
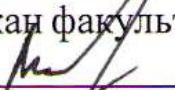


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Факультет инженерных систем и экологии
Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой

С. В. Андреюк
«16» сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета

А. А. Волчек
«16» 12 2022 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ»**

для специальности:
1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных
ресурсов»

Составитель: В.В. Мороз – доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и
охраны водных ресурсов, канд. техн. наук, доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании научно-методического совета
университета 09.12.2022 г.,
протокол № 3

рег. N УМК 22/23 - 62

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Конспект лекций по дисциплине «Насосные и воздухоудвные станции»

2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Насосные и воздухоудвные станции»

3 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1 Вопросы к экзамену по учебной дисциплине «Насосные и воздухоудвные станции»

4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа дисциплины «Насосные и воздухоудвные станции»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели ЭУМК

- повышение эффективности образовательного процесса специальности 1- 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» по дисциплине «Насосные и воздухоудвные станции»;
- внедрение перспективных технологий хранения и передачи информации в электронном виде.
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета.

Структура ЭУМК

содержит теоретический, практический, вспомогательный раздел и раздел по контролю знаний студентов.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

Необходим IBM PC-совместимый ПК стандартной конфигурации.

1 Теоретический раздел

[#Структура](#)

Конспект лекций по дисциплине «Насосные и воздухоудвные станции»

[Тема 1 Введение](#)

[Тема 2 Технические параметры, характеризующие работу насосов](#)

[Тема 3 Центробежные насосы](#)

[Тема 4 Осевые и диагональные насосы](#)

[Тема 5 Насосы трения и инерции](#)

[Тема 6 Объемные насосы](#)

[Тема 7 Машины для перекачивания и сжатия газов](#)

[Тема 8 Водопроводные насосные станции первого подъема](#)

[Тема 9 Водопроводные насосные станции второго подъема](#)

[Тема 10 Циркуляционные и повысительные насосные станции](#)

[Тема 11 Насосные станции систем водоотведения](#)

[Тема 12 Воздуходувные станции](#)

[Тема 13 Вспомогательное оборудование насосных и воздухоудвных станций](#)

[Тема 14 Электрооборудование и электроснабжение насосных и воздухоудвных станций](#)

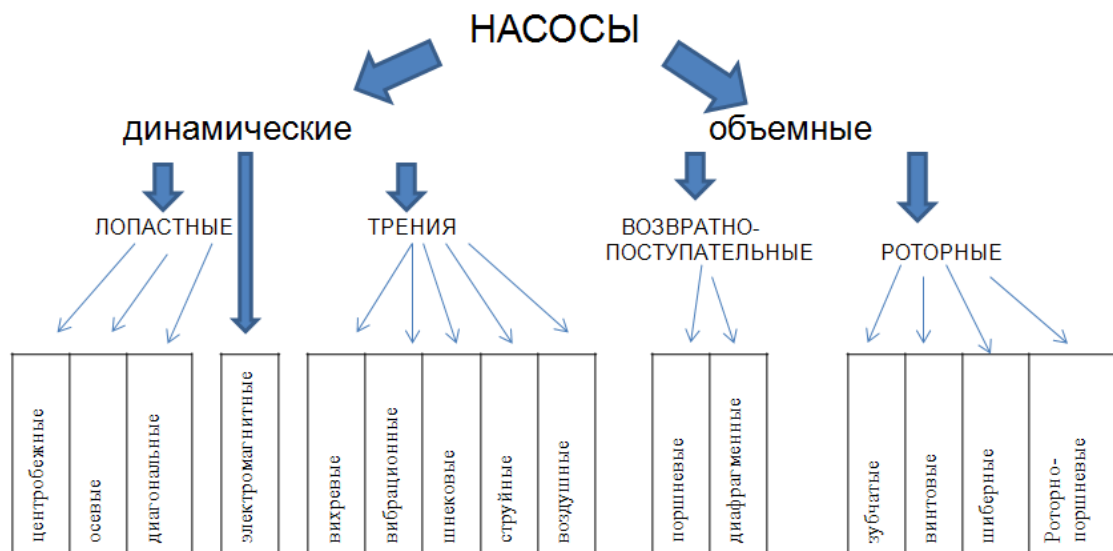
Тема 1 Введение

Определение насосов и их классификация в соответствии с нормативными документами. Понятия: насосная установка, насосная станция.

#ТеоретическийРаздел

Классификация насосов.

Насос — гидравлическая машина для создания потока жидкой среды.



Тема 2 Технические параметры, характеризующие работу насосов

Подача (объемная, массовая); напор (манометрический, требуемый); мощность (полная, полезная); коэффициент полезного действия (гидравлический, объемный, механический, полный); высота всасывания (геометрическая, вакуумметрическая, допускаемая).

#ТеоретическийРаздел

Работа насоса характеризуется следующими параметрами:

1. Подача
2. Напор
3. Мощность
4. КПД
5. Высота всасывания

Подача – объем жидкой среды подаваемой насосом в единицу времени.

$$Q = \frac{V}{T} \text{ м}^3/\text{ч}, \text{ м}^3/\text{с}, \text{ л/с}$$

Напор – приращение удельной энергии потока жидкой среды при прохождении потока через рабочие органы насоса. Измеряется в м.

Различают *манометрический напор* (определяемый по показаниям манометра и вакуумметра) и *напор требуемый* (рассчитанный по схеме насосной установки).

1. Водозаборное сооружение
2. Всасывающий трубопровод
3. Насосный агрегат
4. Вакуумметр
5. Манометр
6. Обратный клапан
7. Задвижка
8. Нагнетательный трубопровод
9. Напорный резервуар

Схема насосной установки.

Z_M, Z_B – высоты подключения манометра и вакуумметра

$H_{г.вс.}$ – геометрическая высота всасывания насоса

$H_{г.н.}$ – геометрическая высота нагнетания

H_g – геометрическая высота подъема

$$H = \frac{P_B + P_M}{\rho g} + Z_B - Z_M + \frac{V_H^2 + V_B^2}{2g} \text{ м}$$

$$V_{H,B} = \frac{4Q}{\pi d_{H,B}^2} \text{ м/с}$$

При открытых системах, когда резервуары сообщаются с атмосферным давлением

$$H = H_{\Gamma} + h_{\Pi}$$

$h_{\Pi} = h_{\Pi.V.} + h_{\Pi.H.}$ – сумма потерь на всасывающем и нагнетательном трубопроводах.

Мощность насоса – мощность потребляемая насосом для создания определенного расхода и напора.

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

Различают полную и полезную мощность.

Полезная мощность – мощность, сообщаемая насосом перекачиваемой жидкой среде.

$$N_{\Pi} = \rho g Q H \text{ Вт}$$

Полная мощность – мощность потребляемая насосом от привода (электродвигателя).

$$N = M_{\text{кр}} \omega$$

КПД – это отношение полезной мощности к мощности насоса.

$$\eta = \frac{N_{\Pi}}{N}$$

КПД учитывает снижение мощности насоса вследствие потерь.

$$\eta = \eta_g \eta_o \eta_m$$

η_g – гидравлический КПД

η_o – объемный КПД

η_m – механический КПД

Различают манометрическую и вакуумметрическую высоту всасывания.

Геометрическая высота всасывания насоса – это разность отметок двух плоскостей, одна из которых проходит через область насоса с минимальным давлением (вход в рабочее колесо насоса), вторая совпадает со свободной поверхностью жидкой среды в источнике.

Вакуумметрическая высота всасывания насоса – это разность между атмосферным и абсолютным давлениями входе в насос выраженное в м.вод.ст.

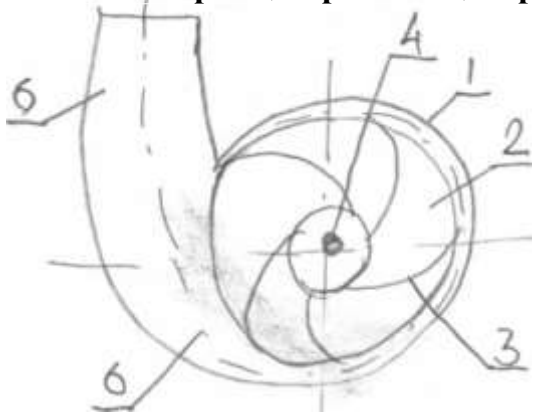
Тема 3 Центробежные насосы

Схема и принцип работы центробежных насосов. Классификация центробежных насосов. Кинематика потока жидкой среды в проточной части насоса. Параллелограммы и треугольники скоростей. Основные геометрические параметры рабочего колеса насоса. Основное уравнение работы центробежного насоса (уравнение Л.Эйлера). Влияние угла выхода потока жидкой среды на напор насоса; формы лопаток рабочего колеса насоса. Идеальная и действительная подачи насоса. Явление кавитации в насосах. Формулы пересчета основных параметров насосов при изменении частоты вращения и диаметра рабочего колеса. Коэффициент быстроходности насосов.

Характеристики насосов (теоретические, действительные, графические, аналитические). Универсальная характеристика. Влияние изменения частоты вращения и диаметра рабочего колеса насоса на его характеристики. Кривые пропорциональных режимов. Сводные графики полей $Q-H$ насосов. Работа центробежных насосов в системе трубопроводов. Характеристика трубопровода (сети трубопроводов). Графический метод подбора насоса. Регулирование подачи центробежных насосов. Совместная работа группы центробежных насосов в системе трубопроводов. Правила построения суммарных характеристик группы насосов и водоводов и анализ их совместной работы. Совместная работа группы насосов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, на общий вывод. Влияние изменения геометрической высоты подъема жидкой среды на работу насоса. Основные типы и маркировка отечественных (К, Д, М, МС, МД, СМ) и зарубежных («Флюгт», «Вилло», «Грандфос») насосов.

#ТеоретическийРаздел

Схема и принцип работы центробежного насоса.



1. Корпус
2. Рабочее колесо (состоит из двух дисков)
3. лопатка рабочего колеса
4. Вал
5. Кольцевой канал
6. Нагнетательный патрубок.

Принцип работы ц/н:

Если корпус насоса заполнить жидкой средой и придать вращение рабочему колесу с определенной частотой, то его лопатки воздействуя на частицы, перемещают их от центра рабочего колеса к периферии (за счет центробежной силы). В результате в центре колеса создается вакуумметрическое давление. Из-за разности давлений, P_a на поверхности жидкости в источнике и $P_{абс}$ в центре рабочего колеса происходит непрерывное движение потока.

Классификация Ц/Н.

Центробежные насосы классифицируются по следующим признакам:

По числу ступеней нагнетания (числу рабочих колес):

- 1.одноступенчатые
- 2.многоступенчатые

По числу сторон подвода воды к насосу:

- 1.одностороннее всасывание
- 2.двухстороннее всасывание

По напору:

- низконапорные (Н менее 20 м.вод.ст.)
средненапорные (20 Н 60 м.вод.ст.)
высоконапорные (Н>60 м.вод.ст.)

По коэффициенту быстроходности:

- тихоходные (n_s менее 80)
нормальной быстроходности (80 n_s 150)
3. быстроходные ($n_s >150$)

По роду перекачиваемой жидкости:

1. общего назначения (чистые среды $t=105C$)
2. сточные (загрязненные $t=100C$)
3. теплофикационные (для перекачивания жидкостей t более 100C)
4. химические
5. багерные (шлак)
6. шламовые (зола)
7. грунтовые (пульпа, песок),

По расположению вала насоса в рабочем состоянии

1. вертикальные
2. горизонтальные

По способу соединения вала насоса и вала двигателя:

1. муфтовые
2. моноблочные

По условиям монтажа:

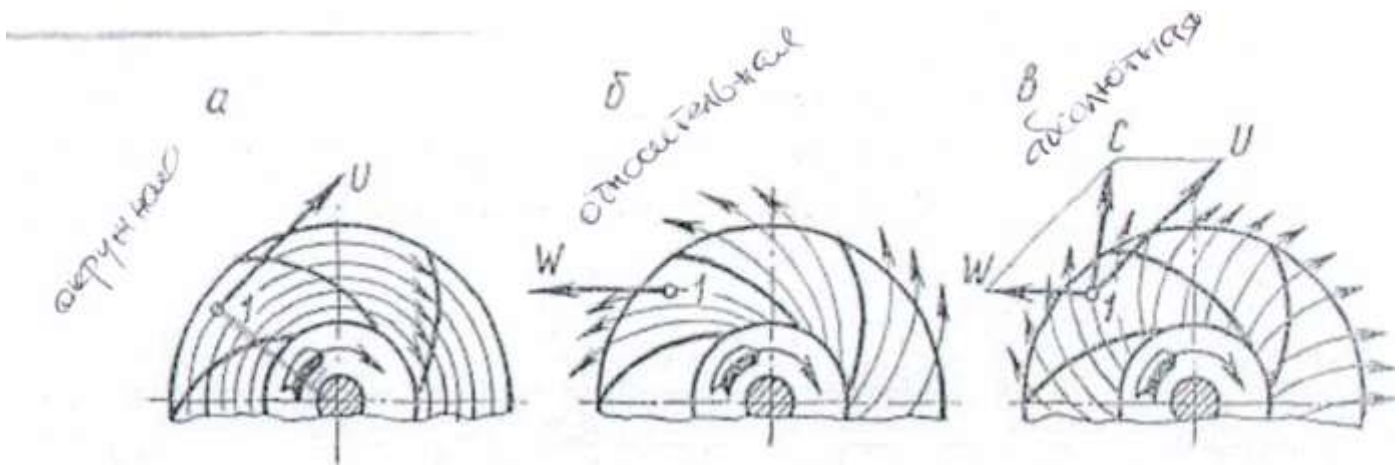
1. наземные
2. погружные

Движение жидкой среды в рабочем колесе Ц/Н.Параллелограммы и треугольники скоростей.

Жидкая среда к рабочему колесу насоса подводится в осевом направлении, и каждая ее частичка движется поступательно с абсолютной скоростью C_0 .

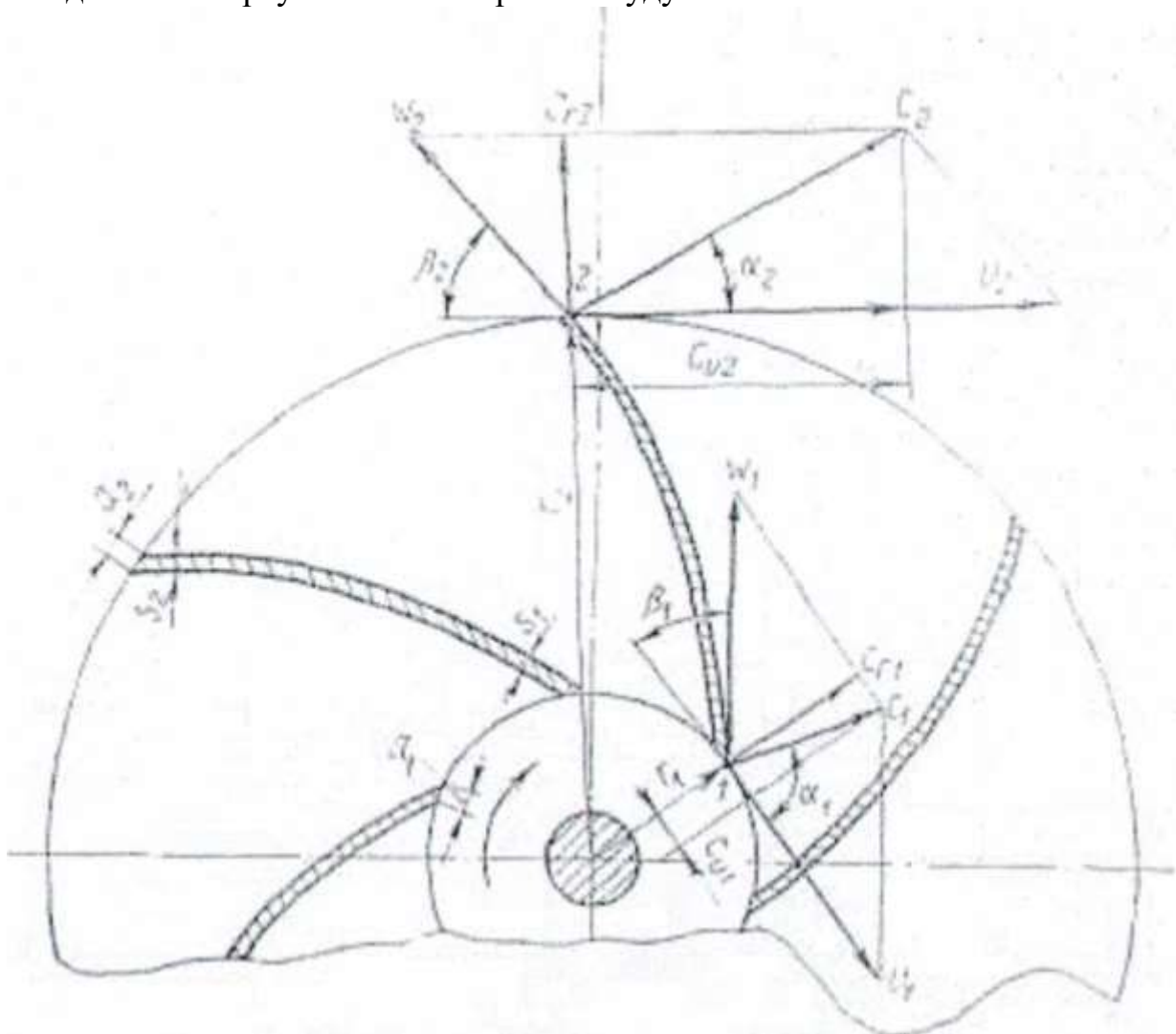
Попав в межлопаточное пространство колеса каждая из них принимает участие в сложном движении. Движение частицы 1, вращающейся вместе с колесом, характеризуется вектором **окружной (переносной) скорости** U , направленным перпендикулярно к радиусу вращения (или по касательной к окружности вращения). Кроме того, эта же частица перемещается относительно колеса и характеризуется вектором **относительной скорости** W , направленным по касательной к линии тока в относительном потоке (вектор относительной скорости будет направлен по касательной к поверхности лопатки).

Абсолютное движение частицы 1 характеризуется **вектором абсолютной скорости**, равным геометрической сумме векторов окружной и относительной скоростей, т. е. $C=U+W$.



Таким образом, в любой точке межлопаточного канала колеса можно построить треугольник (или параллелограмм) скоростей.

Для рассмотрения кинематики потока при движении жидкой среды в рабочем колесе принято строить треугольники скоростей входной **1** и выходной **2** кромки лопатки, предполагая при этом, что во всех точках сечений на входе в рабочее колесо и на выходе из него треугольники скоростей будут такими же.



D_0 — диаметр входного отверстия колеса; D_1 и D_2 — диаметры на входе в каналы и на выходе из них (диаметры входа и выхода); r_1 r_2 — радиусы входа и выхода; b_1 и b_2 — ширина лопатки (каналов) на входе и выходе; S_1 , S_2 — толщина

лопатки на входе и выходе; U_1, U_2 — окружные скорости на входе и выходе; W_1, W_2 — относительные скорости входе и выходе; C_1, C_2 — абсолютные скорости на входе и выходе; α_1, α_2 — углы между векторами абсолютных и окружных скоростей на входе и выходе; β_1, β_2 — углы между векторами относительных и продолжениями векторов окружных скоростей на входе и выходе; C_{u1}, C_{u2} — проекции абсолютных скоростей на направление окружной скорости на входе и выходе; C_{r1}, C_{r2} — проекции абсолютных скоростей на направление радиуса (меридиональные скорости).

Треугольники скоростей могут быть построены вне схемы рабочего колеса, но при этом следует соблюдать условие: **за направление радиуса принимается вертикаль, а за направление окружной скорости — горизонталь.**

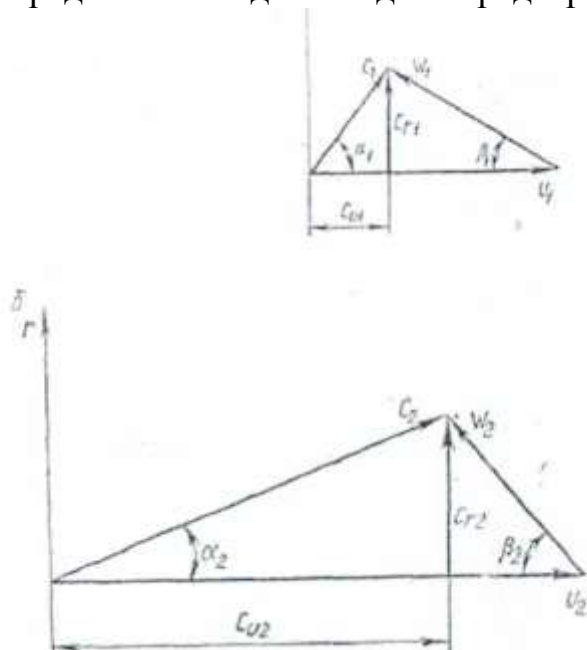
Окружная скорость определяется по формуле

$$U = \pi D n / 60,$$

где D — диаметр окружности, на которой определяется скорость, м; n — частота вращения рабочего колеса.

Кроме векторов скоростей (U, W и C), параллелограмм включает элементы, основными из которых являются C_r — проекция абсолютной скорости на направление радиуса и C_u — проекция абсолютной скорости на направление окружной.

По C_r определяется подача жидкой среды рабочим колесом насоса



Треугольники скоростей

А) входа, б) выхода

Основное уравнение ц/н (Уравнение Эйлера).

Если центробежный насос включить в работу при закрытом запорном устройстве на напорном патрубке, жидкая среда не протекает в каналах рабочего колеса, и частицы ее, вращаясь вместе с колесом, имеют окружную скорость. В результате в межлопаточных каналах рабочего колеса образуется осевой вихрь,

направленный против вращения колеса (см. правую часть рис.) в сторону увеличения относительной скорости на тыльной стороне лопатки и уменьшения ее на лицевой стороне.

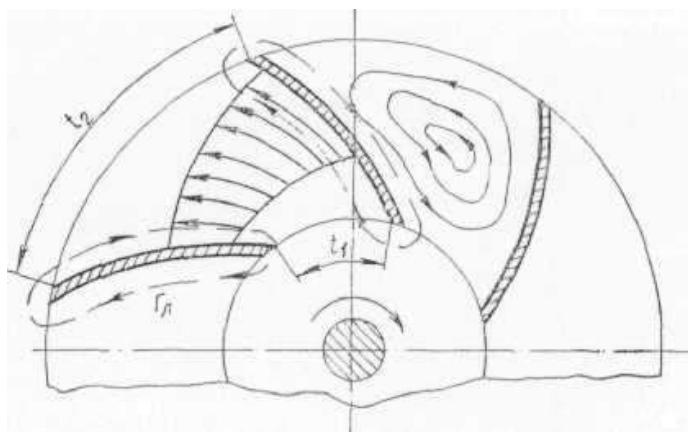


Рис. Схемы осевого вихря и распределения относительной скорости в цилиндрическом сечении рабочего колеса

При открытом запорном устройстве, когда насос перекачивает жидкую среду, интенсивность вихря ослабевает, но в результате влияния его на перераспределение относительных скоростей возникает циркуляция скорости вокруг лопатки $\Gamma_{л}$.

Таким образом, в межлопаточных каналах происходит сложное движение, относительные скорости W в радиальных сечениях каналов не одинаковы (см. левую часть рис.) и параллелограммы скоростей входа и выхода потока на участках t_1 и t_2 (t — шаг решетки лопастей) отличаются. Учесть все явления, происходящие в рабочем колесе, при выводе основного уравнения работы насоса не представляется возможным.

Поэтому примем следующие допущения:

1. Условное рабочее колесо имеет бесконечно большое число ($Z=\infty$) бесконечно тонких лопаток. Тогда можно считать, что между лопатками будут элементарные потоки — струйки, и относительное движение в таких элементарных каналах можно характеризовать одним вектором скорости. Следовательно, при $Z=\infty$ все струйки в цилиндрических сечениях колеса имеют одинаковые треугольники скоростей и энергию.

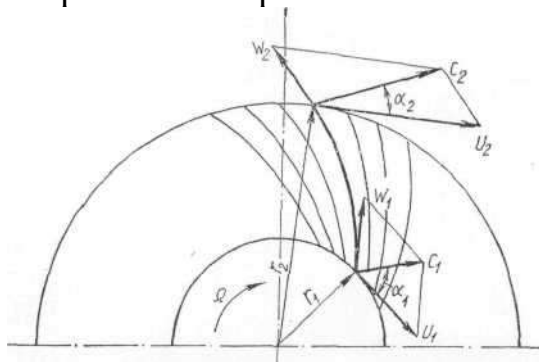


Схема условного рабочего колеса

2. Жидкая среда, подаваемая условным рабочим колесом, идеальна, т. е.

совершенно несжимаема, и в ней отсутствуют силы вязкости.

