

Б. В. ҚАРАСЕВ

НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ

Допущено Министерством
народного образования БССР
в качестве учебника для студентов вузов,
обучающихся по специальности 29.08
«Водоснабжение, канализация, рациональное
использование и охрана водных ресурсов»

Минск
«Вышэйшая школа»
1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рациональное использование водных ресурсов и охрана окружающей среды в большой степени определили направление развития систем водоснабжения и водоотведения. При проектировании новых и реконструкции существующих систем промышленного водоснабжения и водоотведения все чаще предусматривается создание систем бессточного водопользования на базе замкнутых циклов, включающих в себя насосные станции и очистные сооружения. Решаются вопросы замены воды как хладагента на воздух на базе строительства воздушных станций.

Основными энергетическими звеньями систем водоснабжения и водоотведения, обеспечивающими перемещение различных жидких и газовых сред по трубопроводам, являются насосные и воздушные станции. Приобретение навыков проектирования таких станций — одна из основных задач обучения студентов по специальности «Водоснабжение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов». Для изучения дисциплины «Насосные и воздушные станции» необходимы знания ряда смежных дисциплин: гидравлики, вычислительной техники и программирования, теоретической механики, электротехники, теплотехники, строительных конструкций, экономики и др.

Учебник состоит из двух частей. В первой части последовательно рассмотрены теоретические основы, эксплуатационные характеристики и конструкции основных динамических и объемных насосов и воздушно-компрессорных машин. Основное внимание уделено центробежным насосам как наиболее распространенной группе машин.

Вторая часть посвящена изучению конструкций и методики расчета и проектирования насосных и воздушных станций систем водоснабжения и водоотведения. Материал по проектированию строительных конструкций (зданий) изложен с учетом того, что студенты параллельно изучают дисциплины «Архитектура, строитель-

ные конструкции зданий и сооружений» и «Инженерные сооружения и основы строительного производства». Из тех же соображений сведения по электрооборудованию и экономике даны коротко.

Используемые в учебнике термины и определения соответствуют ГОСТ 17398—72 «Насосы. Термины и определения», маркировка всех насосов указана с учетом новых государственных стандартов. Для составления программ при использовании ЭВМ для решения задач принят алгоритмический язык БЕЙСИК как язык наиболее доступный для изучения.

В учебнике главы 10, 11 и приложение 18 написал инженер О. Б. Карасев, параграф 1.16 и приложения 20—23 — канд. техн. наук Б. Н. Житенев.

Автор

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- A — работа, Дж; удельное сопротивление трубопровода, $\text{м}^{-6} \cdot \text{с}^2$; подъемная сила, Н.
- a — постоянный параметр аналитической характеристики насоса.
- B — сила сопротивления, Н.
- b — ширина, мм; постоянный параметр аналитической характеристики насоса.
- C — абсолютная скорость, м/с; эксплуатационные затраты, руб.
- D — диаметр, м.
- d — диаметр трубопровода, мм.
- E — коэффициент эффективности капитальных вложений.
- e — эксцентриситет, мм.
- F — площадь, м^2 .
- g — ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.
- H — напор, м; геометрическая высота подъема жидкой среды, м.
- h — потери напора, м; высота столба жидкой среды, м.
- Δh — кавитационный запас, м.
- I — ток, А.
- i — гидравлический уклон.
- K — коэффициент неравномерности водопотребления, водоотведения; капитальные затраты, руб.
- k — коэффициент статического напора; коэффициент погружения эрлифта.
- L — удельная энергия сжатия газа, Дж/кг; удельная работа насоса, Дж/кг.
- l — длина, м.
- M — момент силы, Н·м; массовая подача, кг/с.
- m — масса, кг; коэффициент относительного сужения потока.
- N — мощность, Вт.
- n — частота вращения, об/мин.
- n_s — коэффициент быстроходности насоса.
- P — мощность электродвигателя, кВт.
- p — давление, Па.
- Q — объемная подача (расход), $\text{м}^3/\text{с}$.
- q — удельный дебит колодца, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{м})$.
- R — радиус кривошипа, м.
- r — радиус, м.
- S — толщина лопатки, мм; сопротивление трубопровода (сети), $\text{м}^{-5} \cdot \text{с}^2$; ход поршня, мм.
- T — температура, К.
- t — температура, °С; шаг решетки лопастей, м; время, с.
- U — окружная скорость, м/с; напряжение тока, В.
- V — объем, м^3 .
- v — скорость, м/с.
- W — относительная скорость, м/с; объем суточного водопотребления, $\text{м}^3/\text{сут}$.
- β — коэффициент взаимного влияния скважин.
- Γ — циркуляция скорости.
- δ — коэффициент неравномерности подачи.
- ϵ — степень повышения давления.

ζ — коэффициент потери напора местного сопротивления.
 η — коэффициент полезного действия.
 θ — угол отклонения потока решеткой профилей, град.
 λ — коэффициент гидравлического трения.
 μ — динамическая вязкость, Па·с.
 ν — кинематическая вязкость, м²/с.
 ρ — плотность, кг/м³.
 σ — коэффициент, учитывающий конечное число лопаток.
 τ — срок окупаемости.
 ψ — коэффициент стеснения потока; коэффициент напора.
 Ω — угловая скорость, рад/с.
 ω — площадь живого сечения, м².

ВВЕДЕНИЕ

Появление и развитие машин насосного типа связано непосредственно с развитием человеческого общества. Использование воды, столь необходимой для жизни и деятельности человека, вынуждало искать пути и средства механизации для ее транспортирования.

Первым насосом относительно удачной конструкции был поршневой насос, построенный греческим механиком Ктезибием в 140-х годах до н. э. (рис. В. 1). Он предназначался для тушения пожаров. Наряду с поршневыми насосами на ранней стадии развития гидромашин широко использовались различные гидроподъемники: журавли, ворота, нории, ковшовые колеса и др. Все эти гидравлические машины с небольшой подачей могли обеспечивать потребности в воде мелких ремесленных производств.

