

### 1.4 ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА И МОЩНОСТЬ ПРИВОДА

Потребляемая мощность центробежного насоса  $P$  – это передаваемая приводом на вал насоса механическая энергия. При расчете насосов она измеряется в кВт и определяется по формуле:

$$P = \frac{\rho * g * Q * H}{1000 * \eta}$$

Используются следующие величины: плотность  $\rho$  – в кг/дм<sup>3</sup> (или кг/л), ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>, объемный расход (подача)  $Q$  – в л/с, напор  $H$  – в м, КПД<sub>η</sub> принимается в диапазоне от 0 до 1.

**КОНЕЦ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОГО ФРАГМЕНТА.  
 ДЛЯ ЗАПРОСА ПОЛНОЙ ВЕРСИИ ЗАПОЛНИТЕ ФОРМУ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ  
 ИЛИ НАПИШИТЕ НА [VILLINA@VILLINA.RU](mailto:villina@villina.ru)**