Действительный напор центробежного насоса

$$H = \frac{\sigma_z \eta_z}{g} (U_2 C_{U_2} - U_1 C_{U_1})$$

Это выражение представляет собой **основное уравнение работы центробежного насоса**

σ_z – коэффициент учитывающий число лопаток рабочего колеса.

$$\sigma_z = \frac{1}{1 + \frac{3.6}{Z} \cdot \frac{\sin \beta_2}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2}}$$

Z – количество лопаток

D_1 – диаметр входа в каналы рабочего колеса

D_2 – диаметр выхода

$$\eta_z = \frac{H}{H + \Delta H}$$

Если $\alpha_1 = 90^\circ$, то уравнение принимает вид

$$H = \frac{\sigma_z \eta_z}{g} (U_2 C_{U_2})$$

Общий напор насоса $H = H_{\text{статич}} + H_{\text{динамич}}$

Чем больше $H_{\text{ст}}$, тем предпочтительней насос.

$K_c = H_{\text{ст}}/H$ – коэффициент реакции

Виды лопаток и влияние их формы на напор насоса.

Угол выхода потока зависит от формы лопаток. Существуют три вида лопаток:
загнутые (по ходу вращения) назад (рис.а);
с радиальным выходом (рис.б);
загнутые вперед (рис.в).

При равных геометрических размерах колес и постоянном значении U_2 с возрастанием β_2 увеличивается окружная составляющая (C_{U_2}) абсолютной скорости.

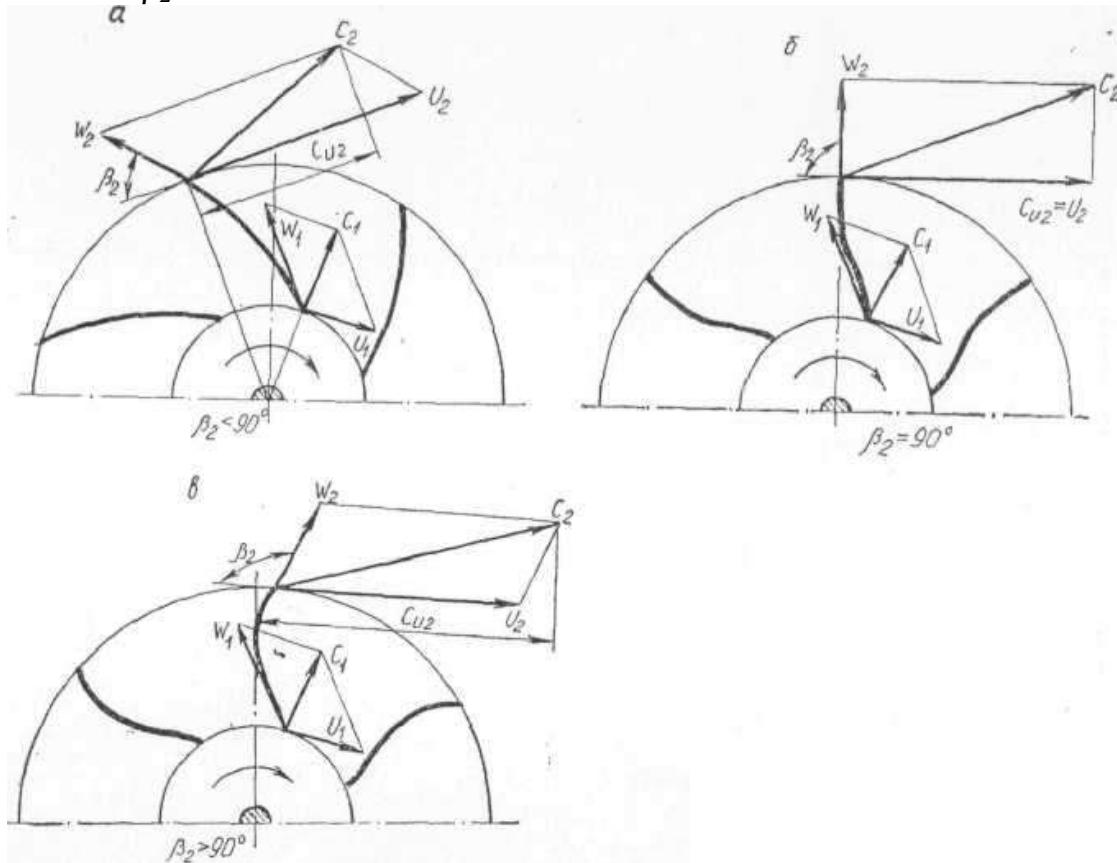
Следовательно, на основании уравнения Эйлера можно сделать вывод, что с увеличением угла β_2 напор насоса увеличивается и у рабочего колеса с лопатками, загнутыми вперед, он будет наибольшим. Однако в практике насосостроения чаще всего используются рабочие колеса с лопатками, загнутыми назад. Это объясняется следующими причинами.

Более совершенным является насос с большим коэффициентом -статического напора. Из рис. 1.10 следует, что с увеличением угла β_2 возрастает абсолютная скорость выхода потока C_2 . Следовательно, увеличение напора происходит за счет возрастания динамической составляющей H_d .

Колесо с лопатками, загнутыми вперед, имеет малый коэффициент статического напора ($K_c < 0,5$). У рабочих колес с радиальными лопатками $k_c = 0,5$, а с

лопатками, загнутыми назад, $K_c > 0,5$.

Лопатки, загнутые назад, с гидродинамической точки зрения более удобообтекаемы при переменном режиме работы насоса, диапазон скоростей безотрывного обтекания значительно шире. Следовательно, гидравлические потери при движении жидкой среды по каналам будут меньше, а КПД насоса выше. Обычно принимают следующие значения углов входа и выхода для лопаток, загнутых назад: $\beta_1 = 14...25^\circ$ и $\beta_2 = 15..40^\circ$.



Идеальная и действительная подачи ц/н.

Идеальная подача – подача без учета объемных потерь.

Идеальная подача насоса без учета стеснения потока лопатками определяется как произведение площади сечения на выходе из рабочего колеса на радиальную составляющую абсолютной скорости (так как эта составляющая нормальна к площади сечения):

$$Q_u = \varpi_1 C_{r1} = \varpi_2 C_{r2} = \pi D_{1,2} b_{1,2} C_{r1,2}$$

ϖ – активная площадь колеса

$$\varpi_1 = \pi D_1 b_1 \psi_1 \quad \varpi_2 = \pi D_2 b_2 \psi_2$$

ψ – коэффициент стеснения

$$\psi_1 = \frac{\pi D_1 - Z \frac{S_1}{\sin \beta_1}}{\pi D_1} \quad \psi_2 = \frac{\pi D_2 - Z \frac{S_2}{\sin \beta_2}}{\pi D_2}$$

$S_{1(2)}$ – толщина лопатки на входе (выходе)

Действительная подача насоса отличается от теоретической объемными потерями:

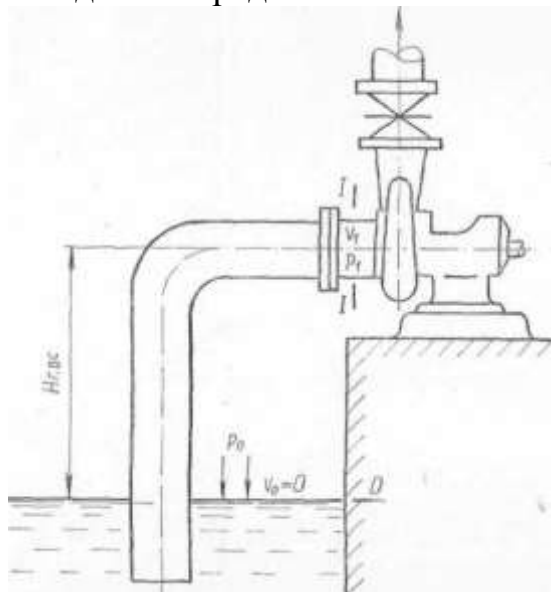
$$Q = \eta_0 Q_u$$

где η_0 – объемный КПД насоса (0,95-0,98)

Явление кавитации насоса

Высота всасывания насоса определяет высотное расположение насоса по отношению к отметке уровня воды в приемном резервуаре или источнике, из которого жидкая среда перекачивается насосом. Неточности ее расчета могут привести к ухудшению и даже полному срыву работы насоса.

Чтобы насос смог засосать жидкую среду, находящуюся ниже отметки его установки, на входе в рабочее колесо он должен создать вакуумметрическое давление. Разность атмосферного и полного вакуумметрического давлений в метрах столба жидкости представляет собой *вакуумметрическую высоту всасывания*.



Теоретически при условии $P_1 = 0$ и $V_1 = 0$ геометрическая высота всасывания

$$H_{г.вс.} = P_a / (\rho g) = 10 \text{ м}$$

В реальных условиях ее предельное значение ниже по следующим причинам. Во всасывающем трубопроводе при понижении давления до критического значения из жидкой среды начинают выделяться пузырьки пара и растворенного в ней газа. Увлекаясь далее потоком в область повышенного давления, пар конденсируется и пузырьки захлопываются. Описанное явление называется *кавитацией*.

Конденсация пара происходит за очень короткий промежуток времени, и при захлопывании пузырьков в результате гидравлических ударов возникают ударные волны. При многократном воздействии ударных волн обтекаемая жидкой средой поверхность разрушается, т. е. происходит кавитационная эрозия.

Поверхность становится пористой, параметры шероховатости ее увеличиваются.

Особенно сильно кавитационной эрозии подвержены чугун и углеродистая сталь, наиболее устойчивы нержавеющая сталь и бронза. При возникновении кавитации нарушается сплошность потока, что приводит к резкому снижению напора, подачи и КПД. Кроме того, работа насоса в кавитационном режиме сопровождается характерным шумом и вызывает вибрацию установки.

При расчете предельной геометрической высоты всасывания необходимо исключать условия возникновения кавитации.

Чтобы не возникала кавитация, (полный напор на всасывающей стороне насоса должен быть больше напора насыщенного пара, при данной температуре на значение кавитационного запаса Δh).

$$H_{з.вс}^{доп} = \frac{P_A - P_{п}}{\rho g} - \Delta h - h_{п.в.}$$

$h_{п.в.}$ – потери во всасывающей трубе, м

Δh – кавитационный запас (определяют по кавитационной характеристике насоса), м

P_A – атмосферное давление

$P_{п}$ – давление насыщенных паров (Давление насыщенного пара связано определённой для данного вещества зависимостью от температуры. Когда внешнее давление падает ниже давления насыщенного пара, происходит кипение (жидкости); когда оно выше — напротив, конденсация.)

Коэффициент быстроходности насосов

Коэффициентом быстроходности называется частота вращения такого модельного рабочего колеса, геометрически подобного данному, которое при полезной мощности в 735,5 Вт (1 л. с.) и подаче 0,075 м³/с развивает напор в 1 м.

$$n_s = \frac{3.65n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

n – частота оборотов колеса

Все лопастные насосы в зависимости от n_s делятся на пять типов:

- тихоходные $50 \leq n_s \leq 80$
- нормальной быстроходности $80 \leq n_s \leq 150$
- быстроходные $150 \leq n_s \leq 300$

Характеристики центробежных насосов

Зависимости напора, мощности и КПД насоса от его подачи при постоянной частоте вращения называются характеристиками насоса:

$$H=f_1(Q), N=f_2(Q), \eta=f_3(Q)$$

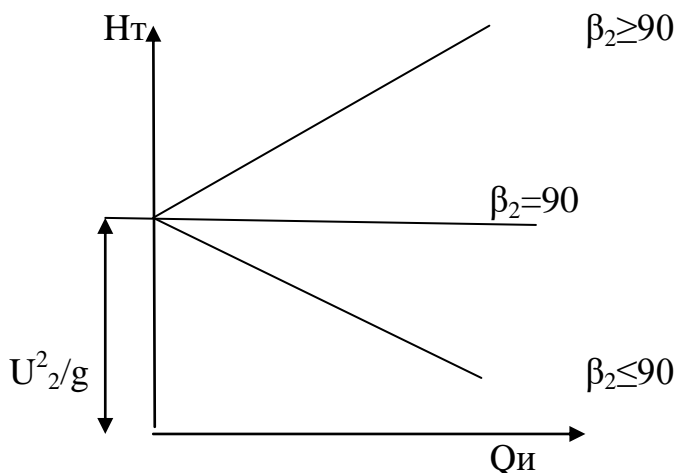
Характеристики насосов могут быть представлены в графической или аналитической форме. Графические могут быть – теоретическими и рабочими.

Теоретические характеристики строятся на основании соответствующих уравнений.

Рабочие - на основе стендовых испытаний насосов.

Аналитические - выглядят в виде эмпирических формул.

Зависимость $H_{т\infty}=f(Q_{и})$ представляет собой уравнение прямой линии. Следовательно, характеристика Q-H с бесконечно большим числом лопаток графически может быть представлено в виде прямой линии.

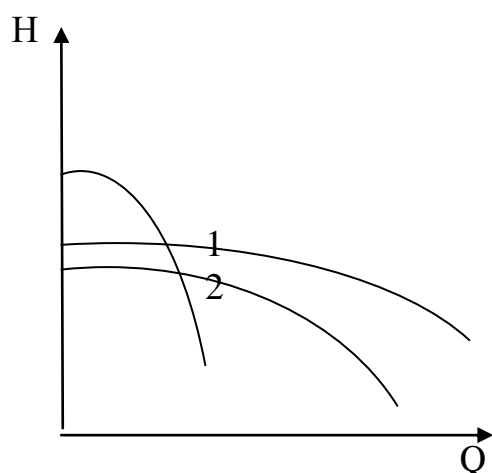


Наклон зависит от угла β_2 выхода потока. Характеристики построены с условием, что среда, протекающая в рабочем колесе идеальна.

При рассмотрении напора в проточной части рабочего колеса учитывают два вида потерь: на трение и на удар.

В зависимости от конструктивных особенностей рабочего колеса, от его быстроходности получают характеристики Q-H трех разновидностей:

1- пологие, 2 – круто падающие, 3 – с выраженным максимумом



Крутизна характеристики определяется выражением

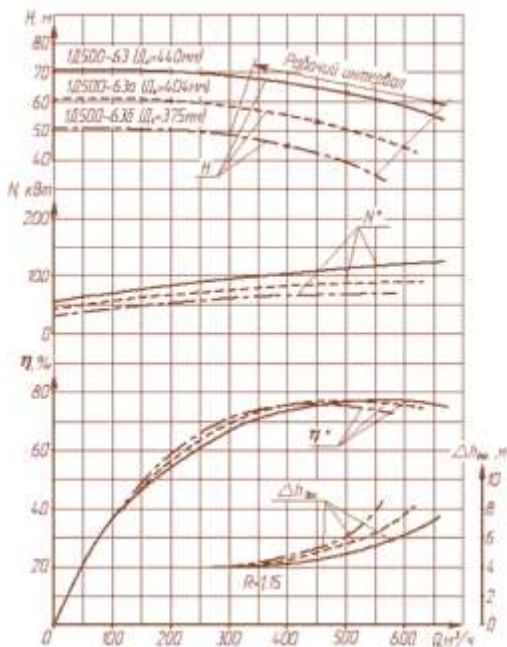
$$I = \frac{H_0 - H_x}{H_x} 100$$

H_0 – напор насоса при нулевой подаче,

H_x – напор насоса при максимальном КПД

Крутизна пологих характеристик составляет – 8-12%, круто падающие – 25-30%

Рабочая характеристика насоса 1Д500-63



Аналитические характеристики ц/б насоса можно описать уравнением полной квадратичной параболы:

$$H = a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2$$

a_0 – положительная постоянная равная напору создаваемому насосом, при го пулевой подаче;

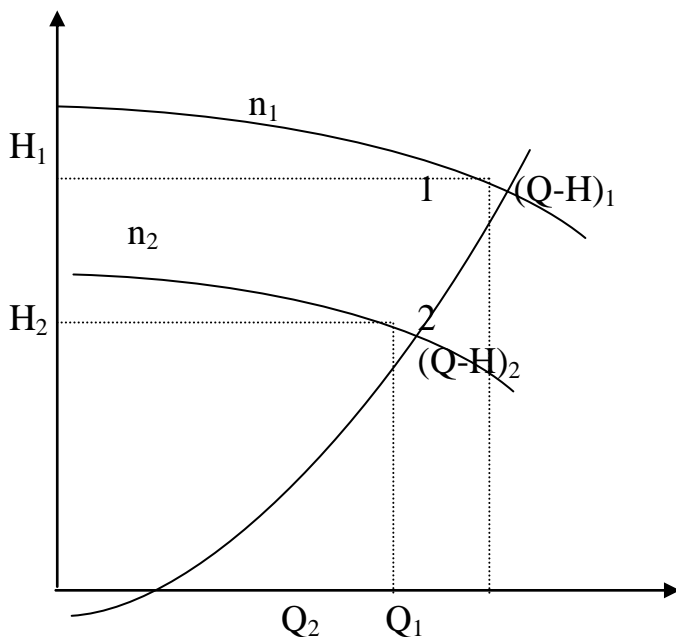
a_1 и a_2 – постоянные положительные или отрицательные зависящие от формы напорной характеристики насоса.

Аналогичным образом можно выразить и характеристики Q-N насоса уравнением:

$$N = b_0 + b_1 Q + b_2 Q^2$$

Влияние изменения частоты вращения рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики

Заданные характеристики насоса, полученные при частоте вращения n , можно пересчитать, используя формулы и поострить ряд других характеристик для различных частот вращения.



Если на напорной характеристике $(Q-H)_1$ взять произвольную точку 1 с параметрами Q_1 и H_1 , то частота и напор при частоте вращения n_2

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

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

Откладывая значения Q_2 и H_2 находим точку, принадлежащую характеристике при частоте вращения n_2 . При непрерывном изменении частоты вращения от n_1 до n_2 значения Q и H будут изменяться по закону параболы, т.е. напорная характеристика будет перемещаться параллельно самой себе (при увеличении частоты вращения - вверх при уменьшении - вниз). При этом

$$H = kQ^2$$

Отсюда следует, что переходная кривая при перерасчетах параметров на другую частоту вращения является квадратичной параболой с вершиной в начале координат. Эта кривая называется *кривой пропорциональности*.

Характеристика $Q-\eta$ будет перемещаться при уменьшении частоты вращения влево, а при увеличении вправо.

Аналогично пересчитывают характеристику $Q-N$.

$$N = kQ^3$$

Влияние изменения диаметра рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики. водный график полей $Q-H$

Насосы, выпускаемые заводами, имеют максимальный диаметр рабочего колеса. При эксплуатации, для согласования работы насоса с характеристиками сети, возникает необходимость уменьшения (обточки) рабочего колеса.

Определить параметры $Q_{об}$, $N_{об}$, $\eta_{об}$ для колеса, обточенного до диаметра $D_{об}$, можно по формулам подобия:

$$\underline{n_s \leq 150}$$

$$\frac{D_{об}}{D} = \frac{Q_{об}}{Q};$$

$$\frac{H_{об}}{H} = \left(\frac{D_{об}}{D} \right)^2; \quad H = kQ^2$$

$$\frac{N_{об}}{N} = \left(\frac{D_{об}}{D} \right)^5; \quad \eta_{об} = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{D}{D_{об}} \right)^{0,45} \quad \eta - \text{КПД исходного насоса}$$

Установлены следующие целесообразные пределы обточки рабочего колеса насосов:

при $60 \leq n_s \leq 120$ – 15-20%

при $120 \leq n_s \leq 200$ – 11-15%

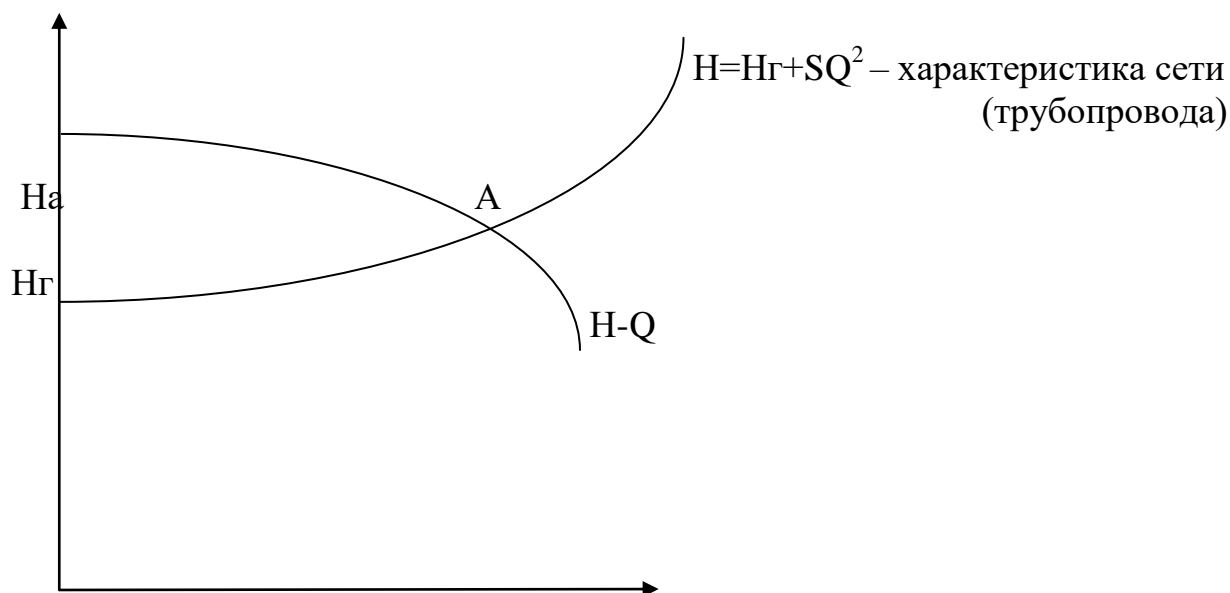
при $200 \leq n_s \leq 300 - 7-11\%$

Погрешность обточки вычисляется по формуле: $\delta_A = \frac{D - D_{об}}{D_T} 100\%$

Работа ц/б насоса в системе трубопроводов

Для определения фактических технических параметров насоса, работающего на сеть трубопровода (трубопровод) необходимо построить его характеристики и характеристику сети (трубопровода).

Точка пересечения этих характеристик, называется рабочей точкой насоса, которая определяет величины фактических параметров насоса.



S – полное сопротивление сети (трубопровода)

$$S=A l$$

A – удельное сопротивление трубопровода (зависит от материала и диаметра трубопровода)

l – длина трубопровода (или участка)

Подбор насоса.

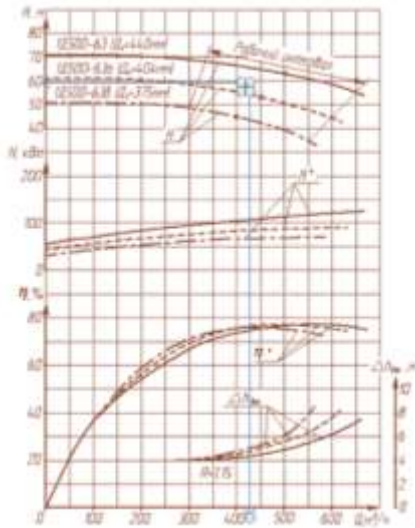
Подбор насоса ведут по расчетному напору и его подаче (Q_н, H_н)

1. На основании Q_н и H_н по сводным графикам полей Q-H устанавливается марка насоса и частота вращения рабочего колеса.
2. Из каталога принятого насоса определяются координаты и строятся характеристики H-Q и η-Q.
3. Выполняется расчет и строится характеристика сети $H=H_{г}+SQ^2$ с нанесением расчетной рабочей точки А (Q_н; H_н).

4. Производится анализ работы насоса на сеть. Если $\delta Q = \frac{A_{факт} - A_{расч}}{A_{расч}} 100\%$

А) $\delta Q \leq 3\%$ - подбор насоса выполнен правильно;

Б) $\delta Q \geq 3\%$ - необходимо изменить частоту вращения или обточить рабочее колесо насоса.



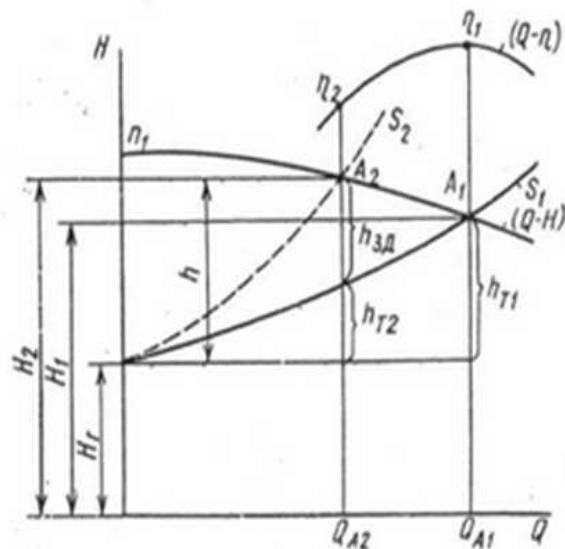
- При наличии альтернативы прибегают к насосу который:
- имеет больший КПД
 - обладает лучшими кавитационными характеристиками
 - имеет большой коэффициент быстроходности.