В XV—XVI вв. на смену ремесленно-цеховой организации производства пришла мануфактура, что привело к расширению масштаба производства и большей его специализации, совершенствованию орудий труда. Требования к насосам и условия их применения становились более разнообразными. Кроме поршневых, стали создавать насосы вращательного действия для напорной подачи жидкой среды в больших объемах. Рамелли (1530—1590 гг.) в 1588 г. описал четыре разновидности вращательных насосов, очень напоминающих по принципу действия современные роторные объемные насосы (рис. В. 2).

Идея использования центробежного поля для подачи воды возникла у Леонардо да Винчи (XV в.), но не была реализована. Французский инженер Бланкано (1566—1624 гг.) по этому же принципу построил центробежный насос с открытым вращающимся рабочим колесом (рис. В. 3).

Центробежный насос одной из первых наиболее удачных конструкций был изобретен в 1689 г. французским физиком Д. Папеном (1647—1714 гг.). Насос состоял из двухлопастного рабочего колеса, вращающегося в цилиндрическом корпусе постоянного сечения, и использовался для откачки грунтовых вод. Он обладал рядом существенных недостатков, а главное, был малоэффективным. Вскоре Д. Папен усовершенствовал конструкцию своей машины, применив многолопастное рабочее колесо и спиральную отводящую камеру. В таком виде насос Папена (рис. В. 4) напоминает современный одноступенчатый центробежный насос.

В 1750 г. Л. Эйлер разработал теорию рабочего процесса центро-

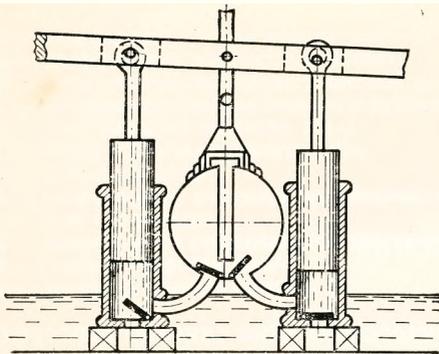
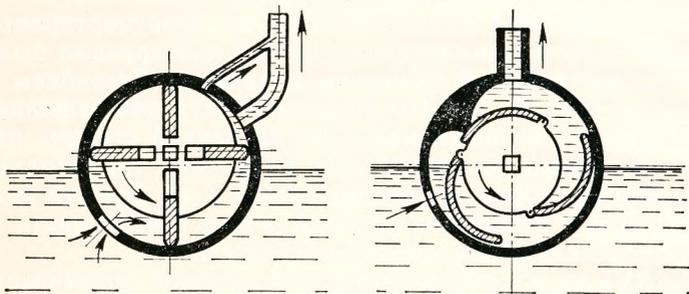


Рис. В.1. Двухцилиндровый поршневой насос Ктезибия

Рис. В.2. Вращательные насосы, описанные Рамелли



бежных машин и в 1754 г. предложил конструкцию центробежного насоса, который не получил практического применения.

В 1832 г. русским инженером А. А. Саблуковым (1783—1857 гг.) был изобретен первый в России центробежный насос, названный им «Водогон» (рис. В. 5). Его четырехлопастное рабочее колесо помещалось в цилиндрический корпус с небольшим радиальным зазором. В качестве аналога при разработке конструкции насоса А. А. Саблуков использовал изобретенную и построенную им в 1832 г. центробежную воздуходувную машину.

В 1846 г. американский инженер Джонсон разработал конструкцию многоступенчатого горизонтального насоса.

Однако все рассмотренные выше насосы, как и конструкции ряда других изобретателей того времени, не получили широкого практического применения. Они оказались малоэффективными ввиду того, что для них не было необходимого по мощности и частоте вращения привода. Использовалась в основном мускульная сила людей и животных. Появление в конце XIX в. паровых турбин, электродвигателей, двигателей внутреннего сгорания способствовало значительным конструктивным изменениям и совершенствованию насосов всех типов.

Усовершенствованные центробежные насосы в России начали делать в 1880 г. на двух заводах в Москве — Бутырском (ныне «Борец») и Софийском («Красный факел»). В 1899 г. инженером

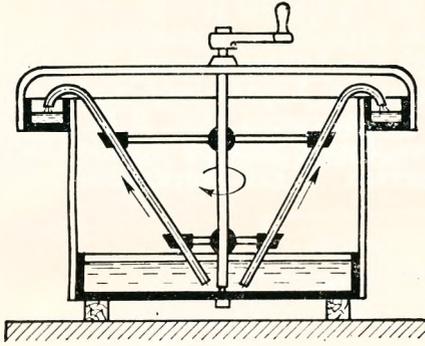


Рис. В.3. Центробежный насос Бланкано

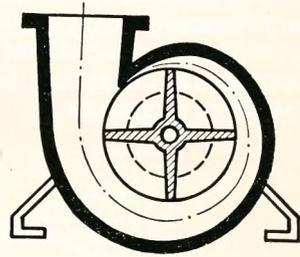


Рис. В.4. Центробежный насос Папена

В. А. Пушечниковым был разработан весьма прогрессивный насос — многоступенчатый вертикальный центробежный для подъема воды из буровых скважин глубиной до 250 м. Этот насос был построен в Париже на заводе Фарко (в историю развития насосостроения вошел под названием «насос Фарко»), имел подачу $200 \text{ м}^3/\text{ч}$, коэффициент полезного действия 0,7 и предназначался для водоснабжения Москвы.

Одновременно насосостроение совершенствовалось в развитых капиталистических странах: США, Франции, Германии, Швеции и др.