Регулирование подачи ц/б насосов

Осуществляется двумя методами воздействия:

1. На трубопровод
2. На насос

Построим характеристики насоса с **воздействием на трубопровод**



h_t – потери напора в трубопроводе

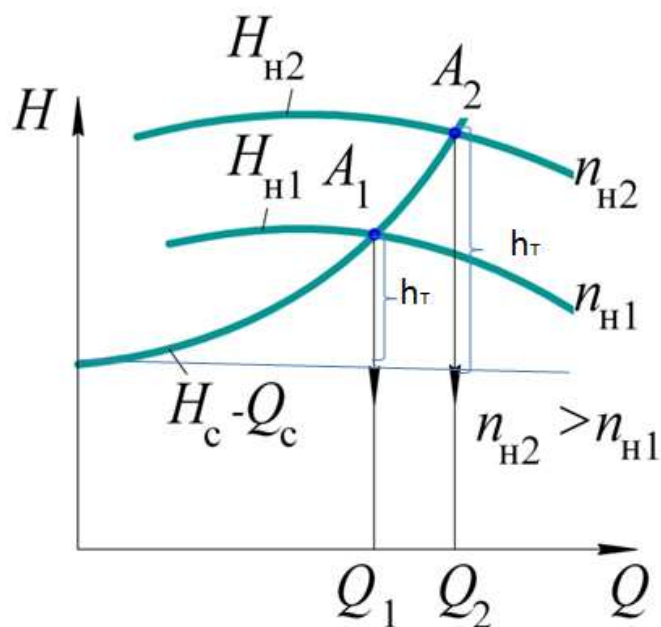
h_z – потери напора в задвижке

При закрытии задвижки режимная точка A перемещается по характеристике Q - H , подача жидкости уменьшается.

Метод регулирования подачи с помощью задвижки относительно прост, но не экономичен, так как часть энергии потребляемой насосом гасится в задвижке сразу, же на выходе жидкой среды из насоса. Этот метод может быть отнесен к маломощным насосам.

Регулировать подачу насоса можно и на всасывающей стороне насоса, однако это может вызвать понижение давления входящего потока, что приводит к кавитации.

Построим характеристики насоса с **воздействием на насос**



Регулирование подачи ц/б насосов изменением частоты вращения экономически целесообразно, т.к. при этом отсутствуют потери.

Этот метод востребован средними и крупными насосами.

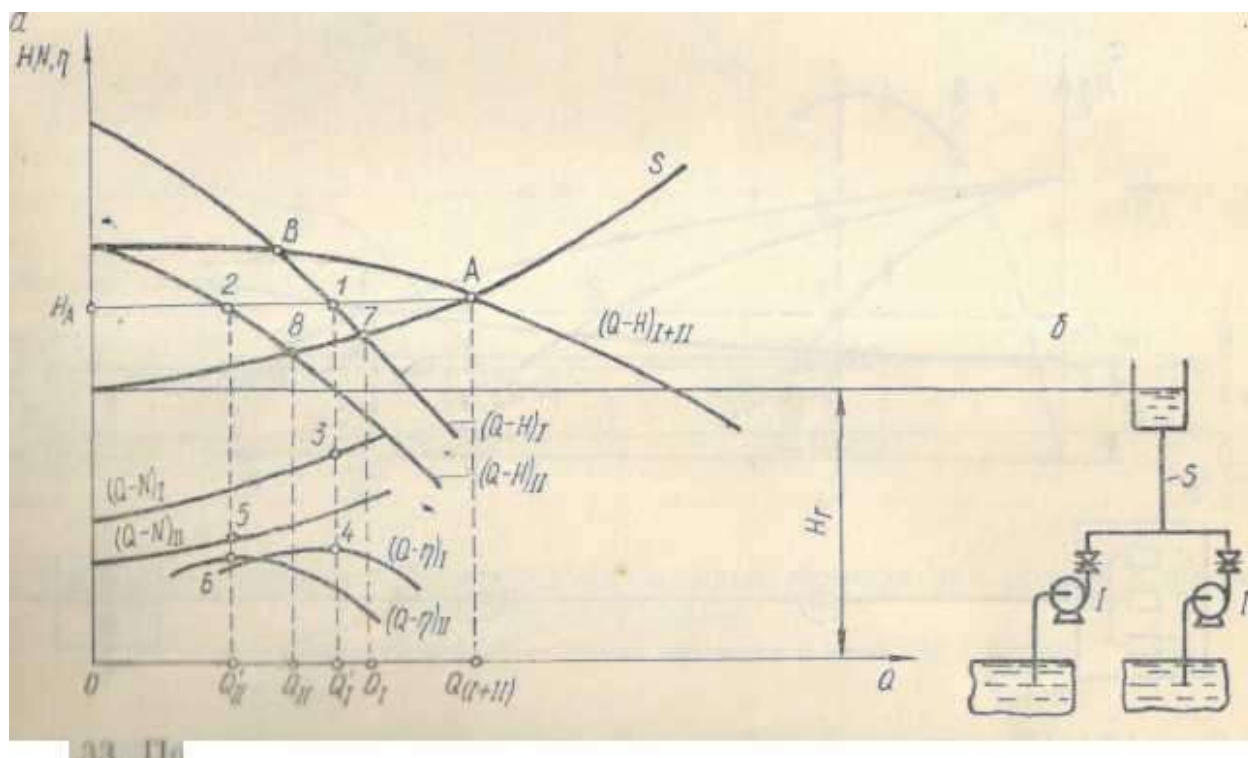
Совместная работа ц/б насосов при их параллельном включении

Необходимым условием для слияния двух или более напорных потоков жидкой среды является равенство их напоров в месте слияния. Таким образом, условием параллельной работы двух или нескольких насосов с одинаковыми или различными подачами на общий водовод будет равенство их напоров, т. е.

$$H_1 = H_2 = \dots = H_n$$

Для того чтобы определить фактические технические параметры

разнотипных совместно работающих насосов, строят суммарную напорную характеристику этих насосов и характеристику сети. Точка их пересечения показывает положение режимной точки.



Началу совместной параллельной работы насосов соответствует точка В. Далее, суммарную характеристику получают путем сложения абсцисс, определяющих подачи насосов при одинаковых напорах. Рабочей точкой параллельной работы насосов I и II на водовод с характеристикой S является точка А, которая определяет суммарную подачу Q_{1+2} при напоре H_A .

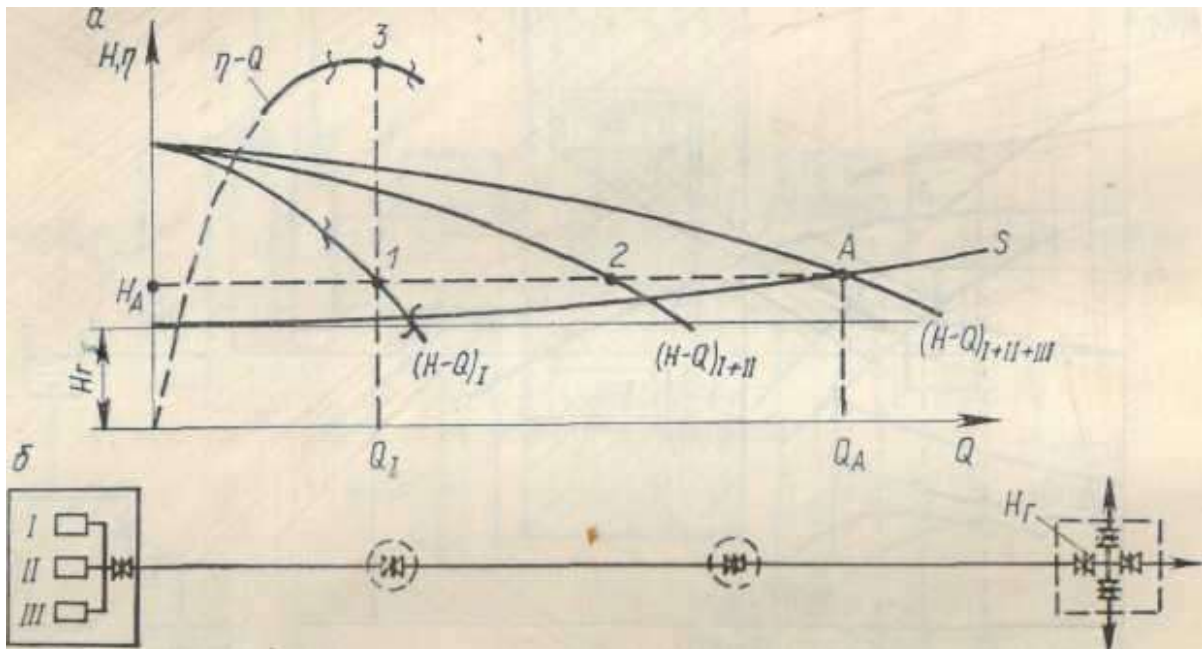
Из анализа характеристик следует, что если бы насосы на данный водовод работали отдельно, то их подачи Q_1 и Q_2 были бы больше (точки 7 и 8).

Следовательно, общая подача группы параллельно работающих на водовод насосов уменьшается по сравнению с суммарной подачей этих насосов, работающих на тот же водовод отдельно. Поэтому чрезмерное увеличение числа насосов при их одновременной параллельной работе неэффективно.

Совместная работа ц/б насосов при их параллельном включении.

Для определения суммарной подачи совместно работающих насосов необходимо построить характеристику сети ($H=H_{Г}+SQ^2$), напорную характеристику 1-го насоса, напорную характеристику 2-го насоса и суммарную характеристику этих двух насосов.

Точка пересечения суммарной характеристики и характеристики сети определяет величину подачи совместной работы насосов.



Характеристика работы трех однотипных насосов (на один водовод).

$$H = H_1 = H_2$$

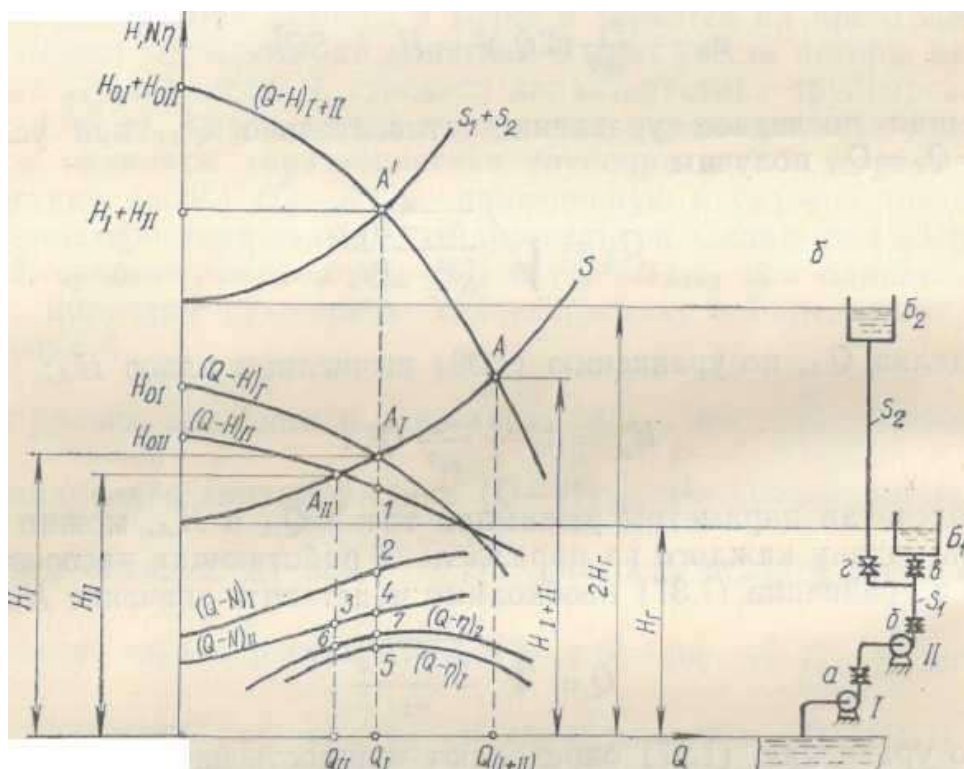
$$Q = Q_1 + Q_2$$

Совместная работа ц/б насосов при их последовательном включении.

Последовательным называется такое включение, при котором напорный патрубок первого насоса соединяется со всасывающим патрубком второго. Насосы соединяются последовательно для увеличения напора в сети. Суммарная напорная характеристика получается путем сложения ординат напоров насосов при одинаковых их подачах.

$$H = H_1 + H_2$$

$$Q = Q_1 = Q_2$$

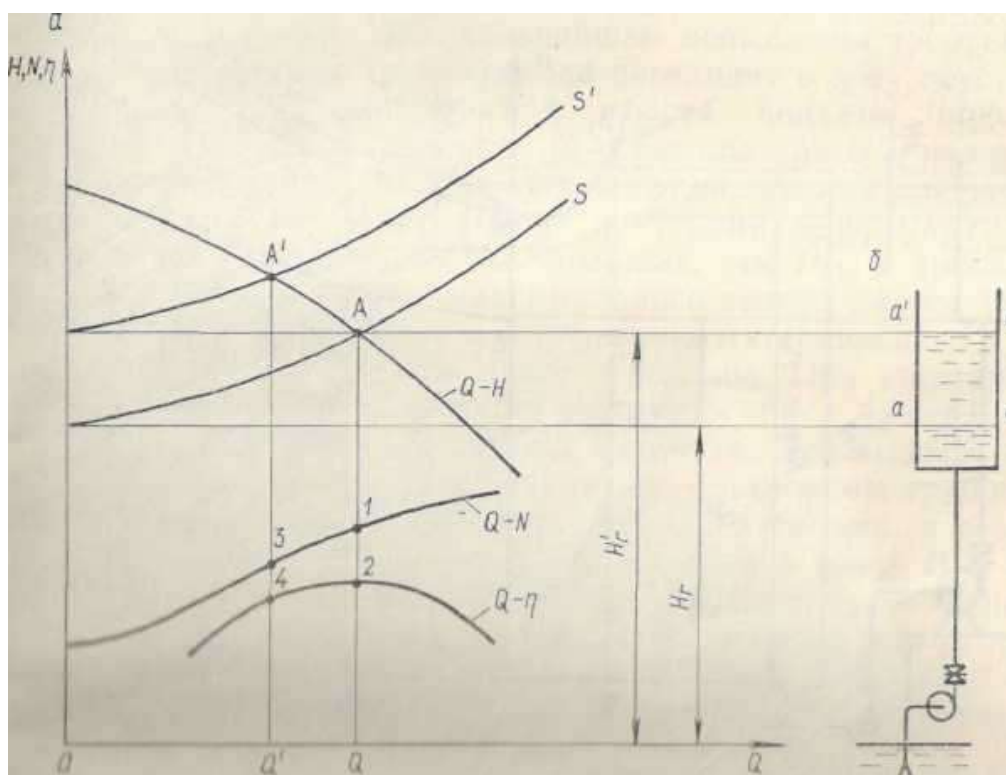


При последовательном включении насосов, подача возрастает, а суммарный напор больше напора каждого из насосов работающих отдельно.

Последовательное подключение насосов применяется при необходимости увеличения напора в сети.

Влияние изменения геометрической высоты подъема жидкой среды на работу насоса.

Изменение геометрической высоты подъема жидкости ведет к изменению технических параметров насоса.



Предположим, что геометрическая высота подъема жидкой среды H_g определяется уровнем $a-a$. Тогда режим работы насоса характеризуется точкой A . При увеличении геометрической высоты подъема до значения H_g' (уровень $a'-a'$) характеристика трубопровода займет положение S' и рабочая точка переместится в положение A' . Из анализа характеристик следует, что повышение уровня жидкой среды в напорном баке приводит к уменьшению подачи насоса, и снижению мощности (точки 1 к 3).

Основные сведения о насосах, применяемых в системах водоснабжения и водоотведения.

№ п/п	Тип насоса, маркировка	Исполнение	Подача м ³ /ч	Напор м.вод.ст.
1	К, КМ К Д _в -Д _н -Д _{р.к.}	горизонтальное	4,5 - 360	8,8 - 90
2	Д 1Д-Q-H	горизонтальное	200-12500	12-137
3	В Д _н В – Q/H	вертикальное	3600-125000	22-110
4	ЭЦВ ЭЦВ Д _{обс.тр/25} – Q-H	вертикальное	0,63-1000	12-680
5	СМ, 1СМ, 2СМ 2СМ Д _в -Д _н -Д _{р.к.} /n	горизонтальное	25-800	12-95
6	СДВ СДВ Q/H	вертикальное	36-10000	13-68
7	ГНОМ ГНОМ Q-H	вертикальное	10-100	10-25

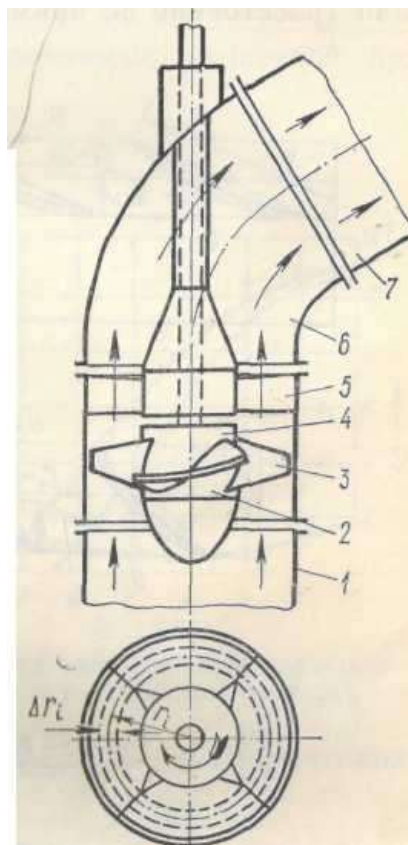
Тема 4 Осевые и диагональные насосы

Схема и принцип работы осевых насосов. Элементы теории, подача и напор осевых насосов. Характеристики, регулирование подачи и маркировка осевых насосов.

#ТеоретическийРаздел

Схема и принцип работы осевого насоса.

В осевых насосах при взаимодействии лопастей с потоком возникает подъемная сила, за счет которой жидкая среда перемещается вдоль оси колеса насоса.



Жидкая среда из всасывающей трубы 1 поступает в рабочее колесо 2 и, взаимодействуя с лопастями 3, закрепленными на втулке 4, получает приращение энергии. Пройдя через спрямляющий аппарат 5 и колено 6, она поступает в напорный трубопровод 7.

Осевые насосы применяются, когда требуется обеспечить большую подачу при сравнительно малых напорах. От центробежных их отличает компактность установки. Недостатком является малая высота всасывания (до 2 м) из-за низких кавитационных качеств.

Элементы теории напор и подача осевых насосов.

В основу теории осевых насосов положено понятие плоской решетки элементарных профилей. Если лопасти рабочего колеса насоса рассечь двумя цилиндрическими поверхностями радиусом r_i и $r_i + \Delta r$ оси которые совмещены с

осью насоса, а полученные профили развернуть на плоскость, образуется плоская решетка элементарных профилей.

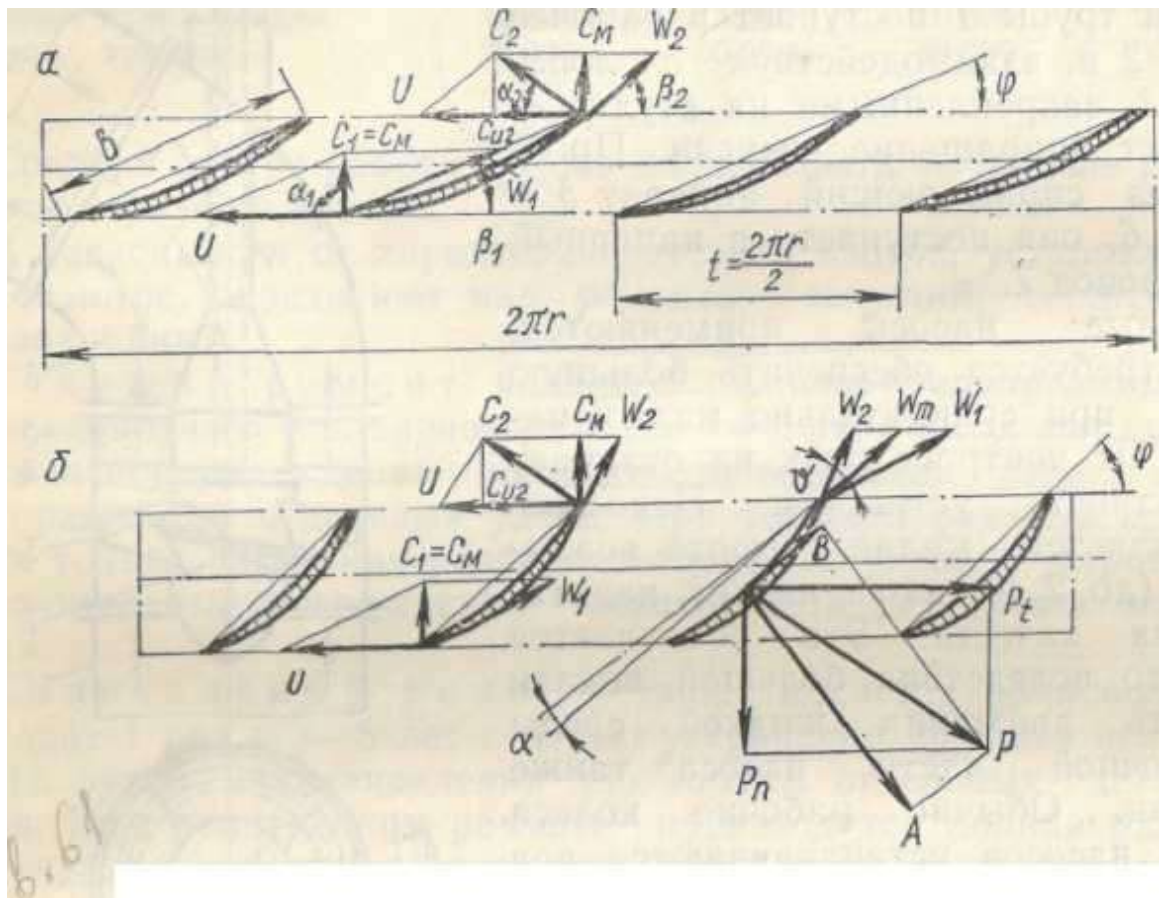


Схема элементарных решеток периферийного и корневого сечения.

Обозначения скоростей, за исключением C_m – меридиональная скорость, направленная вдоль оси рабочего колеса) и углов на них такие же, как и для центробежных насосов.

Окружные скорости входа и выхода рабочего колеса осевого насоса одинаковые, так как все точки рассматриваемого профиля, расположенные на радиусе r_i , перемещаются с одинаковой угловой скоростью.

Помимо треугольников скоростей, решетки характеризуются следующими параметрами:

b — длина хорды элементарного профиля (расстояние по прямой от его носика до задней кромки, м);

t — шаг решетки (расстояние по прямой между смежными точками двух профилей, м);

W_m — средняя векторная скорость, м/с

φ — угол установки профиля (угол между осью решетки и хордой профиля);

α — угол атаки;

θ — угол отклонения потока решеткой;

P — полная сила воздействия потока на профиль;

- A — подъемная сила (составляющая силы P, перпендикулярная к W_m);
- B — сила сопротивления (составляющая силы P, параллельная W_m);
- P_n — нормальная составляющая силы P, перпендикулярная к оси решетки;
- P_t — тангенциальная составляющая, параллельная оси решетки.

Теоретический напор, создаваемый осевым насосом, может быть определен на основании теоретических или экспериментальных исследований решеток профилей по подъемной силе и силе сопротивления

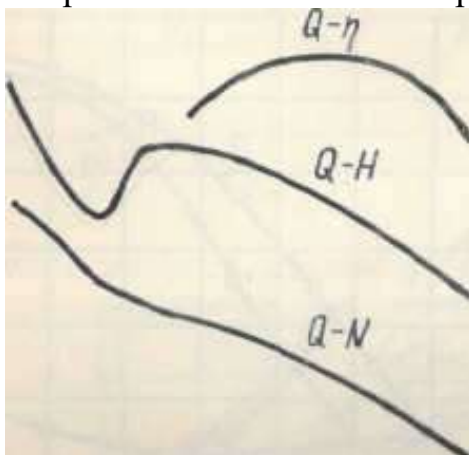
$$H = \frac{H_r}{g} U(C_{2u} - C_{1u})$$

Теоретическая мощность потока в решетке

$$N_T = \rho g Q H$$

Элементы теории напор и подача осевых насосов.