Значительно позже, чем насосы, начали использовать воздуходувные машины. Их появление относится к средним векам нашей эры, к эпохе мануфактурного производства. Создание первой воз-

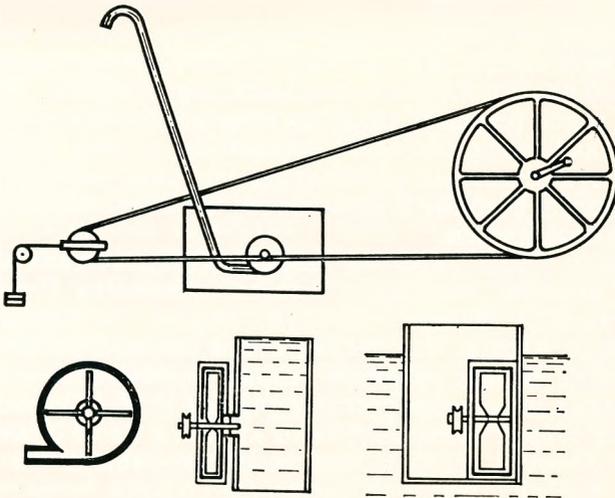


Рис. В.5. Схема центробежного насоса А. А. Саблукова

духодувки относят к 1766 г., когда на Барнаульском заводе для привода мехов металлургической печи была применена паровая машина И. И. Ползунова. С 1782 г. в Англии широко использовались поршневые паровые воздуходувки. Характерной особенностью центробежной воздуходувки А. А. Саблукова (рис. В.6) являлось двустороннее всасывание воздуха. Она с успехом применялась в кожевенном, сахарном производствах и для вентиляции шахт на Алтайских рудниках.

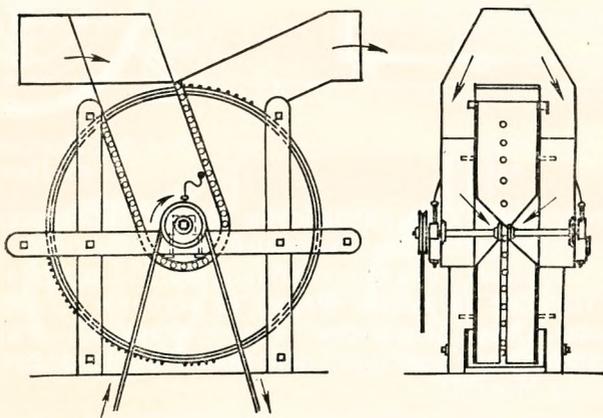


Рис. В.6. Центробежная воздуходувная машина А. А. Саблукова

История развития воздуходувных машин непосредственно связана с развитием горнодобывающей и металлургической промышленности.

Разработка теоретических основ расчета, наличие экспериментальной базы в начале XX столетия создали благоприятные условия для быстрого развития насосо- и компрессоростроения.

До 30-х годов текущего столетия широкое распространение в области водоснабжения получили поршневые насосы. Однако они имеют ряд существенных недостатков по сравнению с центробежными и осевыми, которые к настоящему времени постепенно вытеснили поршневые насосы.

Начальные этапы развития теории гидравлических машин (в частности, насосов) связаны с именем академика Петербургской Академии наук Л. Эйлера — автора теории рабочего процесса центробежного насоса. Эта теория стала основой расчета насосов.

Важнейший период развития теории гидромашин — начало XX столетия, когда известным русским ученым Н. Е. Жуковским была разработана теория подъемной силы крыла, а на ее основе — методы расчета рабочих органов лопастных гидромашин (насосов, воздуходувок, турбин). Большие заслуги в области развития гидромашиностроения принадлежат С. А. Чаплыгину, И. И. Куколевскому, Г. Ф. Проскуре, И. Н. Вознесенскому, С. С. Рудневу и др.

На современном этапе насосо- и компрессоростроение как в Советском Союзе, так и за рубежом находится на высоком уровне. Промышленностью выпускаются необходимые для народного хозяйства насосы и воздуходувные машины, характеризующиеся высокими экономическими показателями. Эти машины являются основным оборудованием насосных и воздуходувных станций систем водоснабжения и водоотведения.

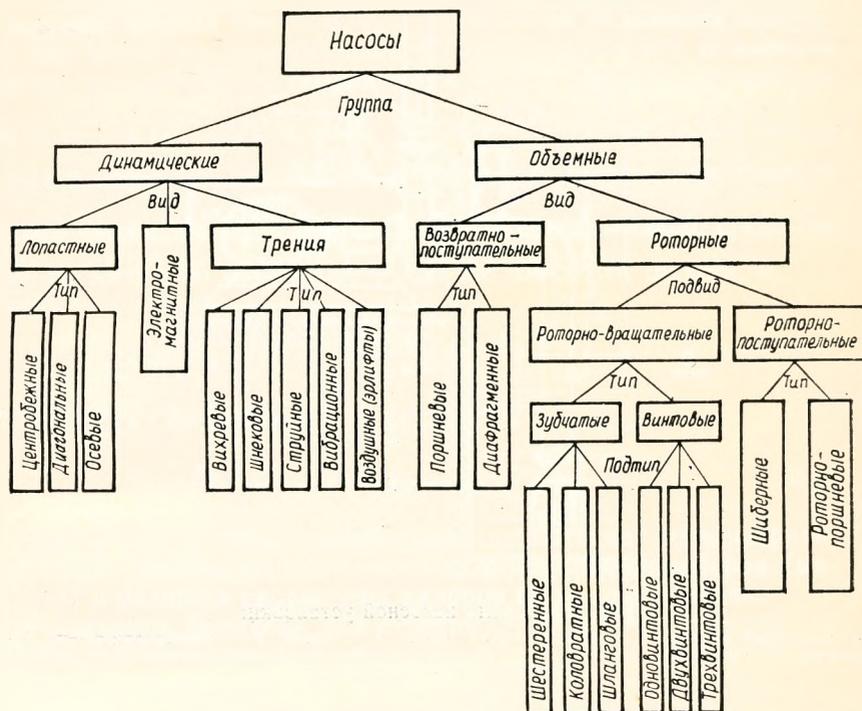


Рис. В.7. Классификация насосов

Социальная политика КПСС направлена на повышение темпов развития народного хозяйства страны на основе ускорения научно-технического прогресса, связанного, в частности, с существенным увеличением потребностей в воде и сжатом воздухе. Чтобы успешно выполнить эти задачи, создаются современные системы водоснабжения и водоотведения, системы бессточного водопользования, в состав которых входят основные энергетические сооружения — насосные и воздуходувные станции.