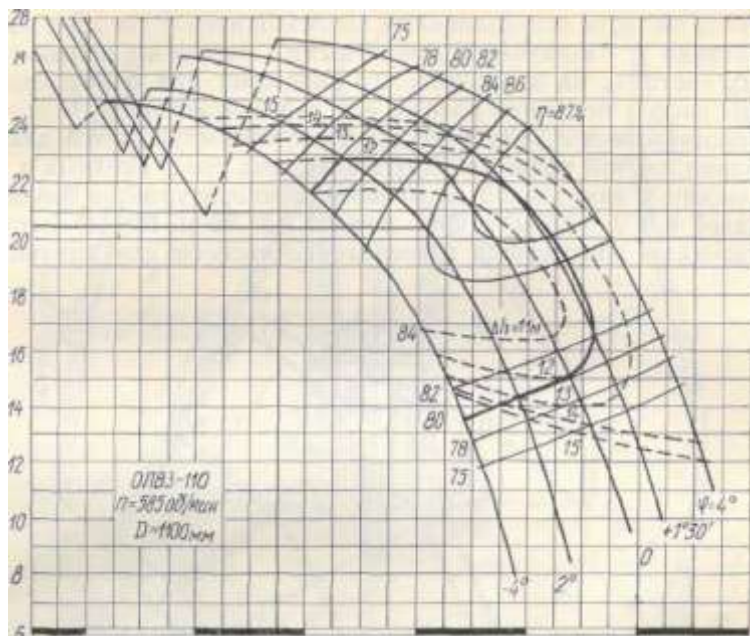
Характеристики осевого насоса, так же как и центробежного, представляют собой зависимости основных технических параметров (напора, мощности и КПД) от подачи при постоянной частоте вращения рабочего колеса.



Из зависимости $N = f(Q)$ следует, что для осевого насоса в отличие от центробежного требуется наибольшая мощность при нулевой подаче. С увеличением подачи мощность насоса уменьшается.

У большинства насосов предусматривается возможность изменять угол установки лопастей.

Для подбора насосов пользуются совмещенными характеристиками, полученными при различных значениях угла. Такие характеристики называются универсальными.



На универсальной характеристике насоса штриховыми линиями показаны области значений кавитационного запаса насоса, жирной выделено поле $Q—H$.

Чтобы рабочая точка при подборе насоса не попала в область неустойчивой работы, на характеристике показана линия максимального статического напора H_g (при заполненном напорном трубопроводе во время пуска насоса). Регулирование подачи жестколопастных насосов осуществляется изменением частоты вращения рабочего колеса, а поворотных-лопастных — изменением угла установки лопастей. Регулировать подачу осевых насосов методом дросселирования с помощью задвижки на напорной стороне неэкономично, так как при этом с увеличением сопротивления самого рабочего колеса и задвижки поглощается значительная часть напора насоса.

ОПВ 3-110 (О-осевой, П – поворотными лопатками, В – вертикальный (Г – горизонтальный), 3 (2,3,5,6,8,10,11) – номер модели, 110 – диаметр рабочего колеса в см)

О – с жестко закрепленными лопастями.

Модификации:

К – камерный подвод

МК – малогабаритный с камерным подводом

МБК – моноблочный с камерным подводом

Э – с электроприводом разворота лопастей

КЭ - с электроприводом разворота лопастей и камерным подводом

МЭ - малогабаритный с электроприводом разворота лопастей

МКЭ – малогабаритный с камерным подводом электроприводом разворота лопастей

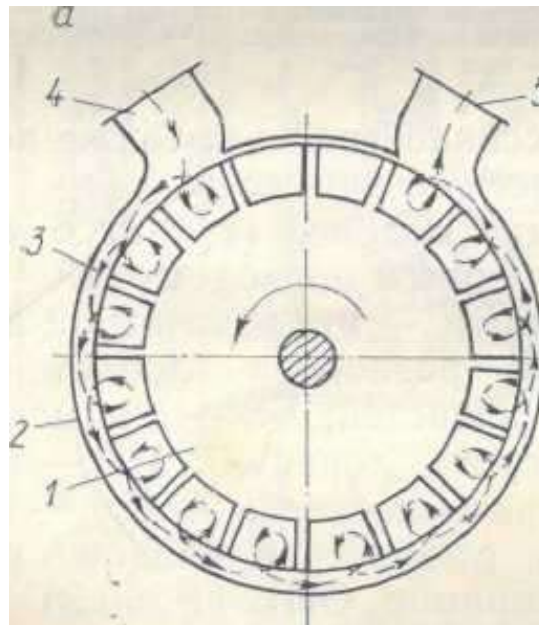
Тема 5 Насосы трения и инерции

Вихревые насосы. Схема, принцип работы и область применения. Характеристики вихревых насосов, их маркировка. Струйные насосы. Схема, принцип работы и область применения. Вибрационные насосы. Схема, принцип работы и область применения. Воздушные гидродъемники. Схема, принцип работы и область применения. Шнековые насосы. Схема, принцип работы и область применения.

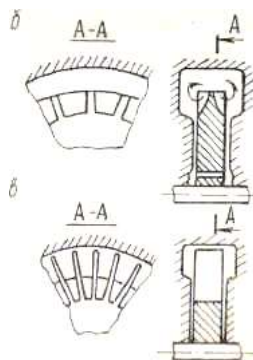
#ТеоретическийРаздел

Вихревые насосы.

Вихревой насос — это насос трения, его работа осуществляется следующим образом. Каждая частица жидкой среды, попадая на вращающееся рабочее колесо, получает от него приращение энергии и выбрасывается в кольцевой канал, откуда снова попадает в пазы рабочего колеса, где дополнительно получает приращение энергии. Таким образом, в проточной части насоса образуется вихревой жгут, энергия которого от входа до выхода возрастает за счет многократного приращения энергии каждой частицы жидкой среды.



Его рабочее колесо 1 размещено в корпусе 2. Жидкая среда к рабочему колесу подводится через всасывающий патрубок 4 и отводится через напорный 5. От всасывающего до напорного патрубка по ходу вращения колеса в корпусе насоса имеется канал 3. В верхней части насоса между патрубками колесо с минимальным зазором подходит к корпусу.



У вихревых насосов бывают рабочие колеса двух типов: закрытое и открытое. Закрытое рабочее колесо представляет собой металлический диск со своеобразными лопатками (от 12 до 24 лопаток), образованными с обеих сторон за счет пазов, а открытое колесо — это цилиндрическая ступица с плоскими радиальными лопатками (от 18 до 30).

Вихревые насосы по сравнению с центробежными при равных диаметрах рабочих колес и одинаковой частоте вращения создают напор в 1,5—2 раза выше. Кроме того, вихревые насосы характеризуются большой высотой самовсасывания (до 4 м). Однако ввиду значительных затрат энергии на трение они имеют низкий КПД (0,25...0,48).

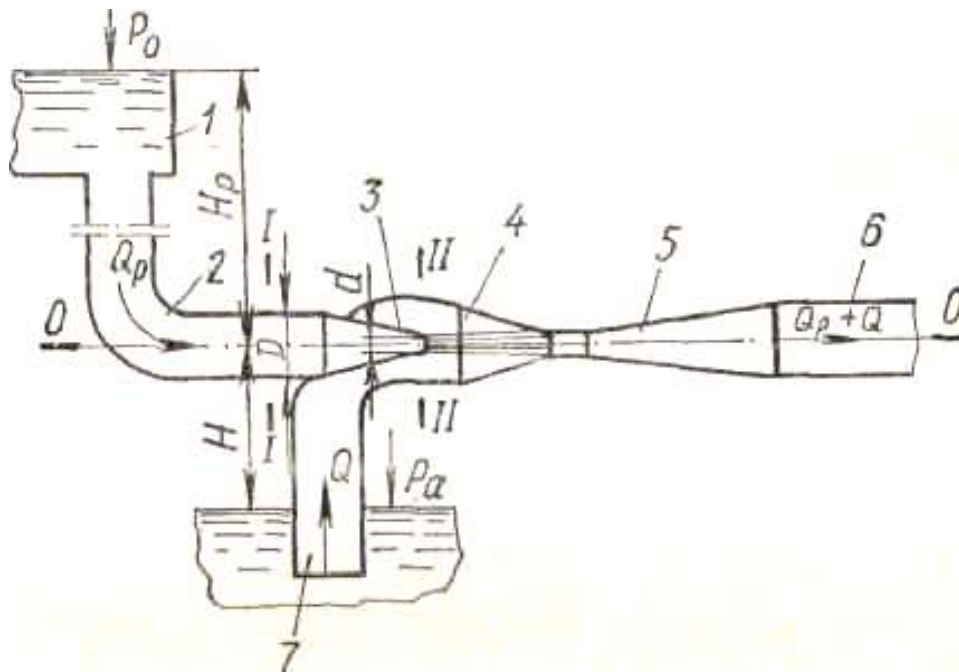
Вихревые и центробежно-вихревые насосы выпускаются следующих типов:

- В — вихревой с проходным валом;
- ВС — то же, самовсасывающий;
- ВК — вихревой консольный;
- ВКС — то же, самовсасывающий;
- ВКО — то же, обогреваемый (охлаждаемый);
- ЦВ — центробежно-вихревой;
- ЦВС — тоже самовсасывающий.

Вихревые насосы имеют подачу 1,8...22,7 м³/ч при напоре от 16 р К)

Струйные насосы.

Струйный насос работает по принципу использования кинетической энергии струи рабочего тела, подводимого к смесительной камере, и передачи этой энергии потоку перекачиваемой жидкой среды. Рабочим телом в струйных насосах могут быть жидкая среда (гидроэлеваторы), газ или пар (эжекторы).



Рабочее тело в нем от источника энергии 1 (источником энергии может служить вода в напорном баке, отдельный насос, сжатый к, сжатый пар) по подводящей трубе 2 подается к соплу 3, при выходе из которого поток приобретает максимальную кинетическую энергию. В сечении //—// создается вакуумметрическое давление, благодаря чему жидкая среда по всасывающей трубе 7 поступает в камеру 4, где происходит турбулентное смешение рабочего присоединенного потоков. Поднятая жидкая среда рабочим потоком через диффузор 5 уносится в отводящий трубопровод 6. В диффузоре часть кинетической энергии преобразуется в потенциальную, т. е. повышается статический напор. Если для сечений /—/ и //—// относительно плоскости сравнения 0—0 записать уравнение Бернулли, то получим выражение, по которому подсчитывают вакуумметрический напор в камере 4:

$$H_{\text{ВАК}} = \frac{8Q_p^2}{\pi^2 g} \left(\frac{1}{D^4} - \frac{1+\zeta}{d^4} \right)$$

где Q_p — подача рабочего тела от источника энергии, м³/с; ζ — коэффициент сопротивления участка между сечениями /—/ и //—//; d — диаметр выходного отверстия сопла, м; D — диаметр подводящего трубопровода, м.

Струйные насосы используют для подъема сточных и грунтовых для отсоса воздуха из всасывающей линии при запуске больших центробежных насосов, для удаления ила из отстойников, для транспортировки грунтовой массы при гидромеханизации земляных работ, транспортировки золы и шлака в котельных установках и т. д.

Преимуществом струйных насосов является простота их конструкции, а недостатком — низкий КПД.

Вибрационные насосы

Вибрационные насосы — насосы трения, в которых жидкая среда процессе

возвратно-поступательного движения рабочего органа. Основными их элементами являются электромагнитный вибратор, водоподъемная труба и обратный клапан.

Электромагнитный вибратор, соединенный с водоподъемной трубой, сообщает ей возвратно-поступательное движение с большой частотой, в результате чего в перекачиваемой жидкой среде создаются попеременно усилия сжатия и разрежения. В момент разрежения жидкая среда через обратный клапан поступает в водоподъемную трубу, а инерционные силы, возникающие при работе, перемещают ее вверх. Электромагнит к сети переменного тока и обеспечивает 3000 колебаний в минуту.

Преимуществом вибрационных насосов является то, что для них не требуется большая глубина воды в колодце. Минимальный уровень ее может достигать до уровня предельного заглубления клапана. Недостатком является низкий КПД (0,25...0,35).

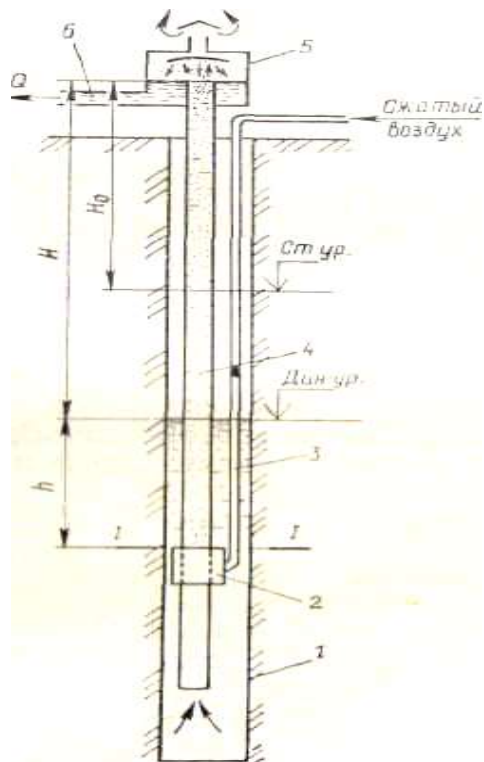
Воздушные водоподъемники.

В эксплуатационную трубу буровой скважины помещается водоподъемная труба, на нижнем конце которой установлен смеситель, представляющий собой участок перфорированной трубы, плотно опоясанный кожухом. К кожуху смесителя подсоединяется воздухопровод. В верхней части водоподъемной трубы устанавливается воздухоотделитель (сепаратор).

Сжатый воздух по воздухопроводу подводится к смесителю, находящемуся ниже динамического уровня на глубине h , и через отверстия в нижней части водоподъемной трубы перемешивается с водой, образуя воздушно – водяную смесь. Плотность смеси меньше плотности воды. На основании свойств сообщающихся сосудов и законов гидравлики давление в сечении I-I должно быть равным во всех точках, поэтому столб воды высотой h вне водоподъемной трубы должен уравниваться столбом воздушно – водяной смеси большей высоты с меньшей плотностью внутри трубы.

Объем непрерывно подаваемого воздуха должен быть таким, чтобы столб воздушно – водяной смеси выходил на поверхность земли.

Эффективность работы эрлифта зависит от правильности выбора заглубления смесителя.



Положительное: простота конструкции, возможность поднимать не только воду но обломки породы, возможно не вертикальное расположение насоса.

Отрицательное: большая глубина скважины, низкий КПД, нет возможности подавать воду сразу в сеть.

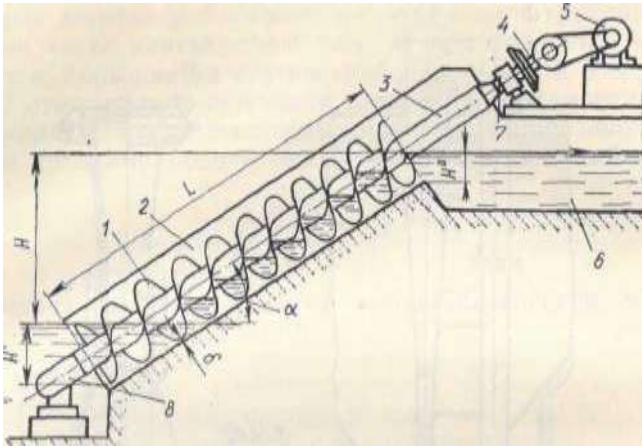
Используется для прочистки скважин

Шнековые насосы.

Основным рабочим органом шнекового насоса является, шнек представляющий собой сплошной или пустотелый цилиндр с навитой на него двух- или трехзаходной спиралью. Шнек размещается в лотке и вращается в двух подшипниках. Лоток выполняется из металла или железобетона, имеет закрытую либо открытую конструкцию.

Шнек приводится во вращение от электродвигателя через передачу, частота его вращения составляет 25..115 об/мин. Подача насоса зависит от диаметра шнека (0,28...3 м) и равна 0,01...2,7 м³/с при подъеме жидкой среды на высоту 2,25...5,2 м. КПД насоса составляет 0,56...0,75.

Большим преимуществом шнековых насосов является простота конструкции. Их применение дает возможность значительно упростить конструкцию некоторых канализационных станций.



1 — шнек; 2 — лоток; 3 — вал; 4 — передача; 5 — электродвигатель; 6 — отводящий лоток; 7 — верхний подшипник; 8 — нижний подшипник

Тема 6 Объемные насосы

Поршневые насосы. Схемы и принцип работы. Подача и график подачи. Характеристики поршневого насоса. Область применения поршневых насосов. Диафрагменные насосы. Схемы, принцип работы и область применения. Шестеренные насосы. Схемы и принцип работы, область применения. Шиберные насосы. Схемы и принцип работы, область применения.

#ТеоретическийРаздел

Поршневые насосы.

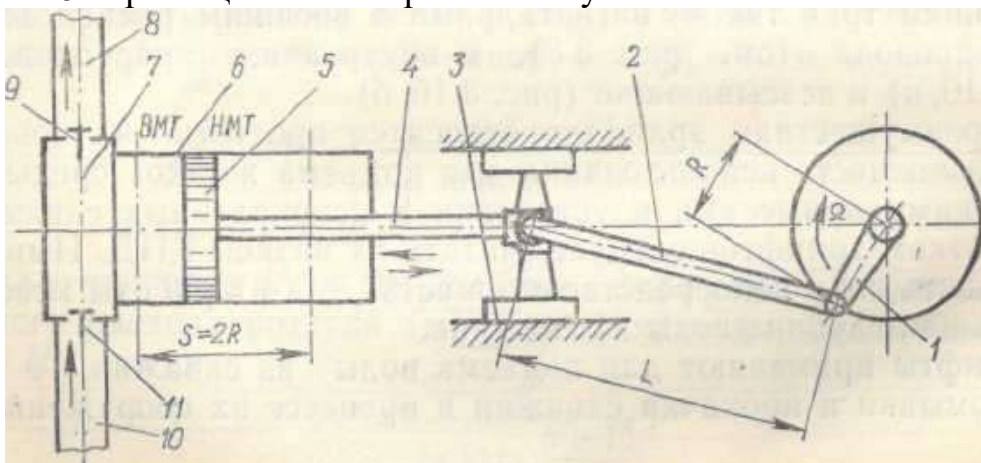
Объемными называются насосы, в которых жидкая среда перемещается путем периодического изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса.

Объемные насосы делятся на возвратно-поступательные (поршневые, плунжерные и диафрагмовые) и роторные, которые в свою очередь делятся на роторно-вращательные (зубчатые и винтовые) и роторно-поступательные (шиберные и роторно-поршневые).

Поршневыми называются возвратно-поступательные насосы, у которых рабочие органы выполнены в виде поршня. Поршневые насосы классифицируются по ряду признаков:

- по числу поршней — на одно-, двух-, трех- и многопоршневые;
- по роду действия — на насосы одностороннего и двустороннего действия;
- по расположению рабочих органов — на односторонние, оппозитные, V-образные, звездообразные, одно-, двух- и многорядные;
- по расположению оси цилиндра — на горизонтальные и вертикальные;
- по виду привода — на насосы с механическим приводом, прямодействующие (поршень насоса на одном штоке с поршнем паровой машины), с ручным приводом.

Схема однопоршневого насоса одностороннего действия. Вращающийся кривошип 1 приводит в движение шатун 2, который преобразует вращательное движение кривошипа в возвратно-поступательное движение ползуна 3. Шток 4 и поршень 5 перемещаются возвратно-поступательно.



Назовем крайнее левое положение поршня верхней мертвой точкой (ВМТ), крайнее правое — нижней мертвой точкой (НМТ). Расстояние между ними $S = 2R$ — ход поршня; R — радиус кривошипа; L — длина шатуна.

При перемещении поршня в цилиндре 6 слева направо в рабочей камере 7 создается разрежение, вследствие чего открывается всасывающий клапан 11 и

жидкая среда по всасывающей трубе 10 поступает в камеру (под поршень). После НМТ поршень совершает обратный ход и выталкивает жидкую среду в напорный трубопровод 8. Нагнетательный клапан 9 открывается при движении поршня справа налево тогда, когда давление в рабочей камере становится больше, чем в напорном трубопроводе.

В насосах одностороннего действия за один оборот кривошипа в напорный трубопровод выталкивается один объем перекачиваемой среды.

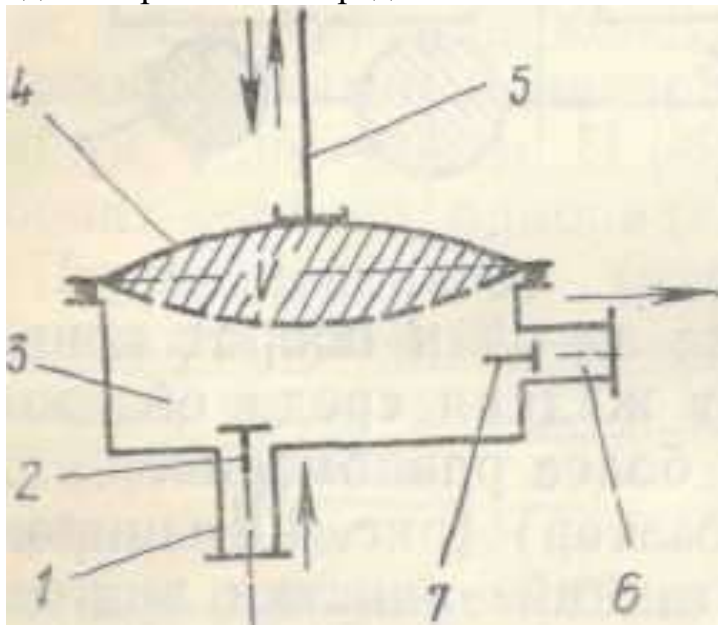
$$V = F \cdot S$$

Где F – площадь поршня, m^2 .

Диафрагменные насосы

У диафрагменных насосов рабочие органы выполнены в виде упругой диафрагмы 4, герметично закрывающей рабочую камеру 3, к которой присоединены всасывающий 1 и напорный 6 патрубки. Диафрагма прикреплена к штоку 5, совершающему возвратно-поступательное движение. При перемещении штока вверх в рабочей камере создается разрежение и через отверстие всасывающего клапана 2 перекачиваемая среда поступает в насос. При ходе штока вниз давление под диафрагмой повышается и через отверстие нагнетательного клапана 7 перекачиваемая среда выталкивается в напорный трубопровод, соединенный с патрубком 6.

Диафрагменные насосы применяются для перекачивания как чистых, так и загрязненных жидких сред без крупных механических включений. В последнем случае используются шаровые клапаны, а не тарельчатые. Применение деталей из химически стойких материалов позволяет использовать насосы для перекачки жидких агрессивных сред.



Диафрагменные насосы пригодны для небольших напоров.

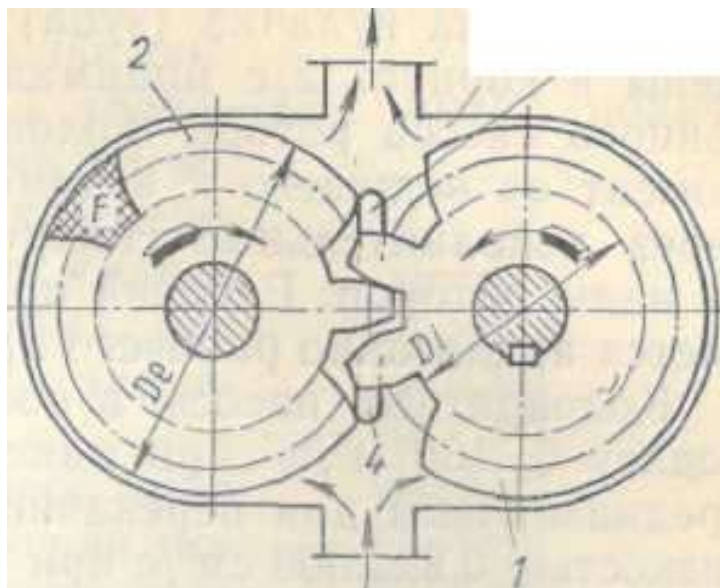
Зубчатые насосы

Зубчатыми называются роторно-вращательные насосы, у которых

перекачиваемая среда перемещается в плоскости, перпендикулярной к оси вращения рабочих органов. К ним относятся шестеренные, коловратные и шланговые насосы.

Конструктивная схема такого насоса. Он состоит из находящихся в зацеплении ведущей 1 и ведомой 2 шестерен, которые с минимальным зазором размещены в корпусе 3 насоса. Зубья при вращении захватывают перекачиваемую среду и переносят ее во впадинах от всасывающей полости к напорной. Обратное движение перекачиваемой среды практически невозможно из-за плотности зацепления шестерен, а для устранения запирания ее при обкатывании зубьев в крышке корпуса выфрезерованы разгрузочные канавки 4, соединяющие места запирания между зубьями с нагнетательной или всасывающей полостями.