В соответствии с ГОСТ 17398—72 «Насосы. Термины и определения» *насосом* называется гидравлическая машина для создания потока жидкой среды. Воздуходувки и компрессоры предназначаются для создания потока или сжатия газовой среды. Те и другие являются машинами насосного типа и имеют сходные конструкции.

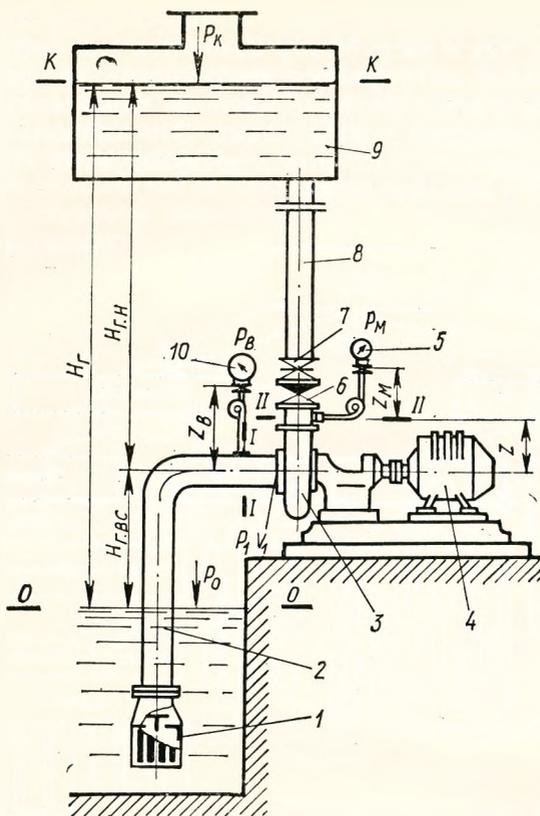


Рис. В.8. Схема насосной установки:

1 — приемный клапан; 2 — всасывающая труба; 3 — насос; 4 — электродвигатель; 5 — манометр; 6 — обратный клапан; 7 — задвижка; 8 — напорный трубопровод; 9 — верхний резервуар; 10 — вакуумметр

Эти машины играют решающую роль в механизации и автоматизации трудоемких процессов во всех отраслях производства.

Гидравлические машины различаются рядом признаков. Во ВНИИгидромаше разработана классификация насосов, принципиальная схема которой приведена на рис. В.7.

Работу любого насоса принято характеризовать техническими параметрами, к числу которых относятся: подача, напор, мощность, коэффициент полезного действия (КПД) и высота всасывания (см. § 1.7).

Подача насоса (Q) — объем (масса) жидкой среды, подаваемой насосом в единицу времени. В зависимости от условий работы насос может характеризоваться различным количеством жидкой среды в единицу времени.

Напором (H) называется приращение удельной энергии потока жидкой среды (отнесенное к единице веса) при прохождении ее через рабочие органы насоса. Различают напор манометрический,

который определяют по показаниям приборов у всасывающего и напорного патрубков, и напор требуемый, подсчитанный по схеме насосной установки. Рассмотрим схему насосной установки, перекачивающей воду из нижнего в верхний резервуар (рис. В. 8).

Примем обозначения: p_m — давление, показываемое манометром, Па; p_b — давление, показываемое вакуумметром, Па; $H_{г.вс}$ — геометрическая (геодезическая) высота всасывания, м; H_n — геометрическая высота нагнетания, м; $H_r = H_{г.вс} + H_n$ — полная геометрическая высота подъема жидкой среды, м; z_b — превышение положения вакуумметра над точкой его подключения, м; z_m — превышение положения манометра над точкой его подключения, м; z — разность уровней сечений (I—I) и (II—II), м; $H_1 = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g}$ — напор жидкой среды на входе в насос по отношению к плоскости отсчета, проходящей через ось насоса, м; $H_2 = \frac{p_2}{\rho g} + z + \frac{v_2^2}{2g}$ — напор жидкой среды на выходе из насоса по отношению к той же плоскости отсчета, м.

Тогда приращение

$$H = H_2 - H_1 = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + z + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}.$$

Так как $p_2 = p_a + p_m + \rho g z_m$, а $p_1 = p_a - p_b + \rho g z_b$,

$$H = \frac{p_m + p_b}{\rho g} + (z + z_m - z_b) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}. \quad (\text{В.1})$$

Формула (В. 1) представляет собой выражение манометрического напора насоса, определяемого по показаниям приборов (манометров) и разности скоростных напоров на выходе и входе.