Подача шестеренных насосов составляет 0,22...58 м³ при давлении 0,6...2,5 МПа. Они предназначены для перекачивания жидких сред с кинематической вязкостью 0,2...100 см²/с и температурой от —40° до +250 °С.



Шиберные насосы.

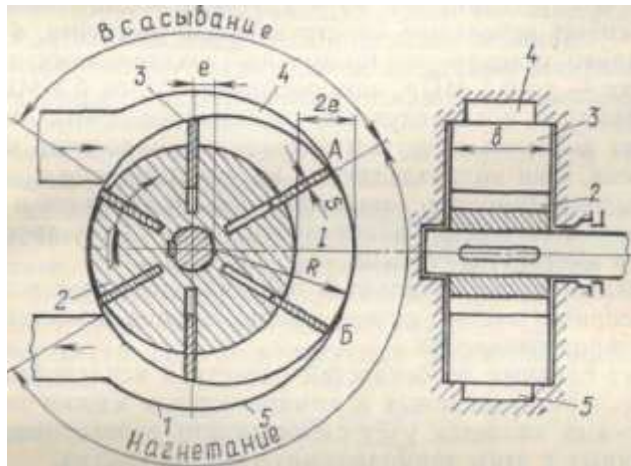
Роторно-поступательные насосы, у которых рабочие органы выполнены в виде шиберов, называются шиберными. Если шиберы имеют вид пластин, насос называется пластинчатым, а если фигурный профиль — фигурно-шиберным.

В корпусе 1 шиберного пластинчатого насоса эксцентрично расположен ротор 2. В пазах ротора свободно перемещаются прямоугольные пластины 3, прижимающиеся к внутренней поверхности корпуса за счет центробежной силы, а иногда дополнительно специальными пружинами. Рабочей камерой насоса является полость I, уплотненная на участке А—Б, равном расстоянию между двумя соседними пластинами.

По ходу вращения ротора до точки А рабочие полости расширяются и ввиду того, что до этой точки они через канал 4 сообщаются со всасывающей полостью, происходит заполнение рабочих камер перекачиваемой средой. При положении шибера, соответствующем точке А, происходит замыкание рабочего объема. При дальнейшем вращении ротора от точки Л начинается вытеснение перекачиваемой среды, так как впереди идущая пластина в точке Б размыкает рабочий объем и

каналом 5 соединяет его с нагнетательной полостью.

Регулируемая за счет изменения эксцентриситета подача шиберных насосов составляет до 3,5 л/с, давление нагнетания до 7 МПа.



Тема 7 Машины для перекачивания и сжатия газов

Общие сведения воздуходувных и компрессорных машинах. Основные параметры, характеризующие работу воздуходувно-компрессорных машин. Характеристики воздуходувок. Формулы пересчета характеристик при изменении частоты вращения рабочего колеса воздуходувки.

Регулирование подачи. Центробежные воздуходувки и компрессоры. Схемы, принцип работы. Объемные воздуходувки и компрессоры. Схемы, принцип работы и область применения.

#ТеоретическийРаздел

Определение основных расчетных параметров воздуходувных станций.

Воздуходувные станции(в.с.)- это комплекс инженерных сооружений и оборудования для подачи сжатого воздуха воздуходувными машинами.

Воздуходувные станции предназначены для подачи сжатого воздуха на аэротенки, преаэраторы, смесители, стабилизаторы ила, реагентное хозяйство и другие объекты.

Основными параметрами является **подача и давление.**

$$Q_p = Q_{н.у} \frac{T_{наг}}{273} \frac{p_{н.у}}{p} \left(1 + \frac{m}{0,804} \right),$$

где $T_{наг}$ — температура перекачиваемого воздуха на выходе из нагнетателя, К; $p_{н.у}$ — давление воздуха при нормальных условиях, Па; p — расчетное давление нагнетателя, Па; m — содержание водяных паров в воздухе: при нормальных условиях $m=0,804$ кг/м³.

Расчетное давление воздуха $P_{вс}$, необходимое при подаче его в воздухопроводную систему, т.е. общий напор воздуходувных машин определяется по формуле, м

$$P_{вс} = P_{ст} + P_{аэр} + P_{ст} + P_{изб}$$

где: $P_{ст}$ – потери напора на трение и местные сопротивления станции, м

$P_{аэр}$ – потери напора в аэраторе, м

$P_{ст}$ – напор столба воды который необходимо преодолеть воздуху при выходе из аэратора, м

$P_{изб}$ – избыточный напор (0,05 м)

Для подачи воздуха обычно низкого давления – 1,6-1,7 атм, но не более 1,85-1,9 атм, применяют в основном центробежные воздуходувки и нагнетатели, а для малых установок – водокольцевые насосы-воздуходувки. В редких случаях для подачи воздуха могут быть использованы газодувки.

Выбор воздуходувных машин определяется количеством воздуха, потребляемого на канализационных очистных сооружениях, и давлением нагнетания воздуха, которое устанавливается при расчете системы воздухопроводов. Необходимая мощность электродвигателя воздуходувных машин определяется:

$$N = 0,273 * Q * P / \eta$$

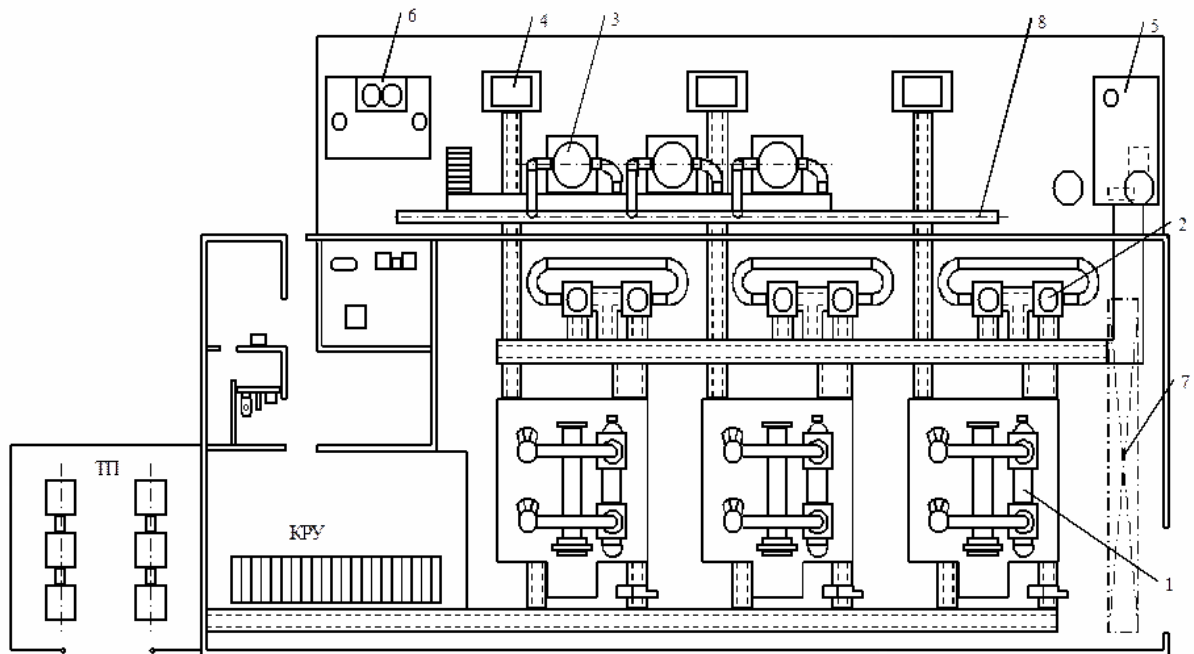
где Q - подача воздуха, м³/ч; P - давление (избыточное), развиваемое воздуходувкой, атм; КПД агрегата с учетом потерь при передаче энергии от двигателя: принимается обычно 0,65 – 0,75 для турбовоздуходувок и 0,25 – 0,3 для водокольцевых насосов.

Подбор и компоновка основного и вспомогательного оборудования.

Для крупных и средних воздуходувных станций (расход воздуха более 20—25 тыс. м³/ч) рекомендуется проверять параллельную работу воздуходувок и воздухопровода, для чего строят их характеристики Q-N и определяют «рабочую точку» подачи воздуха. Принципы графического построения характеристик аналогичны их построению для насосов.

При производительности воздуходувной станции более 5 тыс. м³ воздуха в час должно быть не менее двух рабочих агрегатов. При трех рабочих агрегатах принимается одна резервная машина, при большем числе рабочих агрегатов — две резервные машины.

При определении габаритов машинного зала проходы между выступающими частями агрегатов и расстояние от воздуходувных машин до продольной стены принимают не менее 1,5 м (со стороны электродвигателя это расстояние должно обеспечивать возможность демонтажа его ротора). Высота машинного зала, а также необходимое подъемно-транспортное оборудование (кран-балка или мостовой кран) предусматриваются в соответствии с требованиями СНиП 11-32-74. Воздуходувки типа ТВ имеют систему смазки с охлаждением масла водой непосредственно в подшипниках; нагнетатели оборудуются циркуляционной масляной системой смазки подшипников, как самих машин, так и их редукторов, включающей масляный насос, фильтры, бак-маслоохладитель, в который подается охлаждающая вода. Охлаждающая вода должна иметь жесткость не более 3,5 мг-экв/л, рН=6-9, температуру до 30° С. Помимо охлаждения масла вода может потребоваться и для некоторых электродвигателей, не имеющих воздушного охлаждения.



Г Размещение поршневых компрессоров в ряд:

1-компрессорный агрегат; 2-концевой холодильник; 3-воздушосборник; 4-фильтр-камера; 5-отделение маслохозяйства; 6-отделение восстановления фильтров; 7-кран; 8-сборный коллектор

Здания воздуходувных станций.

Комплекс сооружений воздуходувной станции обычно включает: главное здание и водоохлаждающее сооружение.

В **главном здании** воздуходувной станции размещаются воздуходувные машины, насосы для подачи технической воды, устройства по очистке воздуха, насосы для перекачивания циркулирующего активного ила или для опорожнения емкостных сооружений, центральный диспетчерский пункт, электрораспределительное устройство и трансформаторная, вспомогательные и бытовые помещения.

Водоохлаждающее сооружение (градирня, бассейн) служит для охлаждения оборотной воды от оборудования.

Воздухоочистительные устройства, а также насосные станции могут располагаться вне главного здания.

Воздухоприемники для забора атмосферного воздуха располагают на высоте 4 м от поверхности земли. Они представляют собой раструб с предохранительной сеткой или с жалюзи на входе. Устраивается также приемная пылеулавливающая камера с жалюзи или фильтр-камера (при установке в ней фильтра). Можно устраивать общую фильтр-камеру для нескольких воздуходувок, при этом должно быть не менее двух отделений камеры.

Разработан ряд типовых проектов воздуходувных станций с турбовоздуходувками в зданиях, блокируемых с насосными циркулирующего активного ила и с нагнетателями без блокировки.

Здания воздуходувных станций должны быть огнестойкими. В машинном зале предусматривают не менее двух выходов с разных сторон, один из которых может быть использован для монтажа оборудования. Двери (ворота) должны открываться наружу. На небольших станциях монтаж оборудования можно производить через оконный проем. Другой выход предназначен для прохода обслуживающего персонала в служебно-бытовые помещения, не выходя на улицу.

В бытовых помещениях станции предусматривается приточно-вытяжная вентиляция, в производственных помещениях — вентиляция естественная (удаление теплоизбытков из машинного зала допускается также за счет частичного подсоса воздуха нагнетателем).

Электроснабжение воздуходувных станций должно быть бесперебойным (два источника питания). Напряжение питающего тока, как правило, 6 или 10 кВ.

В машинном зале станции можно размещать распределительные и пусковые устройства высокого напряжения, соблюдая правила техники безопасности. Компоновка крупной воздуходувной станции с нагнетателями приведена на рис. 53

Для воздухопроводов используют обычно тонкостенные электросварные стальные трубы с толщиной стенок 3 мм при диаметре воздухопровода до 1000 мм и толщиной 4 мм — при большем диаметре. Соединяют трубы на сварке, за исключением мест установки арматуры, где используют фланцевые соединения, для которых применяют прокладки из паронита, асбеста и других стойких к теплу и влаге материалов.

Воздухопроводы на площадке очистных сооружений прокладывают на опорах высотой 0,4-0,6 м над поверхностью земли, а также непосредственно по верху сооружений.

Для компенсации тепловых удлинений воздухопроводов используют углы

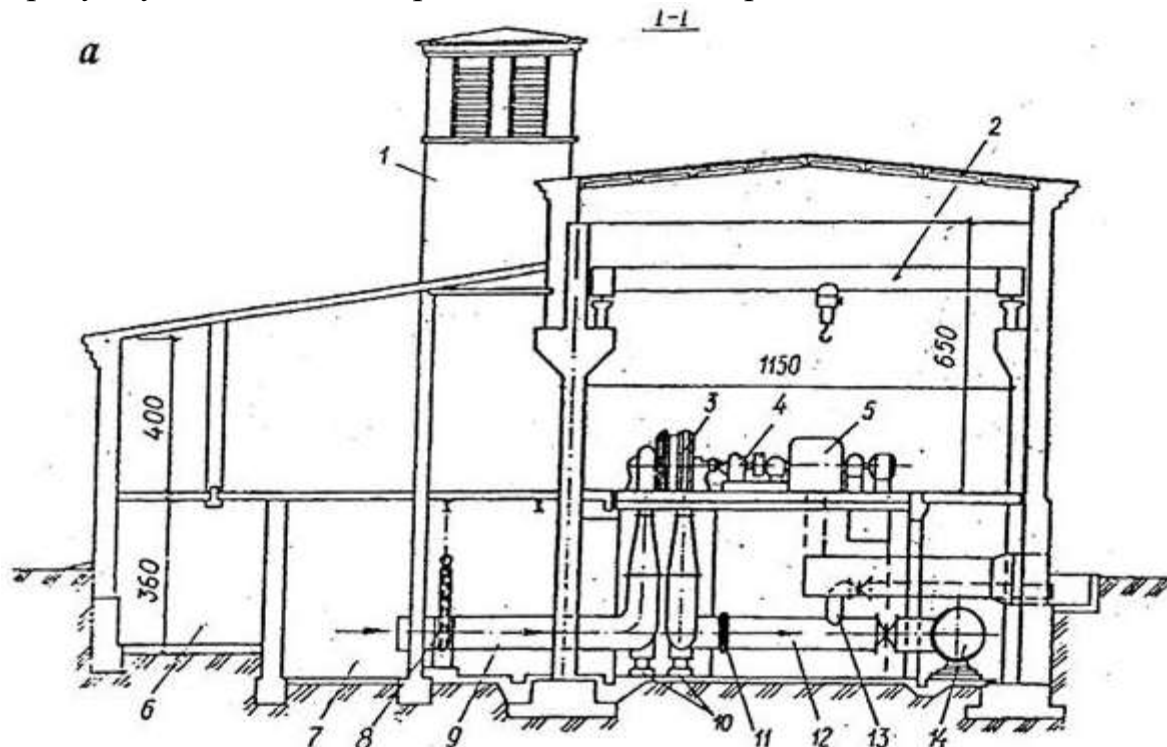
поворотов, а на прямых участках применяют линзовые компенсаторы.

В качестве запорной арматуры рекомендуются задвижки с электрическим или ручным приводом. Трубы и арматуру снаружи изолируют антикоррозионным покрытием (грунтовкой и окраской).

Расчетные диаметры воздухопроводов и потери напора в них определяют с учетом сжатия воздуха и соответствующего повышения его температуры. Изменение температуры воздуха за счет теплообмена воздухопровода с окружающей средой незначительно и им пренебрегают.

Скорость движения воздуха на магистральных участках воздухопровода принимают 10-25 м/с (большие значения относятся к воздухопроводам больших диаметров), на отдельных ответвлениях и на участках, подающих воздух к аэраторам, — 4-10 м/с. Для выравнивания давления воздуха, поступающего на отдельные секции аэрируемых сооружений, в некоторых ответвлениях воздухопроводной системы устанавливают диафрагмы из стали толщиной 6 мм для труб диаметром 500 мм, толщиной 9 мм — для труб диаметром до 1000 мм и толщиной 12 мм — для труб больших диаметров.

Для расчета воздухопроводов предварительно выявляют расходы воздуха по сооружениям — потребителям (при нормальном давлении 760 мм рт. ст., температуре 20° С и плотности воздуха 1,2 кг/м³), составляют схему сети воздухопроводов, увязанную с другими коммуникациями на площадке, устанавливают длины расчетных участков воздухопровода и расходы воздуха, транспортируемого по этим участкам. Выбирают расчетную ветвь воздухопровода, имеющую наибольшее протяжение от воздуходувной станции и, как правило, характеризуемую наименьшим располагаемым капором.



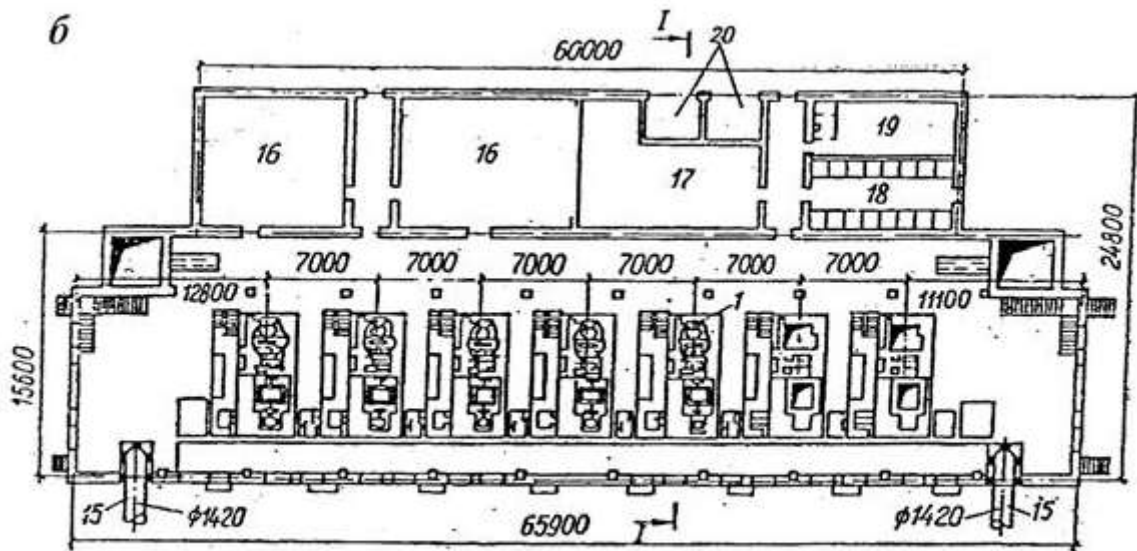


Рис. 2.27. Воздуходувная станция, оборудованная нагнетателями марки 750-23-6:

а – разрез; б – план на отметке машинного зала; 1 – воздухозаборная шахта; 2 – кран-балка; 3 – нагнетатель; 4 – редуктор; 5 – электродвигатель; 6 – камера неочищенного воздуха; 7 – камера чистого воздуха; 8 – масляный фильтр; 9 – всасывающая труба; 10 – виброгасители; 11 – компенсатор; 12 – нагнетательный трубопровод; 13 – трубопровод для выброса воздуха в атмосферу; 14 – нагнетательный коллектор; 15 – воздуховод; 16 – служебные помещения; 17 – статические батареи; 18 – высоковольтное распределительное устройство; 19 – диспетчерская; 20 – трансформаторные ячейки.

Тема 8 Водопроводные насосные станции первого подъема

Классификация водопроводных станций. Назначение и схемы насосных станций первого подъема на поверхностном источнике. Режим работы, подача и напор насосных станций. Подбор рабочих и резервных насосов. Размещение основных насосов в плане и вертикальной плоскости. Противопожарные насосы на станциях первого подъема. Внутростанционные коммуникации. Схемы переключения всасывающих и нагнетательных трубопроводов. Здания насосных станций. Насосные станции первого подъема на подземных источниках. Схема водозаборного узла сооружений. Режим работы, определение подачи и напора. Схемы насосных станций на подземных источниках.

#ТеоретическийРаздел

Водопроводные насосные станции

Все водопроводные насосные станции подразделяются на группы по ряду признаков.

1. По расположению в общей схеме системы водоснабжения и назначению они делятся на:

Станции первого подъема подают воду из источника на очистные сооружения, а если очистка воды не требуется,— в регулирующие емкости или непосредственно в сеть потребителя.

Станции второго подъема перекачивают воду из резервуаров чистой воды в сеть потребителя. В отдельных случаях насосы первого и второго подъемов могут располагаться в одном здании.

Повысительные станции предназначены для повышения напора в сети (отдельные многоэтажные здания, районы с застройкой повышенной этажности, зонные водопроводы, водопроводы промышленных предприятий).

Циркуляционные станции входят в состав системы технического водоснабжения (промпредприятия, теплоэлектростанции).

2. По степени обеспечения подачи воды подразделяют на три категории (СНиП 2.02.04—84):

1 категория (допускается снижение подачи на хозяйственно-питьевые нужды не более чем на 30%, а на производственные — до предела, установленного аварийным графиком. Продолжительность снижения подачи — не более 3 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи за установленный предел — не более чем 10 мин;

2 категория снижение подачи воды то же, что и для станций I категории, но длительность не должна превышать 10 сут. Перерыв в подаче или снижение ее за установленный предел допускается не более чем на 6 ч;

3 категория снижение подачи воды то же, что и для станций I категории, но длительность не должна превышать 15 сут, а перерыв в работе — 24 ч.

3. По типу здания насосные станции подразделяются на наземные, заглубленные и глубокие (шахтные).

4. По характеру управления станции бывают:

с ручным управлением;

полуавтоматические, когда автоматизированная система включается

оператором с пульта управления;

автоматические, на которых система автоматики станции включается и выключается от первичных сигналов, получаемых от датчиков (давления, уровня и т. д.);

с управлением на расстоянии, когда включение, выключение агрегатов, контроль за их работой производится из центрального диспетчерского пункта, расположенного на значительном расстоянии от насосной станции.

Водопроводные насосные станции первого подъема на подземных источниках

1. Схема водозаборного узла сооружений
2. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема.
3. Схемы насосных станций первого подъема.

1. Схема водозаборного узла сооружений

Для забора воды из подземного источника каждое водозаборное сооружение (скважина, шахтный колодец) оборудуют индивидуальной насосной установкой. Все насосы подключают к общему коллектору или водоводу, по которому вода транспортируется на очистные сооружения, а если очистка не требуется — в резервуары чистой воды.

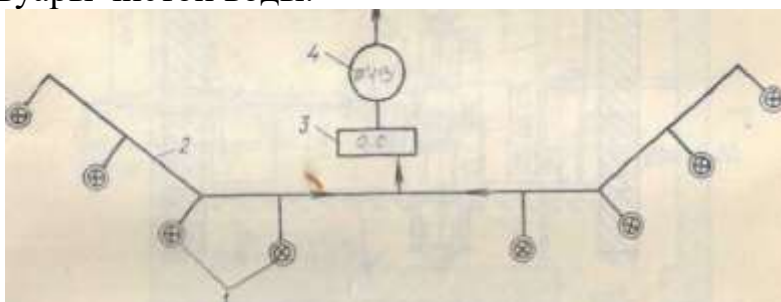


Схема водозаборного сооружения первого подъема на подземном источнике

2. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема.

При использовании подземных источников водоснабжения режим работы насосных установок первого подъема в течение суток в большинстве случаев назначается равномерным.

Общая подача всего водозаборного сооружения первого подъема рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{сут. max}}}{T}$$

α – коэффициент учитывающий водопотребление на собственные нужды (1,05 – 1,1)

$Q_{\text{сут}}$ – максимальное суточное потребление

Расчетная подача определяется исходя из возможного дебита скважины с учетом совместной работы насосных установок на общий нагнетательный водовод.

Напор Н.С. определяется исходя из схемы вертикальной компоновки сооружения.

$$H = H_{\Gamma} + H_{и} + h_{нв} + h_{нс}$$

$$H_{\Gamma} = \text{УВ- дин.ур.}$$

$H_{и}$ – напор воды на излив (1-1.5м)

$h_{нв}$ – потери напора на нагнетательном водоводе

$$h_{нв} = 1.1 \cdot 1000i \cdot L_{нв}$$

1.1 – коэффициент учитывающий потери напора в местных сопротивлениях

1000i – удельные потери напора (зависит от диаметра и материала труб)

$L_{нв}$ – длина нагнетательного водовода

Схемы насосных станций первого подъема

Схема №1 Наземного типа



«Минус» в зимнее необходимо обогревать.