Из уравнения Бернулли для сечений О—О и I—I (приняв за плоскость сравнения нижний уровень)

$$\frac{p_0}{\rho g} = \frac{p_1}{\rho g} + H_{г.вс} + \frac{v_1^2}{2g} + h_{п.в},$$

откуда $\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = H_1 = \frac{p_0}{\rho g} - H_{г.вс} - h_{п.в}.$

Для сечений II—II и К—К (приняв за плоскость сравнения ось насоса)

$$\frac{p_2}{\rho g} + z + \frac{v_2^2}{2g} = H_2 = \frac{p_k}{\rho g} + H_{г.н} + h_{п.н}.$$

Найдем значение напора, рассматривая правые части уравнений (левые рассмотрены при определении манометрического напора):

$$H = H_2 - H_1 = \frac{p_k - p_0}{\rho g} + H_{г.н} + H_{г.вс} + h_{п.н} + h_{п.в}.$$

Сумма потерь во всасывающем и нагнетательном трубопроводах $h_{п.в} + h_{п.н} = h_{п}$, а $H_{г.вс} + H_{г.н} = H$. Поэтому требуемый напор

$$H = \frac{p_k - p_0}{\rho g} + H_g + h_{п.}$$

Таким образом, в общем случае напор насоса расходуется на преодоление противодействия в напорном резервуаре, на подъем на геометрическую высоту жидкой среды и преодоление сопротивления трубопроводов.

При открытых системах, когда резервуары сообщаются с атмосферным давлением, $p_k = p_0 = p_a$ и

$$H = H_g + h_{п.}$$

Если правую и левую части выражения (В. 1) умножить на ρg , получим зависимость, определяющую давление насоса (Па):

$$p = p_m + p_v + \rho g(z + z_m - z_v) + \rho \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}. \quad (B.2)$$

Удельная работа насоса (L) — работа, подводимая к насосу для перемещения единицы массы жидкой среды.

Полезная работа насоса (L_п) — величина, определяемая зависимостью

$$L_{п} = p/\rho = gH,$$

где p — давление насоса, определяемое по формуле (В. 2), Па; H — напор насоса, определяемый по формуле (В. 1), м.

Мощность насоса (N) — мощность, потребляемая насосом для создания определенных Q и H :

$$N = \frac{\rho g Q H}{\eta} = \frac{p Q}{\eta}.$$

Полезная мощность насоса (N₀) — мощность, сообщаемая насосом перекачиваемой жидкой среде.

Коэффициент полезного действия насоса (η) — отношение полезной мощности к мощности насоса:

$$\eta = N_0/N.$$

КПД учитывает снижение мощности насоса вследствие потерь:

$$\eta = \eta_r \eta_o \eta_m,$$

где η_r — гидравлический КПД: $\eta_r = H/(H + h_n)$; h_n — потери напора в проточной части насоса; η_o — объемный КПД: $\eta_o = Q/(Q + \Delta Q)$; ΔQ — объемные потери в насосе; η_m — механический КПД: $\eta_m = (N + \Delta N)/N$; ΔN — потери мощности на трение в подшипниках и др.

У современных насосов сравнительно высокие значения КПД. Центробежные имеют $\eta_r = 0,8 \dots 0,95$, $\eta_o = 0,95 \dots 0,98$, $\eta_m = 0,9 \dots 0,97$. Причем большие значения относятся к большим насосам. У осевых насосов $\eta = 0,7 \dots 0,92$, у поршневых $\eta = 0,7 \dots 0,85$.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Абрамов Н. Н.** Водоснабжение.— М.: Стройиздат, 1982.
2. **Арутюнян К. Г., Смирнов В. П.** Применение шнековых насосов для перекачки сточных вод и их осадков.— М.: Стройиздат, 1977.
3. **Белан А. Е., Хоружий П. Д.** Техничко-экономические расчеты водопроводных систем на ЭВМ.— Киев: Вища шк., 1979.
4. **Брежнев В. И., Воробьев В. Ф., Кедровский В. К.** Эксплуатация водопроводных сооружений.— М.: Стройиздат, 1973.
5. **Залуцкий Э. В., Петрухно А. И.** Насосные станции. Курсовое проектирование.— Киев: Вища шк., 1987.
6. **Гидон Л. М.** Монтаж воздушных компрессорных станций.— М.: Стройиздат, 1983.
7. **Идельчик И. Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям.— М.: Госэнергоиздат, 1960.
8. **Ильин В. А.** Телеуправление и телен измерение.— М.: Энергия, 1974.
9. **Канализация/С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, А. И. Жуков, С. К. Колобапов.**— 5-е изд., перераб. и доп.— М.: Стройиздат, 1976.
10. **Караваев А. Е.** Очерк по истории развития лопастных насосов.— М.: Энергоиздат, 1958.
11. **Карелин В. Я.** Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах.— М.: Машиностроение, 1975.
12. **Карелин В. Я., Минаев А. В.** Насосы и насосные станции.— М.: Стройиздат, 1986.
13. **Карелин В. Я., Новодережкин Р. А.** Насосные станции с центробежными насосами.— М.: Стройиздат, 1983.
14. **Карнаухов В. А.** Монтаж, наладка и эксплуатация насосных установок.— Киев: Будівельник, 1976.
15. **Курганов А. М., Федоров Н. Ф.** Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации.— Л.: Стройиздат, 1973.
16. **Лобачев П. В., Шевелев Ф. А.** Измерение расхода жидкостей и газов в системах водоснабжения и канализации.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Стройиздат, 1985.
17. **Логинов В. П., Шуссер Л. М.** Справочник по сельскохозяйственному водоснабжению / Под ред. В. С. Оводова.— М.: Колос, 1980.
18. **Ломакин А. А.** Центробежные и осевые насосы.— М.; Л.: Машиностроение, 1966.
19. **Лопастные и роторные насосы.** Каталог.— М., 1977.
20. **Насосы и компрессоры / С. А. Абдурашитов, А. А. Тупиченков, И. М. Вершинин, С. М. Тененгольц.**— М.: Недра, 1974.
21. **Оборудование водопроводно-канализационных сооружений / А. С. Москвитин, Б. А. Москвитин, Т. М. Мирончик, Р. Г. Шапиро;** Под ред. А. С. Москвитина.— М.: Стройиздат, 1979.
22. **Попкович Г. С., Гордеев М. А.** Автоматизация системы водоснабжения и водоотведения.— М.: Высш. шк., 1986.
23. **Расчет водопроводных сетей / И. Н. Абрамов, М. М. Поспелова, М. А. Сомов и др.**— 4-е изд.— М.: Стройиздат, 1983.
24. **Рычагов В. В., Флоринский М. М.** Насосы и насосные станции.— М.: Колос, 1975.

25. **Сидоров М. Д.** Справочник по воздуходушным и газодушным машинам.— М.: Машгиз, 1962.
26. **Скважинные насосные установки для воды.** Каталог.— М., 1977.
27. СНиП 2.04.02—84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.— М.: Стройиздат, 1985.
28. СНиП 2.03.04.—85. Канализация. Наружные сети и сооружения.— М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
29. СНиП II-33—75. Нормы проектирования. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.— М.: Стройиздат, 1976.
30. **Трубопроводная арматура с автоматическим управлением** / Д. Ф. Гуревич, О. Н. Заринский, С. И. Косых и др.; Под общ. ред. С. И. Косых.— Л.: Машиностроение, 1982.
31. **Френкель М. И.** Поршневые компрессоры.— М.: Машиностроение, 1969.
32. **Черкасский В. М.** Насосы, вентиляторы, компрессоры.— М.: Энергоатомиздат, 1984.
33. **Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф.** Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб.— 6-е изд., доп. и перераб.— М.: Стройиздат, 1984.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ*

Автоматизация 276—277

Вакуумметр 259

Вакуум-насос водокольцевой 159—160

Вакуум-реле 280

Вал насоса 90

Вместимость водонапорной башни регулирующая 71—79

Водомеры 258—259

Водоподъемник воздушный 136—139

Водопровод хозяйственно-питьевой 261—262

Водоснабжение техническое 262

Воздуходувка 11

— водокольцевая 160

— центробежная многоступенчатая 160

Выключатели масляные 272

— — баковые 272

— — горшковые 272

Высота всасывания насоса 27

— — — вакуумметрическая 27—29

— — — геометрическая 27—29

— самовсасывания насоса 30

Датчики 278

Дросселирование 53

Задвижки 252—254

— клиновые 252

— параллельные 252

— с выдвигным шпинделем 252—253

— с неподвижным шпинделем 252—253

Запуск и остановка центробежных насосов 118—119

Затворы дисковые поворотные 254—255

Затраты капитальные 285

— эксплуатационные 286

Изменение частоты вращения рабочего колеса насоса 55—56

— — — — — с помощью промежуточных передач 56—58

Изоляторы 274

Испытания центробежных насосов кавитационные 114—115

— — — энергетические 110—114

Кавитация 29

Клапаны обратные поворотные безударные 256—257

— — — многодисковые 256

— — — однодисковые 256

— — — приемные 257

Колесо рабочее 86—89

— — закрытое 128—129

— — открытое 128—129

— — с двусторонним входом 87

— — с односторонним входом 86—87

Колпак воздушный 144

— — всасывающий 144

— — нагнетательный 144

Компакт 67

Компрессоры осевые 158

— пластинчатые (шиберные) 160—164

— поршневые 164—165

— центробежные шестиступенчатые 156—158

Коэффициент быстроходности 33

— напора 132

— неравномерности подачи 142

— подмешивания 132

— полезного действия насоса 14

— — — гидравлический 14, 24

— — — механический 14

— — — — объемный 14

— статического напора 24—25

Лопатки, загнутые вперед 25—26

— — назад 25—26

— с радиальным выходом 25

Манометры 259

Машины водокольцевые 159—160

— воздуходувно-компрессорные динамические 156—159

— воздуходувные 154—155

— компрессорно-воздуходувные 242

— — подача 242

— компрессорные 154

— — динамические 154

— — объемные 154

Метод аналитический 52—53

— графический 51—52

Мощность насоса 14

— — полезная 14

Муфта гидравлическая 56—57

— электромагнитная 57—58

* Составила Э. Н. Капрова

Напор 12

- манометрический 12—13
- насоса вихревого 129
- осевого теоретический 122—123
- требуемый 13—14

Насос 11

- вибрационный (гидроподъемник) 136
 - — типа ВП4-1 136
 - винтовой 150
 - вихревой 128
 - — самовсасывающий 131
 - диагональный (полуосевой) 128
 - диафрагменный 148
 - многоступенчатый горизонтальный 99
 - — — типа МС 99
 - — — — М 99
 - — — — МД 99
 - объемный 140
 - одновинтовой вертикальный 150
 - осевой 121
 - — жестколопастный 124
 - — поворотнo-лопастный 124
 - — с вертикальным расположением вала 121
 - — типа О 124
 - — — ОП 125
 - переносной ГНОМ 108
 - пластинчатый шибберный 152
 - плунжерный 146
 - струйный 131
 - трехвинтовой с односторонним подводом перекачиваемой среды 151
 - центробежный вертикальный типа В 102
 - — — канализационный типа СДВ 106
 - — — — погружной типа ЭЦК 107—108
 - — горизонтальный канализационный типа СД 101
 - — — с двусторонним входом типа Д 96
 - — — запуск и остановка 118—119
 - — — испытания кавитационные 114—115
 - — — энергетические 110—114
 - — консольный одноступенчатый типа К 93—94
 - — — моноблочный 94
 - — — — типа ХО 96
- Насос-дробилка горизонтальный центробежный 101—102
- Насосы зубчатые 148
- — коловратные 149—150
 - — шестеренные 148—149
 - — шланговые 150
 - многоступенчатые 16—17
 - одноколесные (одноступенчатые) 15, 17