Высота здания более 2.5 метра, длина и ширина 3x3 или 3x4 м

Схема №2 Заглубленного типа

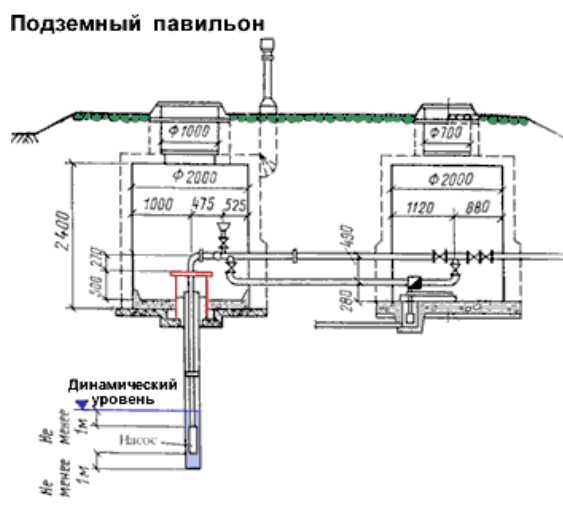
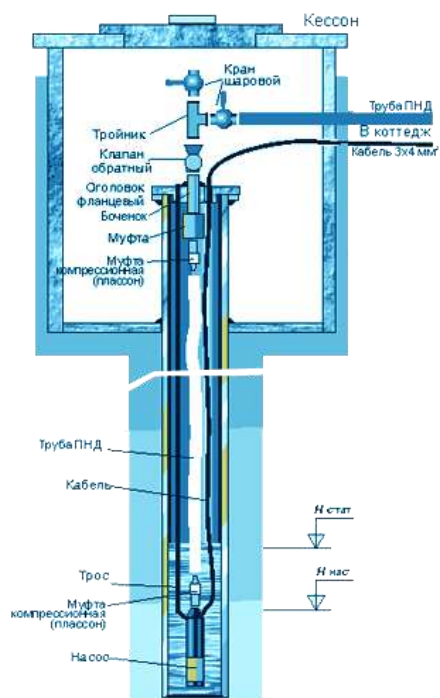


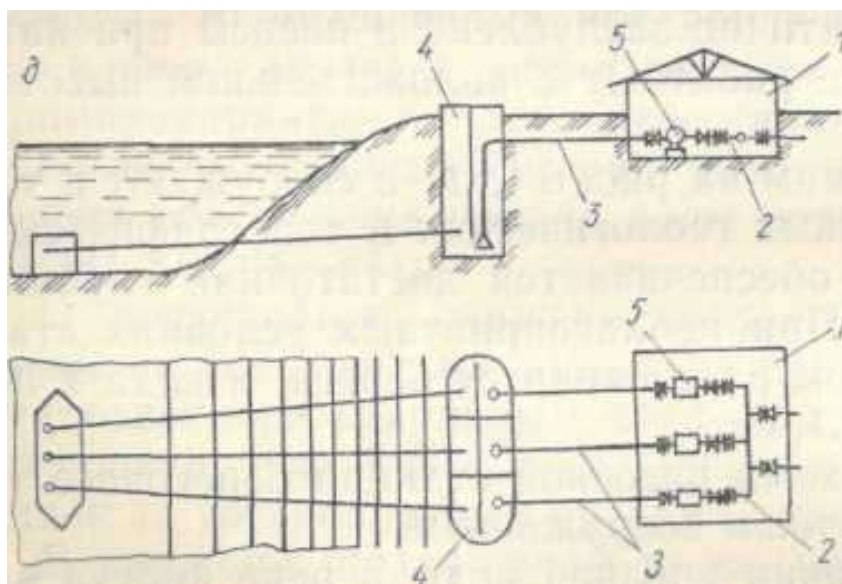
Схема №3 Заглубленная камера колодезного типа



Выбор схемы насосной станции зависит от:

1. типа насоса
2. колебания уровня воды в источнике
3. биологических условий

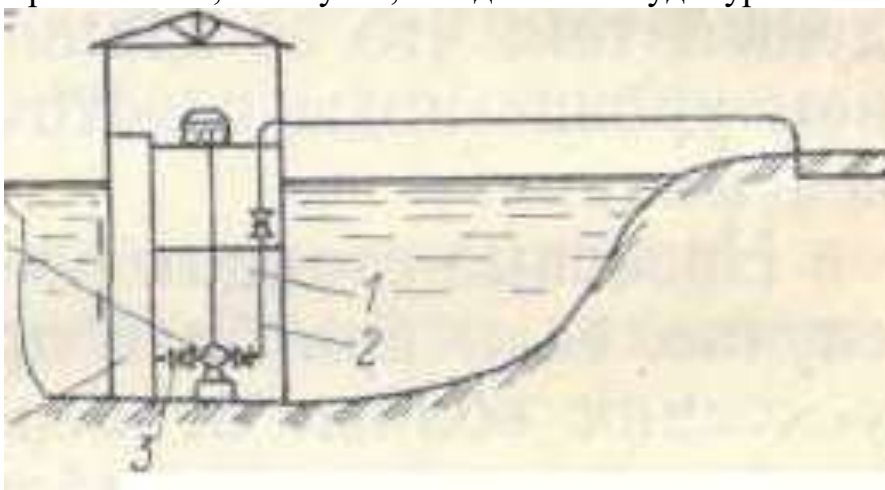
СХЕМА 1



Данная схема применяется в том числе, когда амплитуда колебания уровня воды в источнике не превышает допустимую геометрическую высоту всасывания насоса

СХЕМА 2

Схема применяется, в случае, когда амплитуда уровня воды в источнике



превышает допустимую геометрическую высоту всасывания насоса.

2. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема.

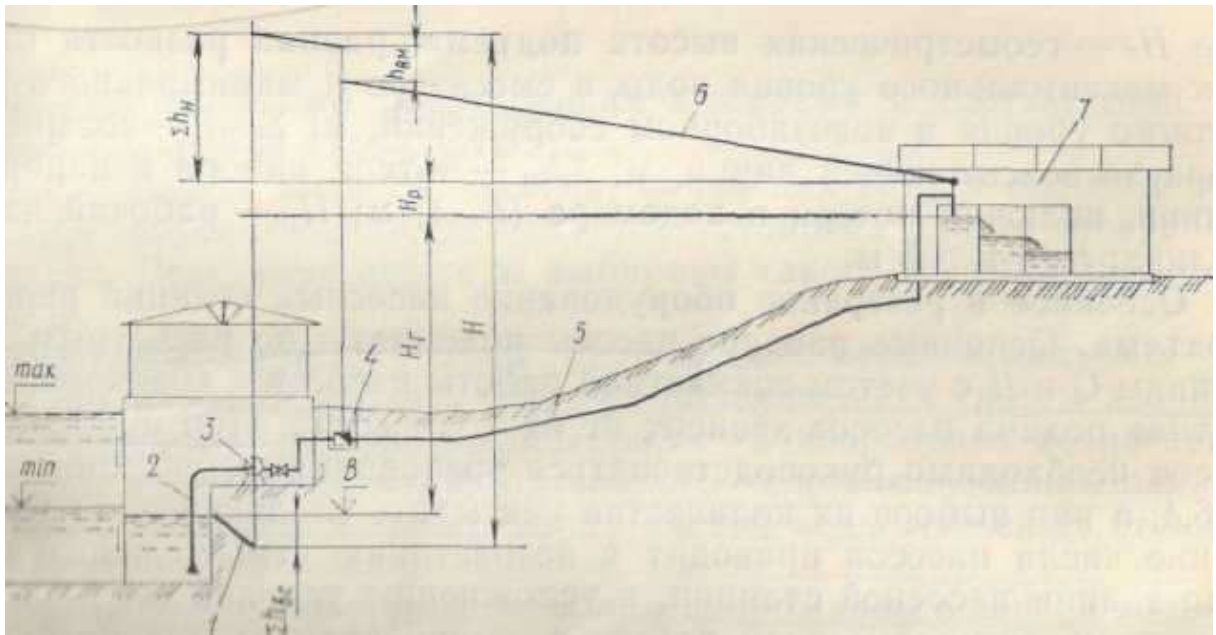
Режим работы насосной станции системы, хозяйственно-питьевого водоснабжения связан с режимом работы очистных сооружений. С целью сокращения размеров сооружений и стабилизации процесса очистки воды режим работы насосной станции назначают равномерным в течение суток.

$$Q = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{сут.макс}}}{T}$$

α – коэффициент учитывающий водопотребление на собственные нужды (1,05 – 1,1)

$Q_{\text{сут}}$ – максимальное суточное потребление

T – продолжительность работы насосной станции в сутки, ч (при равномерном режиме $T=24$ ч)



Расчетный напор насосов станции первого подъема в каждом отдельном случае определяется по схеме вертикальной планировки с учетом потерь напора во всасывающей и напорной линиях.

Например, напор станции, перекачивающей воду на очистные сооружения

$$H = H_g + \Sigma h_{вс} + \Sigma h_n + H_p$$

где, H_g – геометрическая высота подъема, равная разности отметок максимального уровня воды в смесителе и минимального расчетного уровня в водозаборном сооружении, м;

$\Sigma h_{вс}$ – потери напора на всасывающей линии, м;

Σh_n – потери напора в напорной линии, включая потери в водомере, м;

H_p – рабочий напор излива (1...1,5) м.

3. Рабочие и резервные насосы

Основные рабочие насосы подбирают по расчетным значениям Q и H с учетом совместной работы насосов и водовода.

Рабочих насосов на станциях первого подъема должно быть как можно меньше (но не менее двух) при большей их мощности. В насосных станциях II и III категории при соответствующем обосновании допустима установка одного рабочего насоса.

На средних и малых станциях используются насосы типа Д или К. В отдельных случаях на станциях с большим заглублением целесообразно применять скважинные насосы. Рабочие насосы на станции должны быть однотипными.

При проектировании насосных станций первого подъема, учитывая, что их расширение (в связи с перспективой развития водоснабжения) связано с большими техническими трудностями, предусматривают место для установки дополнительных агрегатов либо увеличивают размеры фундаментов, чтобы можно было установить насос большей мощности.

Резерв насосного оборудования выбирают в соответствии со **ТЕХНИЧЕСКИМ КОДЕКСОМ ТКП 45-4.01-32-2010 (02250) (табл. 12.1)**.

Количество рабочих агрегатов одной группы	Количество резервных агрегатов в насосных станциях		
	I	II	III
До 6	2	1	1
6 до 9	2	1	-
Более 9	2	2	-

На станциях первого подъема, подающих воду в системы оборотного водоснабжения, допускается установка одного резервного агрегата. Резервные агрегаты выбирают такого же типа, как и основные.

4. Противопожарные насосы

При восстановлении противопожарного запаса основными хозяйственными насосам полная подача насосной станции определяется по формуле

$$Q = Q_I + \frac{3Q_{II} + \sum Q_{\max} - 3Q_I}{T}$$

где Q_I — среднечасовая подача насосной станции первого подъема, м³/ч;

$3Q_{\max}$ — полный объем воды за 3 ч тушения пожара, м³

(3 ч - расчетная продолжительность тушения пожара);

$\sum Q_{\max}$ — суммарный объем воды, расходуемой на хозяйственно-питьевые нужды за 3 ч наибольшего водопотребления, м³ (по графику водопотребления);

$3Q_I$ — объем воды, поступающей за 3 ч от насосной станции первого подъема, м³ (принимается в расчет, если гарантирована бесперебойная подача воды насосной станцией первого подъема);

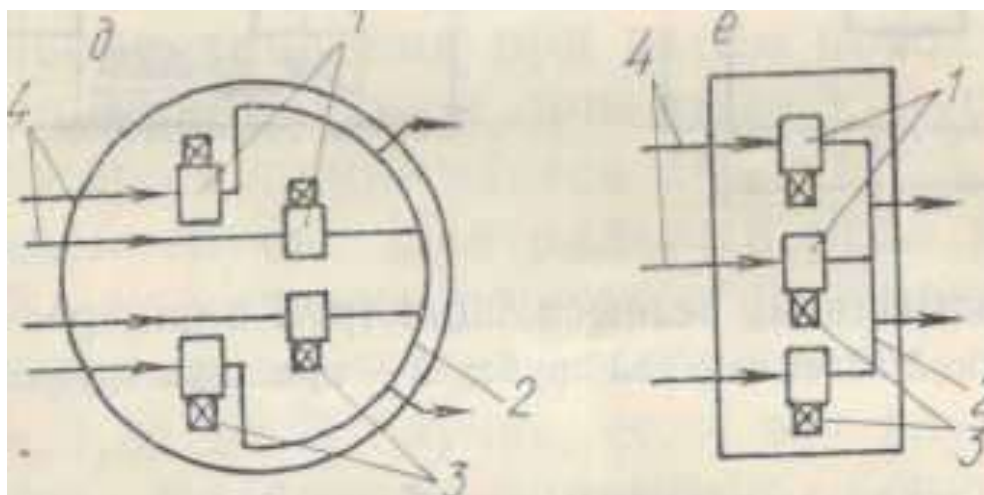
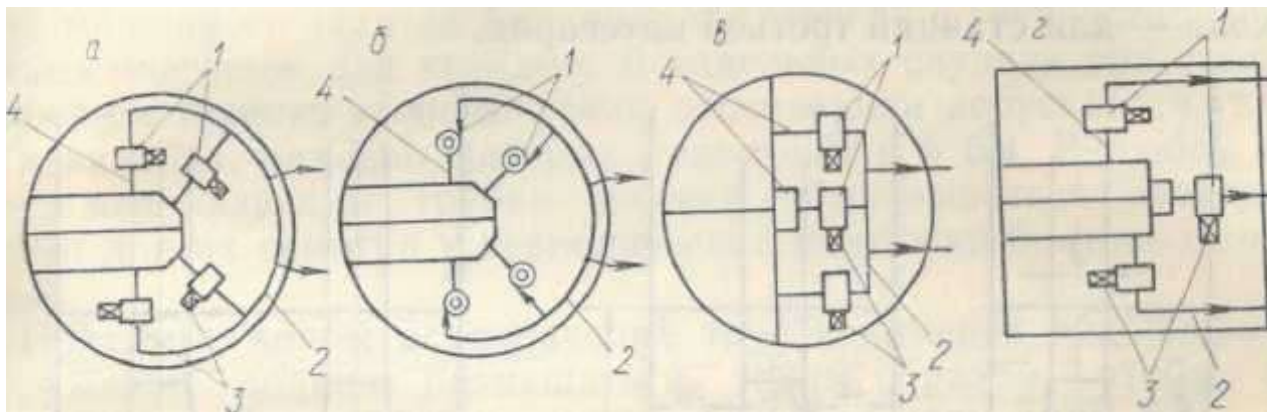
T — максимальная продолжительность восстановления противопожарного запаса, ч.

5. Размещение насосных агрегатов в плане и в вертикальной плоскости

Размещение насосных агрегатов определяется формой машинного зала в плане, типом насосов и способом подвода к ним воды.

Размещение насосного оборудования и трубопроводов также должно обеспечивать удобство, безопасность, оперативность их обслуживания и ремонта.

Размещение насосов в вертикальной плоскости на станциях первого подъема прежде всего зависит от типа насосов. Вертикальные центробежные и осевые насосы монтируют так, чтобы их корпуса находились ниже минимального уровня воды в источнике. Расстояния между агрегатами принимают не менее 1 м; между агрегатами и стенами — в наземных станциях не менее 1 м, в заглубленных — не менее 0,7 м; между неподвижными выступающими частями оборудования — 0,7 м.



- а) Кольцевое расположение насосов типа Д
- б) Кольцевое расположение насосов вертикального типа
- в) рядное расположение горизонтальных насосов
- г) однорядное расположение горизонтальных насосов
- д) двухрядное расположение горизонтальных насосов
- е) однорядное расположение горизонтальных насосов

6. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов

Всасывающие трубопроводы являются наиболее ответственными элементами насосных установок, так как от правильности их расчета, конструкции и эксплуатации зависит экономичность работы насосов.

Наилучшим условием для нормальной работы насосов является обеспечение каждого насоса индивидуальной всасывающей трубой. Однако это возможно только при использовании осевых, вертикальных центробежных и небольшого числа (до четырех) горизонтальных насосов. При числе горизонтальных центробежных насосов более четырех на станциях раздельного типа значительно увеличиваются габариты водозаборного сооружения, усложняется устройство всасывающих трубопроводных коммуникаций, что приводит к удорожанию строительства гидроузла.

При конструировании всасывающих трубопроводов необходимо учитывать следующие требования:

- 1) всасывающая линия должна быть герметична

$$d_{эм} = \sqrt{\frac{4Q_T}{\pi V_э}}$$

$V_э$ – в ТКП 0,6 – 2 м/с

2) конструкция всасывающей линии должна исключать возможность скопления в ней воздуха. Верхняя образующая длинных трубопроводов должна иметь уклон в сторону от насоса не менее 0,005;

3) для уменьшения потерь напора всасывающие трубопроводы должны быть возможно меньшей длины и с наименьшим числом арматуры и фасонных частей.

$$\begin{aligned} D_{вх} &= (1,25-1,5) d_{вт} \\ \alpha &= 8-16^\circ \end{aligned}$$

Всасывающие трубопроводы как в пределах насосной станции, так и вне выполняются из стальных труб на сварке с применением фланцевых соединений для присоединения к арматуре и насосам.

Запорную арматуру на всасывающих трубах устанавливают в случаях, когда насосы размещены ниже уровня воды в источнике или когда они подключены к общему коллектору.

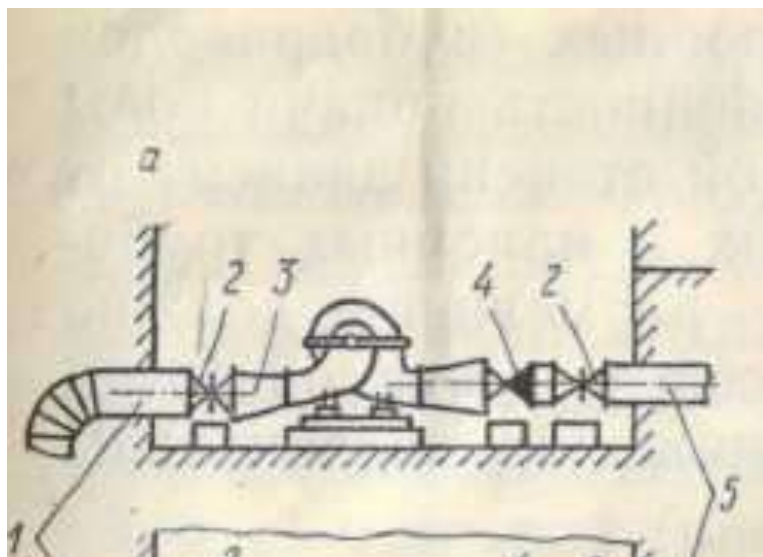
Напорные трубопроводы насосных станций предназначены для подачи перекачиваемой жидкой среды от насосов к водоводам. Чаще всего количество отходящих от станции водоводов бывает меньше числа насосов, поэтому напорные трубопроводы объединяют в общий коллектор.

$$d_{нт} = \sqrt{\frac{4Q_T}{\pi V_э}}$$

$V_э$ – в ТКП 0,8 – 4 м/с

Все напорные трубопроводы и коллекторы внутри насосной станции выполняются из стальных труб на сварке с использованием фланцевых соединений для крепления их к насосам и арматуре. Трубы разных диаметров соединяют прямыми переходами.

На напорной стороне у каждого насоса устанавливается обратный клапан, который препятствует обратному току перекачиваемой воды в случае прекращения подачи энергии к электродвигателю насоса (аварийный случай), а также при выключении насоса, если система рассчитана на запуск и остановку насоса при открытой задвижке. На напорных трубопроводах имеются необходимое число задвижек. Задвижки и другую арматуру устанавливают на бетонные подушки таким образом, чтобы их вес не передавался на патрубки насосов.



7. Здания насосных станций

В здании насосной станции, кроме служебных и бытовых помещений, размещается все гидромеханическое, электрическое и вспомогательное оборудование.

Здания насосных станций первого подъема (совмещенные, отдельные) чаще всего бывают заглубленного типа. Они состоят из подземной части и верхнего строения. Здания станций подразделяются на камерные и блочные. Причем в зависимости от используемого насосного оборудования камерные здания могут быть с сухой и мокрой камерами.

Размеры подземной части здания в плане определяются прежде всего типом и компоновкой насосного оборудования и трубопроводных коммуникаций с учетом установленных СНиПом расстояний между ними. Заглубление зависит от максимальной амплитуды колебания уровня воды в источнике, а также от расположения оси насосов относительно минимального уровня воды.

Верхнее строение здания насосной станции представляет собой сооружение промышленно-цехового типа. В большинстве случаев оно выполняется из кирпича или сборных железобетонных конструкций. В наземной части здания размещаются все служебные и бытовые помещения, трансформаторная подстанция, а на станциях, оборудованных вертикальными насосами, размещается также зал электродвигателей. При благоприятных климатических условиях насосные станции первого подъема могут сооружаться без верхнего строения на открытых площадках.

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС ТКП 45-4.01-32-2010 (02250)

12.2.4 В насосных станциях для группы насосов одного назначения, подающих воду в одну и ту же сеть или водоводы, количество резервных насосов следует принимать согласно таблице 12.1.

Таблица 12.1

Таблица 12.1

Количество рабочих насосов одной группы, шт.	Количество резервных насосов, шт., в насосных станциях категорий		
	I	II	III
До 6 включ.	2	1	1
Св. 6 до 9 включ.	2	1	—
Св. 9	2	2	—

Примечания

- 1 В количество рабочих насосов включаются пожарные насосы.
- 2 Рабочих насосов одной группы, кроме пожарных, должно быть не менее двух. В насосных станциях II и III категории при обосновании допускается установка одного рабочего насоса.
- 3 При установке в одной группе насосов с разными характеристиками, количество резервных насосов следует принимать для насосов большей производительности, а резервный насос меньшей производительности хранить на складе.
- 4 В насосных станциях II категории при количестве рабочих насосов 10 и более один резервный насос допускается хранить на складе.
- 5 Если количество однотипных рабочих насосов основного назначения в водопроводе низкого давления обеспечивают подачу максимального расхода воды на хозяйственные, питьевые и производственные нужды населенного пункта и расчетного расхода воды на тушение пожаров, то количество резервных пожарных насосов дополнительно к резерву насосов основного назначения не принимается.
- 6 Если требуется сверх количества однотипных рабочих насосов включить еще один или два насоса такого же типа для обеспечения подачи общего расхода при тушении пожаров в населенном пункте, то количество резервных насосов следует увеличить на один для насосных станций I категории по обеспеченности подачи воды.

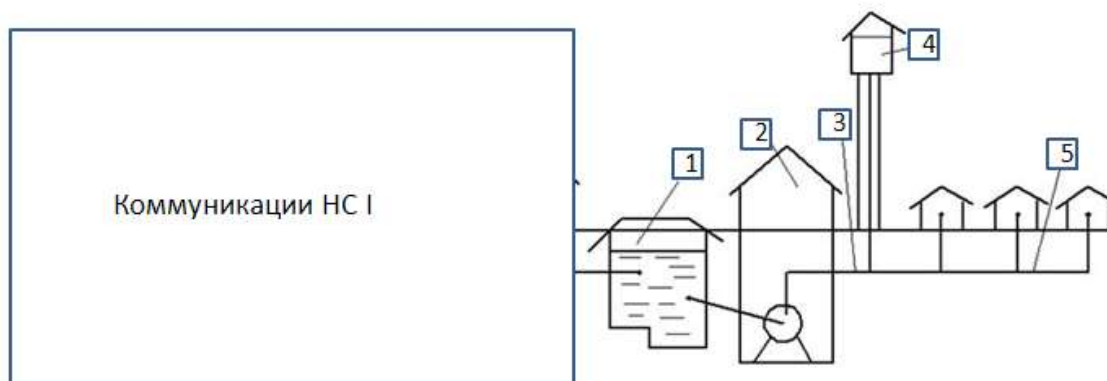
Тема 9 Водопроводные насосные станции второго подъема

Назначение и схемы насосных станций второго подъема. Режим работы насосных станций и графики их работы. Определение расчетной подачи насосной станции и выбор количества рабочих насосов. Определение расчетного напора насосных станций, подбор резервных насосов. Внутростанционные коммуникации насосных станций. Проектирование схем переключения всасывающих и нагнетательных трубопроводов. Здания насосных станций второго подъема

#ТеоретическийРаздел

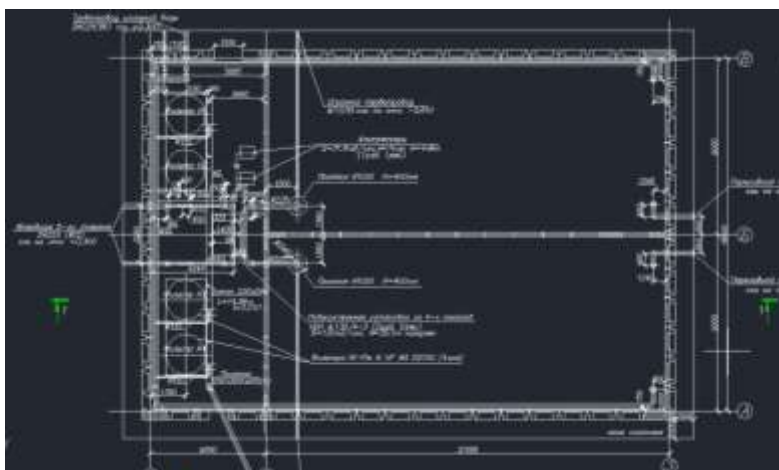
Основные схемы НС 2 подъема

СХЕМА 1



- 1 – РЧВ
- 2 – НСII
- 3 – напорный водовод
- 4 – ВБ
- 5 – разводящая сеть

СХЕМА 2



- 1 – РЧВ
- 2 – всасывающий трубопровод

- 3 – здание насосной станции
- 4 – насосный агрегат
- 5 – нагнетательный водовод
- 6 – камера переключений

Достоинство второй схемы – отсутствие здания НС, что является экономичным при строительстве.

Режим работы, подача насосных станций второго подъема.

Режим работы насосной станции 2 подъема зависит от режима водопотребления и наличия в системе водонапорной башни.

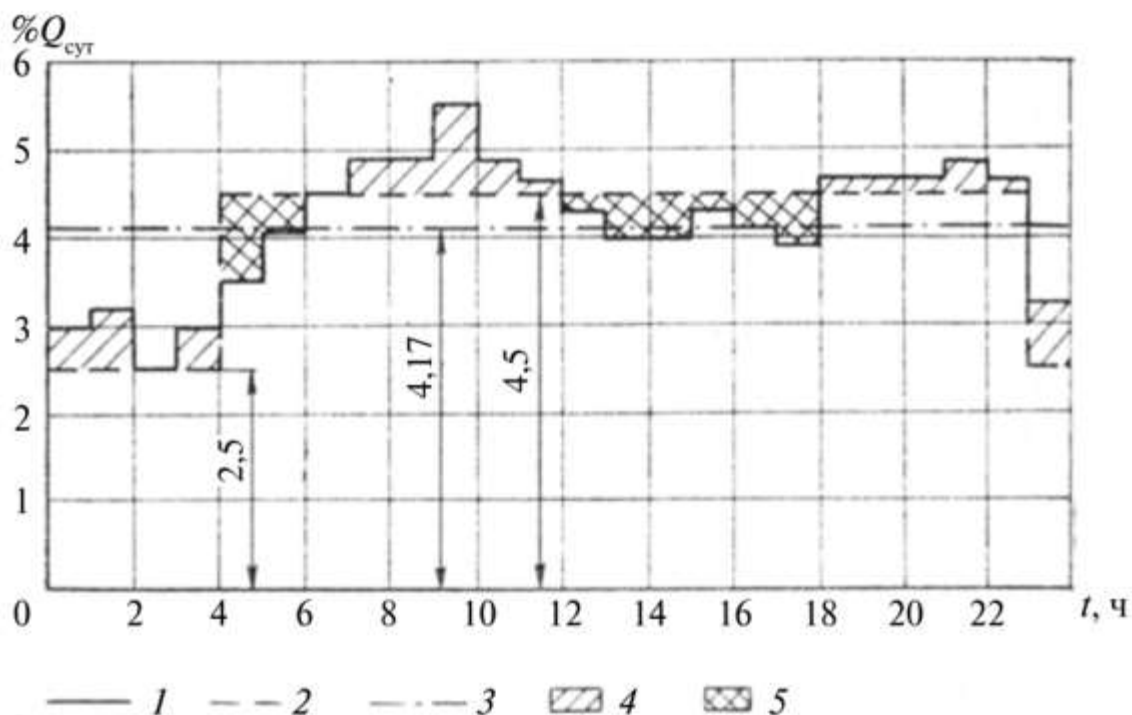
1. Водонапорная башня не предусмотрена

$$Q_{НС} = \frac{P_{max} \cdot Q_{сут}^{max}}{100} \text{ М}^3/\text{ч} \quad (* / 3,6 = \text{л/с})$$

2. ВБ в системе предусмотрена

Это дает возможность снизить расчетную подачу станции, уменьшает мощность насоса, снижает их количество.

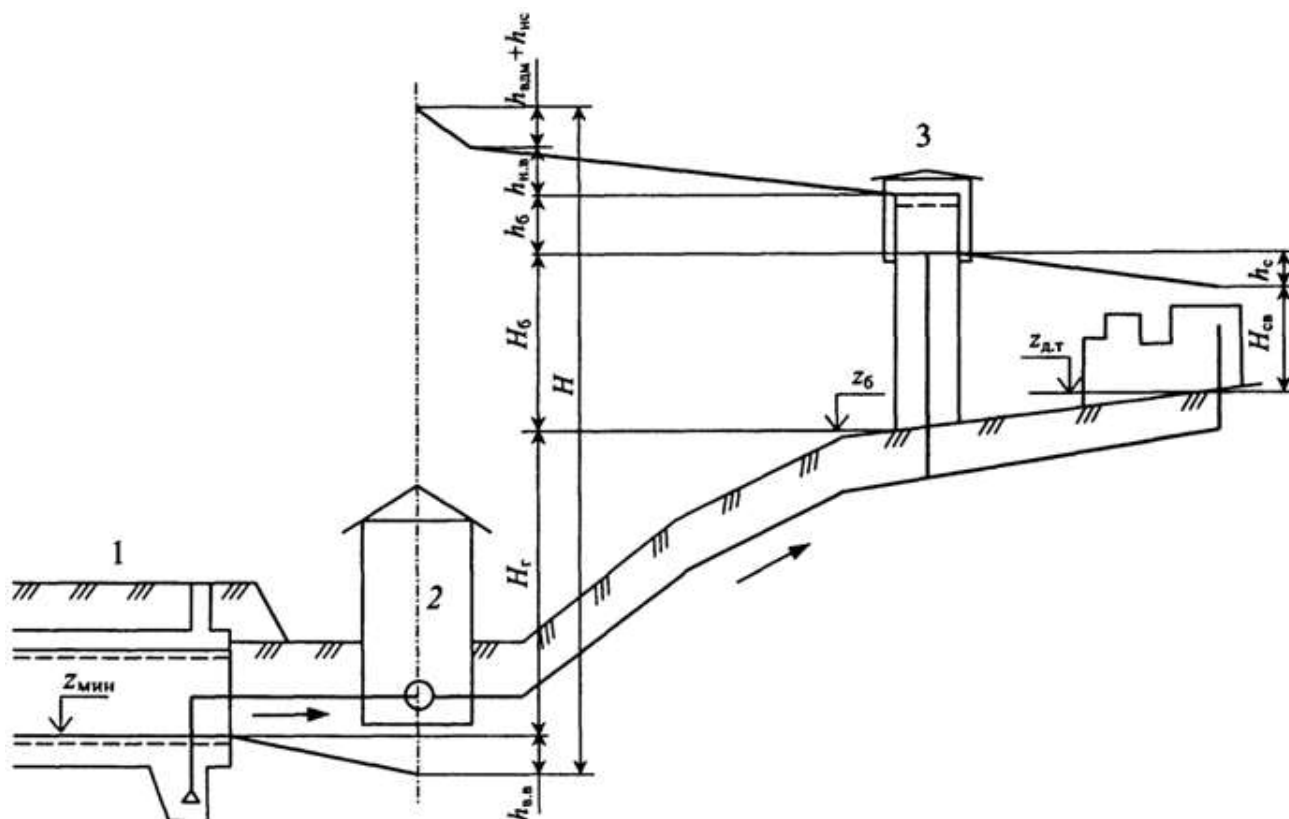
$$Q_{НС} = \frac{P_{II} \cdot Q_{сут}^{max}}{100 \cdot 3.6} \text{ л/с}$$



Число ступеней графика водоподдачи не более 3.

Определение расчетного напора НС2

Расчетный напор насосов станции второго подъема определяется по схеме вертикальной планировки с учетом потерь напора во всасывающей и напорной линиях.



- 1 – РЧВ
- 2 – всасывающий водовод
- 3 – здание НС
- 4 – насосный агрегат
- 5 – нагнетательный водовод
- 6 – водомер

Расчетный напор станции (максимально возможный)

$$H = H_g + h_{vv} + h_{nc} + h_{vm} + h_{nv}, \text{ м вод.ст}$$

где, H_g – геометрическая высота подъема, м;

$$H_g = \nabla Б + H_{вб} + H_p - \nabla \text{рез}, \text{ м}$$

$\nabla Б$ – отметка поверхности земли у ВБ, м;

$H_{вб}$ – высота ВБ, м;

H_p – глубина наполнения бака, м

$\nabla \text{рез}$ – отметка РЧВ соответствующая противопожарному объему, м (ТКП 45-4.01-32-2010 «Наружные водопроводные сети и сооружения»)

h_{vv} – потери напора на всасывающем водоводе, м

$$h_{vv} = (1,1 - 1,15) 1000 i_{vv}$$

$$h_{nc} = (2 - 2,5) \text{ м}$$

$$h_{вм} = \frac{V_{нв}^2}{2g} \left(\frac{1}{m^2} - 1 \right) (1 - m)$$

m – соотношение диаметра диафрагмы и диаметра нагнетательного трубопровода $m = \frac{d_{\partial}^2}{d_{нв}^2}$ $m=0.1, 0.2, 0.3, \dots$

$$h_{нв} = (1.05 - 1.1) 1000i \text{ м}$$

от напора в метрах водного столба переходим к давлению в МПа

$$P = \frac{\rho g (H_{г} + \sum h)}{10^6}, \text{ МПа}$$

Если в системе не **предусмотрена башня**, тогда напор находится:

$$H = H_{г} + h_{вв} + h_{нс} + h_{вм} + h_{нв}$$

$$H_{г} = (\nabla_{\text{входной камеры}} + H_{св}) - \nabla_{\text{рез}}$$

Расчет остальных потерь по тем же формулам что и в случае с башней.

Рабочие и резервные насосы

Основные рабочие насосы подбирают по расчетным значениям Q и H с учетом совместной работы насосов и водовода.

Чаще используют насосы типа «Д», реже типа «К», еще реже вертикальные насосы. В качестве нового поколения используются насосы «FLYGHТ», «WILLO» погружные насосы и т.д.

Если график водоподачи насосной станции ступенчатый, то при выборе количества рабочих насосов необходимо иметь в виду, что их работа должна осуществляться при максимальном КПД.

Увеличение числа насосов упрощает обеспечение графика водоподачи, но увеличивает размеры НС и снижает КПД насоса.

Однако уменьшение количества насосов усложняет обеспечение графика водоподачи.

Окончательное решение по назначению числа рабочих насосов, принимается на основании ТЭрасчетов вариантов. Подбор насосов ведут по параметрам подачи и напора:

$$Q_{н} = \frac{Q_{нс}}{Z}$$

Где Z – количество насосов

$$H = H_{г} + h_{вв} + h_{нв} + h_{вм} + h_{нс}$$

Количество резервных насосов принимается на основании ТКП 45-4,01-32-2010 в зависимости от категории надежности и числа рабочих насосов.

Резервные насосы принимаются такой же марки как и основные.

Противопожарные и специальные насосы

Расход на противопожарные нужды определяется по формуле

$$Q_{п} = q_{п} \cdot n$$

где $q_{п}$ — расход на 1 пожар, м³/м;

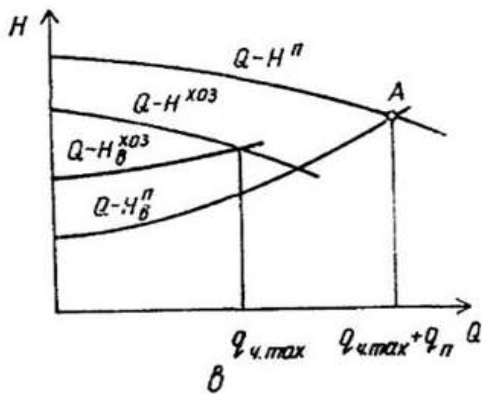
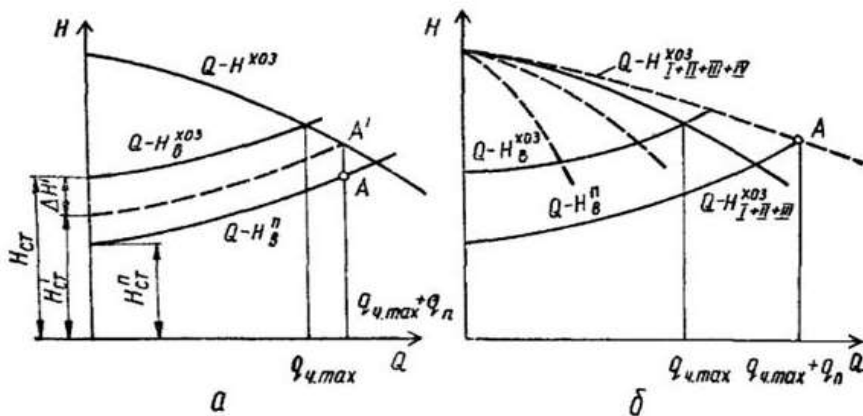
n — число одновременных пожаров.

Если противопожарный напор не превышает напор для хоз.питьевых нужд, то подача воды на тушение пожара осуществляется хоз. питьевыми насосами.

1 случай

$$H_{п} \leq H$$

Если напор менее требуемого в этом случае учитывают то, что при пожаре допускается снижение свободных напоров в сети и рассматривается возможность подачи противопожарного расхода хоз. питьевыми насосами



Если хоз. питьевые насосы не обеспечивают подду воды на тушение пожара, то подбирают противопожарные насосы с напором равным $H_{п} = H$

2 случай

$$H_{п} \geq H$$

Как правило, это сети высоко давления, насосы подбираются с их суммарной подачей $Q_{хоз.питев} + Q_{пж}$ и с напором равным противопожарному.

Специальные насосы — насосы для промывки фильтров на станции водоподготовки и аварийные насосы.

Подача насосов для промывки фильтров определяется интенсивностью промывки фильтров и их площадью. Напор определяется по схеме вертикальной

планировки сооружений. Обычно это насос типа «Д», реже «К».

Аварийные насосы используются для удаления воды при аварии на НС полузаглубленного и заглубленного типов. Они должны обеспечить откачку воды мощностью более 0,5 м за 2 часа с любой площади.

Размещение насосных агрегатов НС

Размещение насосных агрегатов зависит от типа насосов, их количества и ориентации здания станции относительно РЧВ.

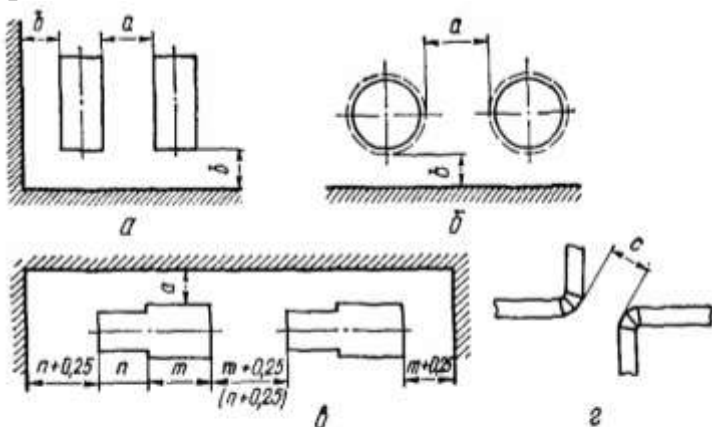
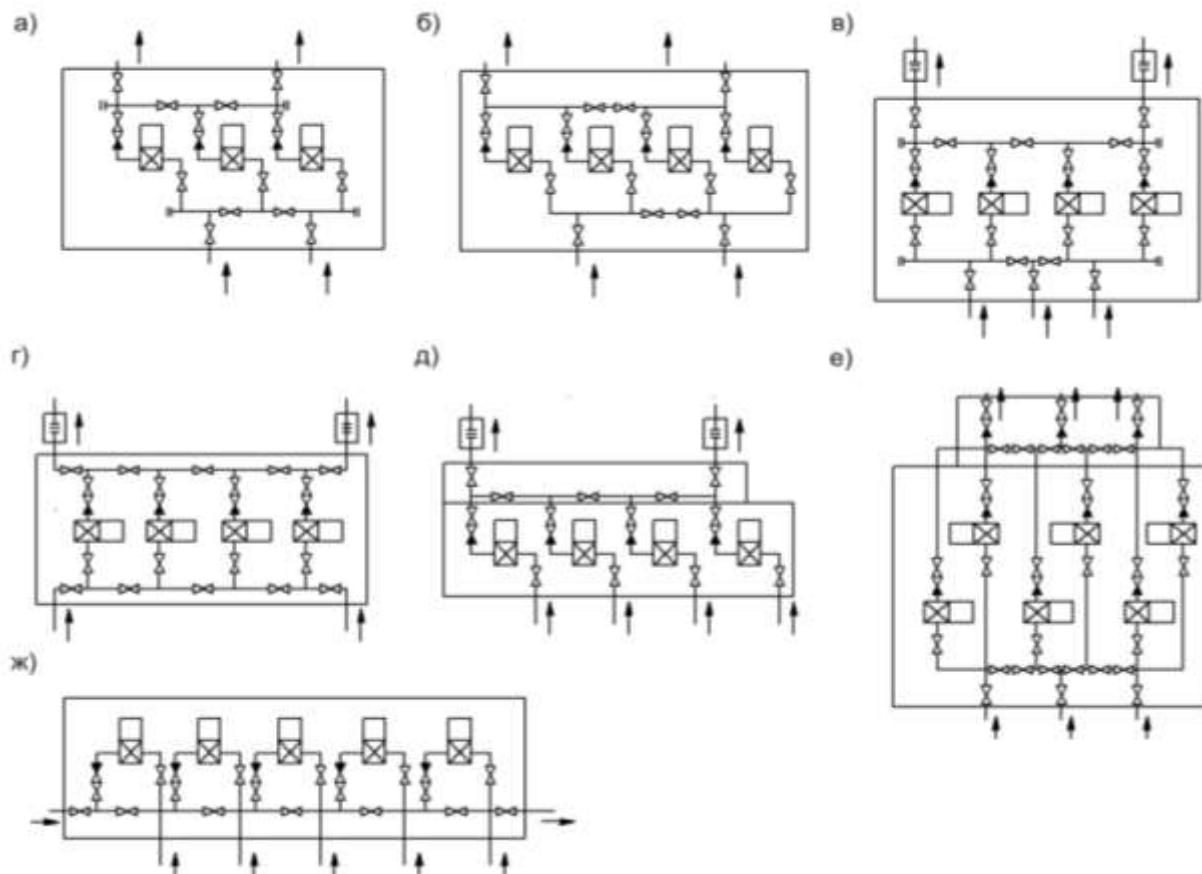


Рис. 2.11. Схема к определению ширины проходов в машинном зале:
 а – с горизонтальными насосами; б – с вертикальными насосами;
 в – с учетом демонтажа ротора электродвигателя; г – между трубопроводами

ТКП 45-4.01-200-2010



1 – всасывающие водоводы; 2 – всасывающий коллектор; 3 – всасывающий трубопровод; 4 – насосные агрегаты; 5 – нагнетательный трубопровод; 6 – нагнетательный коллектор; 7 – нагнетательный водовод.

При расположении насосов в плане необходимо стремиться к минимальному числу поворотов всасывающих и нагнетательных трубопроводов.

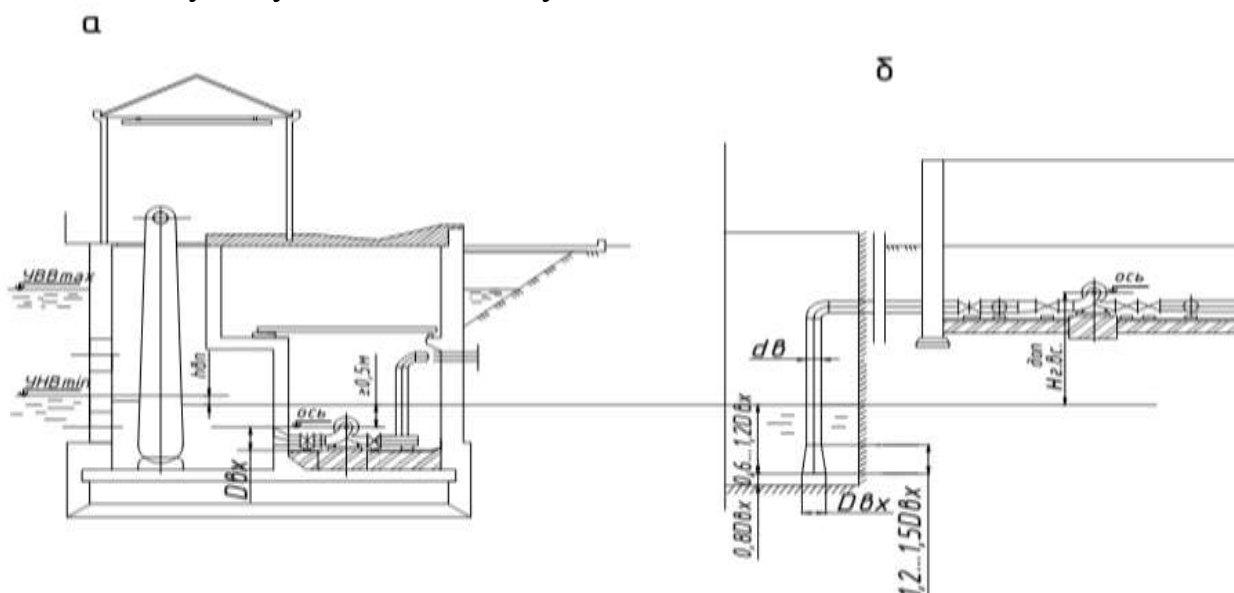
Размещение насосных агрегатов в вертикальной плоскости зависит от категории НС.

1 категория

Для НС второй категории надежности размещение оси насосов может производиться как выше так и ниже расчетного уровня воды в РЧВ.

Всасывающие и нагнетательные коммуникации НС2

Схема расположения всасывающих и нагнетательных коммуникаций НС 2 подъема полузаглубленного и заглубленного типов.



1 – всасывающий водовод; 2 – всасывающий коллектор; 3 – ассиметричный переход; 4 – всасывающий трубопровод; 5 – симметричный переход; 6 – обратный клапан; 7 – монтажная вставка (если диаметр трубопровода менее 200 мм, можно не предусматривать); 8 – нагнетательный трубопровод; 9 – нагнетательный коллектор; 10 – нагнетательный водовод; 11 – задвижка (если диаметр трубопровода более 400 мм, - электрозадвижка).

Всасывающие водоводы выполняются только из стальных труб не менее 2-х ниток.

$$Q_{\text{всасыв. водовода}} = \frac{Q_{\text{НС}}}{n-1}, \text{ л/с}$$

Где n – число водоводов.

Диаметр всасывающего водовода выбирается на основании ТЭ расчета или

$$d_{\text{в.в.}} = \mathcal{E}^{0.15} Q_{\text{ВВ}}^{0.43}, \text{ мм округлив до стандартного размера}$$

Где \mathcal{E} – экономический фактор (обычно =0,5)

Всасывающий коллектор выполняется только из стальных труб дв.к.=дв.в.

Нагнетательный трубопровод – сталь.