322

— поршневые 140

- — графики подачи 141—143
- — двустороннего действия ПР-5/6 146
- — конструкции 146
- — одностороннего действия 140—141
- — с двусторонним входом 16, 17, 35
- — скважинные 102
- — погружные 104—106
- — полупогружные 102—104
- шнековые (гидроподъемники) 133—136

Определение режимов параллельно работающих насосов 62—64

Отводы 88—90

— спиральные 88

Отчисления амортизационные 286—287

Плaшка 116

Подача насоса 12

- — действительная 26—27, 124, 142
- — диафрагменного средняя 148
- — идеальная 26, 123, 144
- — одновинтового 150
- — осевого действительная 124
- — — идеальная 123
- — пластинчатого 153
- — поршневого 141—143
- — — действительная 142
- — — идеальная 144
- — — регулирование 144
- — трехвинтового 151
- — шестеренного средняя 149
- — шлангового 150

Подбор насосов с помощью ЭВМ 68—71

Подвод (подводящее устройство) 88

Подобие насосов геометрическое 30

- — динамическое 31
- — кинематическое 31

Подпор 121

Подстанция трансформаторная 268

- — закрытая 269
- — комплектная 269
- — открытая 269

Подшипники 91

Работа насоса параллельная 58—64

- — полезная 14
- — последовательная 64—66
- — удельная 14

Разъединители 272—273

Расходомер 258

Регулирование подачи задвижкой 53—54

— — изменением частоты вращения рабочего колеса 54—55

Резервуар приемный 228

- Реле 278
 - времени 280
 - давления 278
 - напряжения 281
 - струйное 279
 - термическое 279
 - уровня 278
 - электромагнитное 280
 - Ремонт насосного агрегата аварийный 120
 - — — капитальный 120
 - — — текущий 120
 - Репер 116
 - Решетка сороудерживающая 230—232
 - элементарных профилей 121—122
 - Решетки-дробилки 234
 - Система дренажная 262—263
 - Смазка насосных агрегатов 119
 - Сооружение водозаборное 185
 - — — напор 186—187
 - — — общая схема 185
 - — — подача 186—188
 - — — режим работы 185
 - Сопrotивление водовода 49
 - трубопровода 49
 - Станции воздухоудные 242
 - — — подача 242
 - насосно-компрессорные водопроводные 215—216
 - насосные второго подъема 166, 191
 - — — водопроводные 210—212
 - — — здания 204
 - — — определение напора 195—198
 - — — — подача 192—193
 - — — — режимы работы 191
 - — — — типовая 212
 - — — канализационные 218
 - — — — главные 218
 - — — — местные 218
 - — — — напор 225
 - — — — размещение 220
 - — — — районные 218
 - — — — регулирующая вместимость 222—225
 - — — — режим работы 221
 - — — — с вертикальными насосами 239
 - — — — с горизонтальными насосами 236—239
 - — — — первого подъема 166
 - — — — берегового типа 181—183
 - — — — здания 178—181
 - — — — на подземных источниках 188
 - — — — — напор 170
 - — — — — оборудование 170—171
 - — — — — подача 169—170
 - — — — — режимы работы 168—170
 - — — — — схемы 167—168
 - — — — типовая 184
 - — — — повысительные 166, 215
 - — — — циркуляционные 166, 212—215
- Точка мертвая верхняя 141
 - — — нижняя 141
 - — — рабочая (режимная) 51
- Трансформатор 269
 - измерительный напряжения 273
 - — — тока 273
- Трубопроводы всасывающие 173—175, 203, 227—228
 - напорные 175—178, 203—204, 227
 - — — схемы переключения 178, 204
- Уплотнения 90—91
 - сальниковые 90
- Установка центробежных насосов 115—118
- Установки маслонпорные 263
 - пневматические переменного давления 216—217
 - — — постоянного давления 216
- Устойчивость работы насоса в сети 66—68
- Устройства сужающие 258—259
- Устройство распределительное 270
 - — — закрытое 270—271
 - — — открытое 270—271
- Характеристика насоса дроссельная 62
 - трубопровода 48
- Характеристики механические насоса 266
 - — — рабочей машины 266
 - — — электродвигателя 266
 - — — насоса 35
 - — — в виде аналитических зависимостей — 40—41
 - — — графические 35—40
 - — — кавитационные 42, 114—115
 - — — универсальные 41, 124
- Шины сборные 273
- Шнек 133—134
- Щиты низковольтные распределительные 274
 - управления 274
- Электродвигатели асинхронные 264—265
 - выбор мощности 266
 - методы запуска 267
 - механические характеристики 266
 - синхронные 265
- Электронасос погружной вертикальный типа ЦМФ 108
- Эрлифты 136—139, 215—216
- Эрозия кавитационная 29
- Эффект диффузорный 22

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Основные обозначения	5
Введение	7
часть I. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ЖИДКИХ И ГАЗОВЫХ СРЕД	15
1. Центробежные насосы	15
1.1. Принцип работы и схемы центробежных насосов основных видов	15
1.2. Классификация центробежных насосов	17
1.3. Движение жидкой среды в рабочем колесе насоса. Параллелограммы и треугольники скоростей	18
1.4. Основное уравнение работы центробежного насоса (уравнение Эйлера)	21
1.5. Влияние угла выхода потока на напор насоса. Формы лопаток	25
1.6. Идеальная и действительная подачи насоса	26
1.7. Высота всасывания. Кавитация	27
1.8. Подобие насосов и формулы пересчета основных параметров	30
1.9. Коэффициент быстроходности	33
1.10. Характеристики центробежных насосов	35
1.11. Влияние частоты вращения рабочего колеса насоса на его характеристики	43
1.12. Влияние диаметра рабочего колеса насоса на его характеристики (обточка рабочего колеса)	45
1.13. Работа центробежных насосов в системе трубопроводов. Подбор насоса	48
1.14. Регулирование подачи центробежных насосов	53
1.15. Совместная работа группы центробежных насосов в системе трубопроводов	58
1.16. Использование вычислительной техники для расчета режимов работы центробежных насосов	68
1.17. Основные детали и конструктивные узлы центробежных насосов	86
1.18. Сила осевого давления и способы ее уравновешивания	91
1.19. Горизонтальные центробежные насосы	93
1.20. Вертикальные центробежные насосы	102
1.21. Испытание центробежных насосов	110
1.22. Монтаж и эксплуатация центробежных насосов	115
2. Осевые насосы	121
2.1. Схема и принцип работы осевых насосов	121
2.2. Элементы теории, напор и подача осевых насосов	121
2.3. Характеристики осевых насосов. Регулирование подачи	124
2.4. Конструкция и маркировка осевых насосов	124
3. Насосы трения	128
3.1. Вихревые насосы	128
3.2. Струйные насосы	131

3.3. Шнековые насосы (гидроподъемники)	133
3.4. Вибрационные насосы (гидроподъемники)	136
3.5. Воздушные водоподъемники (эрлифты)	136
4. Объемные насосы	140
4.1. Общие сведения	140
4.2. Поршневые насосы	140
4.3. Плунжерные насосы	146
4.4. Диафрагменные насосы	148
4.5. Зубчатые насосы	148
4.6. Винтовые насосы	150
4.7. Шиберные насосы	152
5. Машины для перекачивания и сжатия газов	154
5.1. Общие сведения о воздуходушных и компрессорных машинах	154
5.2. Динамические воздуходувно-компрессорные машины	156
5.3. Объемные воздуходувки и компрессоры	159
часть II. НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ	166
6. Насосные станции систем водоснабжения	166
6.1. Классификация водопроводных насосных станций	166
6.2. Насосные станции первого подъема на поверхностных источниках	167
6.3. Насосные станции первого подъема на подземных источниках	185
6.4. Насосные станции второго подъема	191
6.5. Циркуляционные и повысительные насосные станции	212
6.6. Насосно-компрессорные водопроводные станции	215
6.7. Насосные станции с пневматическими установками	216
7. Насосные станции систем водоотведения (канализационные)	218
7.1. Классификация и схемы канализационных насосных станций	218
7.2. Выбор места размещения канализационных насосных станций	220
7.3. Режим работы и подача канализационных насосных станций	221
7.4. Определение регулирующей вместимости приемного резервуара	222
7.5. Определение напора канализационных насосных станций	225
7.6. Выбор основных и резервных насосов	225
7.7. Особенности расчета и конструирования всасывающих и напорных трубопроводов	227
7.8. Приемные резервуары и их оборудование	228
7.9. Здания канализационных насосных станций	235
7.10. Особенности насосных станций для перекачивания ила	236
7.11. Примеры канализационных насосных станций	236
8. Воздуходувные станции	242
8.1. Назначение воздуходушных станций и определение их основных технических параметров	242
8.2. Подбор и компоновка основного и вспомогательного оборудования	245
8.3. Примеры компрессорно-воздуходувных станций	250
9. Вспомогательное оборудование насосных и воздуходушных станций	251
9.1. Арматура трубопроводов	251
9.2. Оборудование для заливки насосов перед их запуском	259
9.3. Насосные установки хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения на собственные нужды	261
9.4. Дренажные и маслонапорные установки	262
9.5. Подъемно-транспортное оборудование	263

10. Электрооборудование и электроснабжение насосных и воздухоудных станций	264
10.1. Электродвигатели, применяемые для привода насосов и воздухоудов	264
10.2. Трансформаторные подстанции	268
10.3. Силовые трансформаторы и методика их подбора	269
10.4. Высоковольтные распределительные устройства	270
10.5. Низковольтные распределительные устройства	274
11. Автоматизация и телемеханизация насосных и воздухоудных станций	276
11.1. Общие сведения об автоматизации технологических процессов станций	276
11.2. Основные элементы систем автоматизации	278
11.3. Схемы автоматизации управления насосными агрегатами	281
11.4. Телемеханическое управление насосными и воздухоудными станциями	283
12. Техничко-экономические расчеты и показатели при проектировании станций	285
12.1. Структура затрат при техничко-экономическом расчете	285
12.2. Вариантный метод проектирования	287
12.3. Основные техничко-экономические показатели	287
Приложения	289
Литература	319
Предметный указатель	321

Учебное издание

Карасев Борис Васильевич

НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ

Заведующий редакцией *А. Ф. Зиновьев*
Редактор *Э. Н. Капрова*
Младший редактор *А. П. Берлина*
Художник переплета *В. А. Ярошевич*
Художественный редактор *В. Н. Валентович*
Технический редактор *М. Н. Кислякова*
Корректор *В. В. Неверко*

ИБ № 2929

Сдано в набор 20.07.89. Подписано в печать 22.01.90. АТ 03514. Формат 60×90/16.
Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 20,5, Усл.
кр.-отг. 20,5. Уч.-изд. л. 22,12. Тираж 3000 экз. Заказ 1183. Цена 1 р. 20 к.

Издательство «Высэйшая школа» Государственного комитета БССР по печати.
220048, Минск, проспект Машерова, 11.

Типография им. Франциска Скорины издательства «Навука і тэхніка». 220600, Минск,
ул. Жодинская, 18.

Карасев Б. В.
К 21 Насосные и воздуходувные станции: Учеб. для вузов.—
Мн.: Выш. шк., 1990.— 326 с.: ил.
ISBN 5-339-00364-7.

Рассматриваются теоретические вопросы устройства, работы и проектирования насосных и воздуходувных станций. Дается характеристика современного отечественного оборудования для перекачки жидких и газообразных сред.

Для студентов вузов специальности «Водоснабжение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов».

330900000—004
К—90
М304(03)—90

ББК 38.761я73