Количество запорной арматуры назначается так, чтобы:

1. Была обеспечена возможность работы любого насоса на любой нагнетательный водовод.
2. Была возможность выводить на ремонт или на резерв насосы

Рекомендуемые размеры к размещению трубопроводов в машинном зале

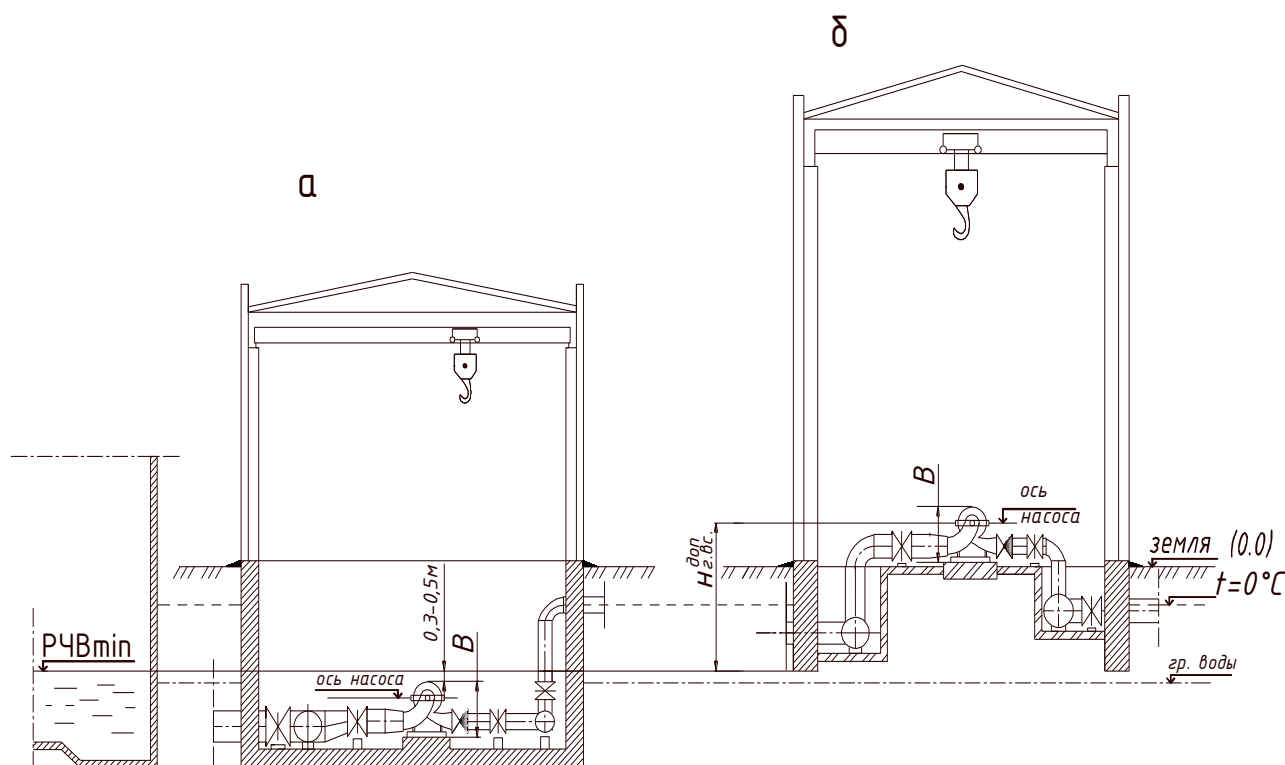
Размер, мм	$d_y \leq 400$	При наличии арматура		При отсутствии арматуры	
		$d_y = 450 \dots 600$	$d_y > 600$	$d_y = 450 \dots 600$	$d_y > 600$
<i>a</i>	300	500	700	400	400
<i>b</i>	300	500	500	500	500
<i>h</i>	250	300	350	250	250
<i>c</i>	250	350	500	350	350
<i>H</i>	400	600	600	600	600

3. Здания НС2

Различают здания НС:

- наземного типа** (отметка МЗ на 15 – 20 см отметки больше поверхности земли);
- полузаглубленного типа** (отметка МЗ на 4,5 – 5 м меньше отметки поверхности земли);
- заглубленного типа** (наличие ж/б перекрытия между наземным и подземными частями).

Подземная часть здания НС в плане прямоугольной формы и устраивается монолитным из сборного железобетона.



Отметка пола МЗ определяется исходя из отметки оси насоса при этом высота фундамента под насос должна быть не менее 0,1 м и расстояние от низа труб до

поверхности пола не менее 0,3 м.

$$\nabla \text{ОН} = \nabla \text{рез} - (0,3 \dots 0,4) - h$$

$$\nabla \text{МЗ} = \nabla \text{ОН} - H - h\phi, h\phi \geq 1$$

Длина подземной части здания НС определяется:

1. Габаритными размерами насосных агрегатов, их количеством и схемой расположения;
2. Шириной прохода между агрегатами, а также между агрегатами и торцевой стеной
3. Длиной монтажной площадки.

Ширина подземной части определяется:

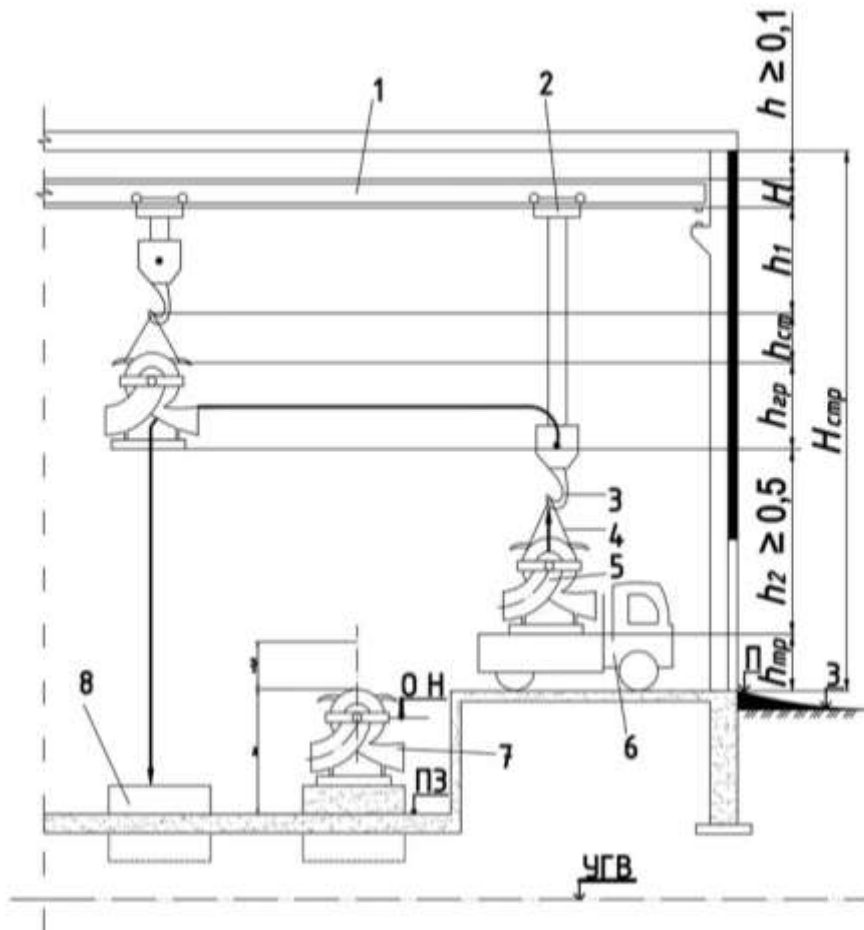
1. Габаритными размерами насосных агрегатов
2. схемой расположения
3. Суммарной длины труб, фасонных частей и арматуры
4. расстояния между трубами, арматурой и стеной
5. шириной переходного мостика.

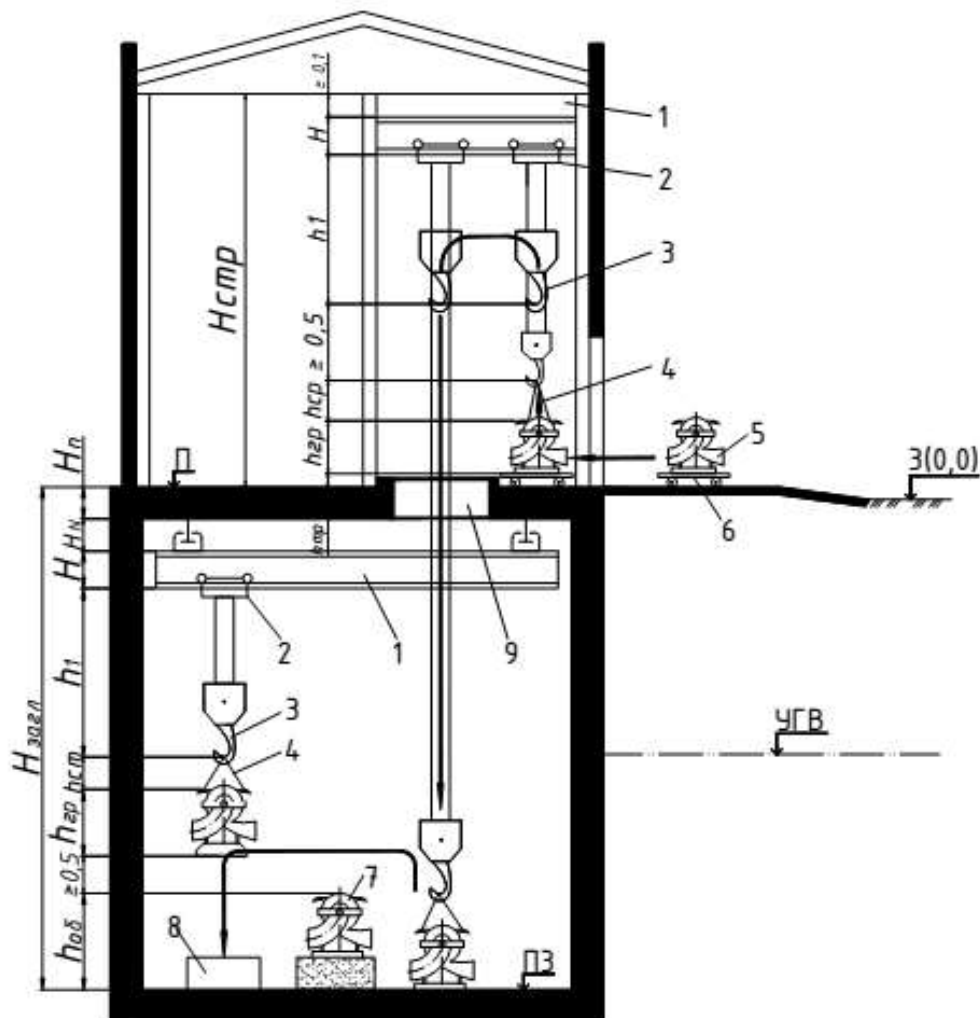
Ширина должна быть кратной 3. (6,9,12,15 м)

Наземная часть проектируется в виде одноэтажного машинного зала и устраивается из силикатного кирпича или ж/б панелей.

Верхнее строение бывают каркасного и бескаркасного типов.

Высота верхнего строения здания НС определяется из условия нагрузки расчетной монтажной единицы на транспортную платформу.





$$H_{стр} = h_{тр} + a + h_{об} + h_c + h + H_n + 0.1 \text{ м}$$

$h_{тр}$ – высота транспортной платформы

a – запас между транспортной платформой и грузом (0,5м)

$h_{об}$ - высота оборудования

h_c – длина строп (гибкие – 0,5-1м, жесткие – 0,3м)

h – высота подъемно – транспортного оборудования

H_n – высота двутавровой балки

Получив $H_{стр}$, округляем в сторону большего стандартного размера – 3, 3,6, 4,2, 4,8, 5,4, 6,0 м

В блоке с верхним строением здания устраивают вспомогательные помещения (санузел, трансформаторную подстанцию, мастерские, гараж и т.д.)

Высота вспомогательных помещений принимается высоте камер под трансформаторы.

Тема 10 Циркуляционные и повысительные насосные станции

Назначение и схемы циркуляционных и повысительных насосных станций.
Определение расчетной подачи и расчетного напора.

#ТеоретическийРаздел

ПНС

ПНС служат для увеличения напора в сети здания или группы зданий. Вода насосами таких станций забирается непосредственно из сети и, получив в насосе соответствующее приращение напора, подается в сеть. ПНС оборудуют центробежными консольными насосами.

Напор ПНС

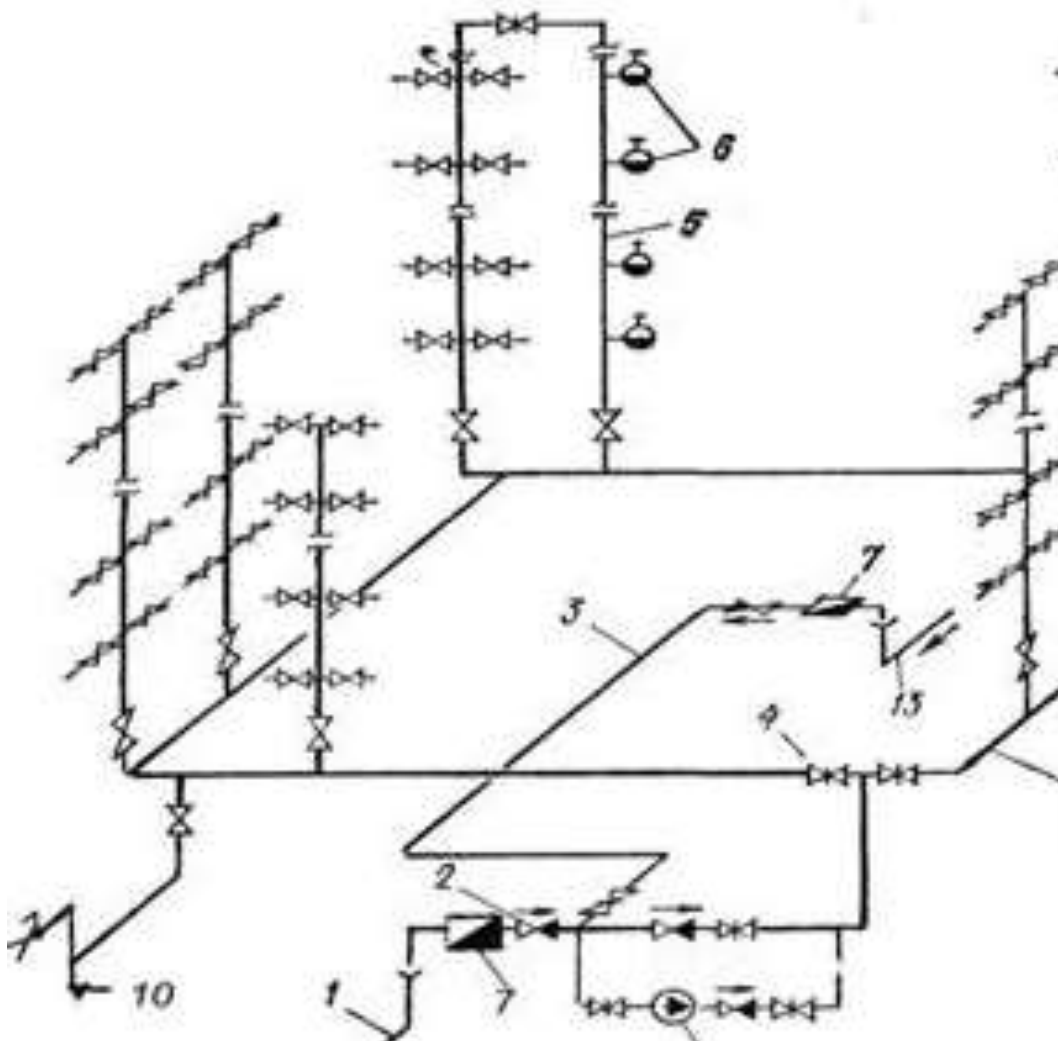
$$H = H_{\text{тр}} - H_{\text{с}}$$

Где $H_{\text{тр}}$ – требуемый напор для здания или расчетный свободный напор микрорайона.

$H_{\text{с}}$ – сетевой напор в месте подключения насосов.

Подача ПНС равна расходу на вводе.

Схема повысительной насосной установки.



1 – ввод, 2 – водомерный узел, 3 – насосы

Циркуляционные насосные станции.

Циркуляционные насосные станции входят в состав систем обратного водоснабжения энергетических и промышленных предприятий. Они предназначены для создания циркуляции воды в системах охлаждения рабочих машин и агрегатов. Группа циркуляционных насосных станций наиболее разнообразна, так как тип, число насосов, компоновка оборудования и трубопроводов зависят от системы водоснабжения, ее назначения, от вида охлаждающих сооружений.

ЦНС включают в себя 2 группы насосов:

1. Подающих горячую воду
2. Подающие охлажденную воду

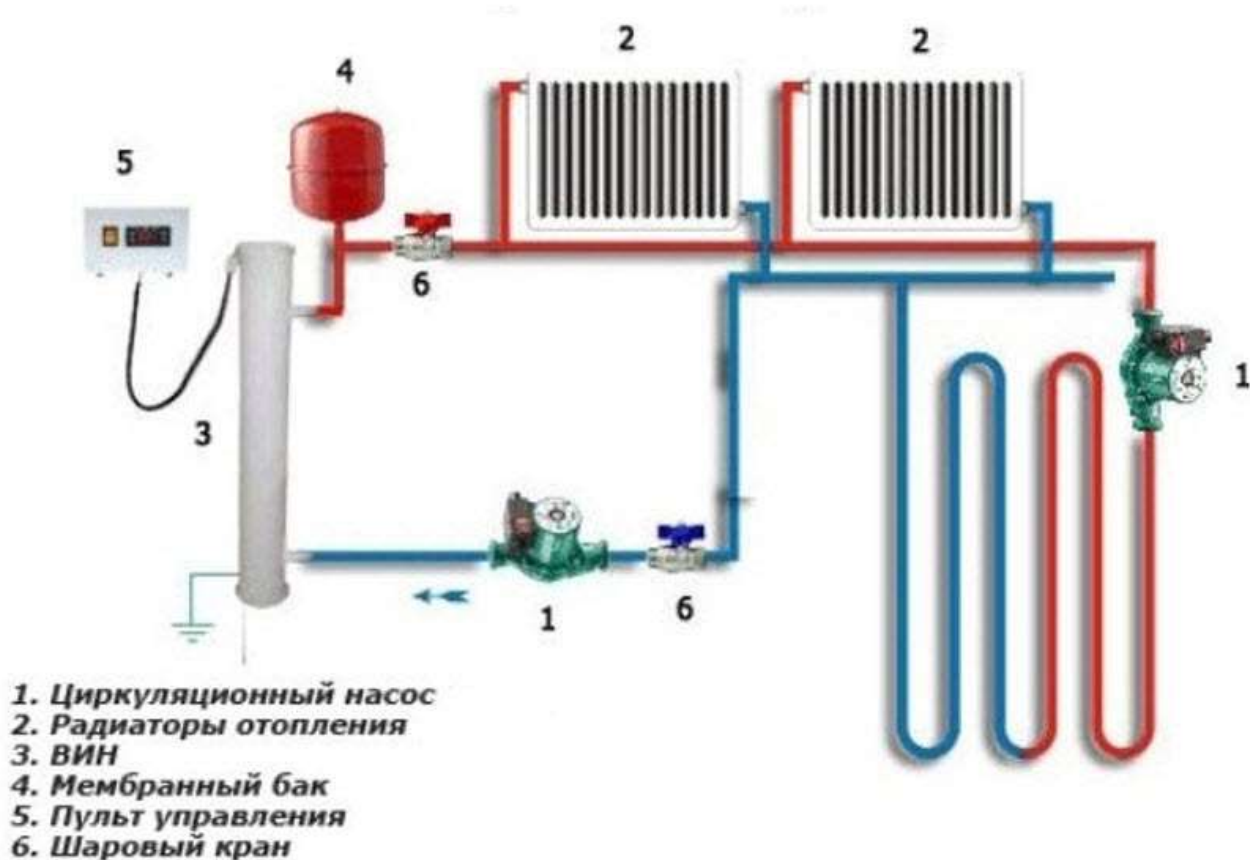
Подбор насосов для ЦНС ведется аналогично подбору насосов для х/п водоснабжения.

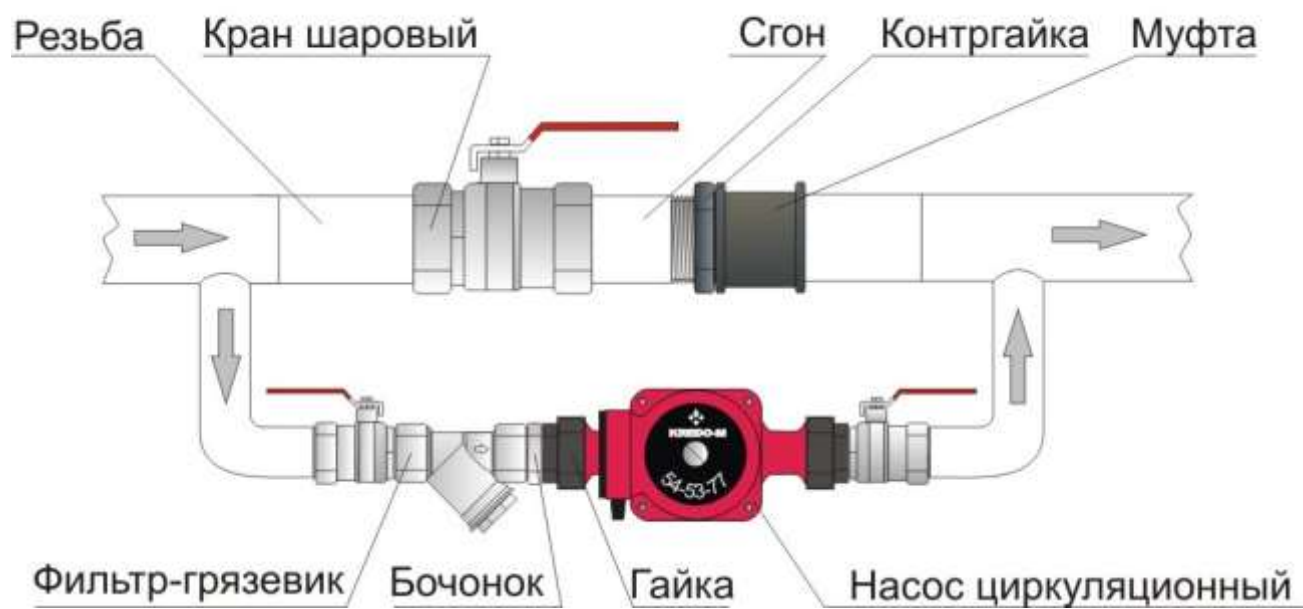
Расчетная подача этих станций определяется в соответствии с технологическими требованиями промпредприятий.

Расчетный напор в соответствии со схемой вертикальной повысительной установки

$$H = H_{\Gamma} + \sum h_f$$

Принципиальная схема





Тема 11 Насосные станции систем водоотведения

Классификация и схемы насосных станций систем водоотведения. Выбор места размещения насосных станций. Режим работы и определение расчетной подачи. Определение регулирующего объема приемного резервуара. Определение расчетного напора канализационной насосной станции. Подбор рабочих и резервных насосов. Проектирование и расчет всасывающих и нагнетательных трубопроводов. Приемные резервуары и их механическое оборудование. Здания насосных станций.

#ТеоретическийРаздел

1. Классификация КНС.

КНС - это комплекс инженерных сооружений и оборудования для подачи сточной жидкой среды насосами.

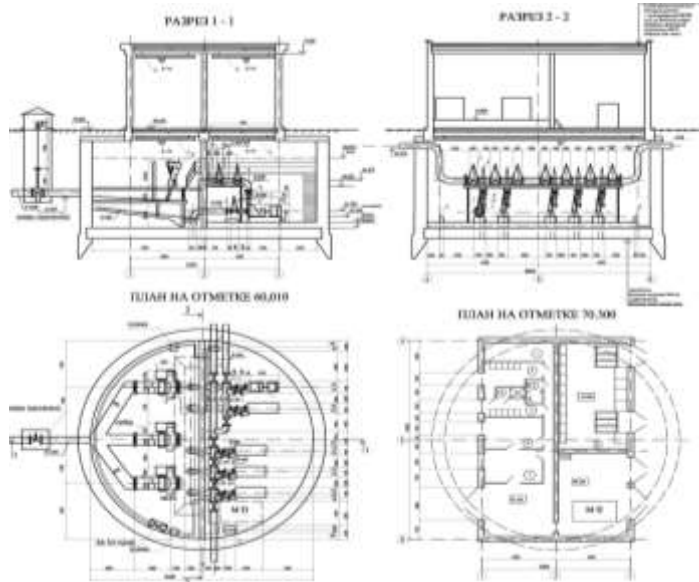
КНС классифицируются:

1. По категории надежности перекачки сточных жидких сред:
 - I категория надежности (не допускается перерыв в работе КНС)
 - II категория надежности (перерыв в работе КНС не превышает 6 часов)
 - III категория надежности (перерыв в работе КНС не превышает 24 часов)
2. По месту расположения в системе водоотведения:
 - Главная КНС (осуществляет подачу сточной жидкой среды на ОС)
 - Районная КНС (обеспечивает перекачку СВ из отдельного района в главный коллектор)
 - Сетевая КНС (устраивается на коллекторе, где дальнейшее заглубление не целесообразно)
 - Местная КНС (обеспечивает перекачку сточной жидкости от отдельных зданий или группы зданий в ближайший коллектор)
3. По роду перекачиваемой жидкой среды:
 - НС для хозяйственно – бытовых стоков
 - НС для производственных сточных вод
 - НС для перекачки ливневых стоков
 - НС для перекачки ила
4. По характеру управления:
 - С ручным управлением
 - С автоматическим управлением
5. по расположению здания станции относительно поверхности земли:
 - полузаглубленные

- заглубленные
- подземные

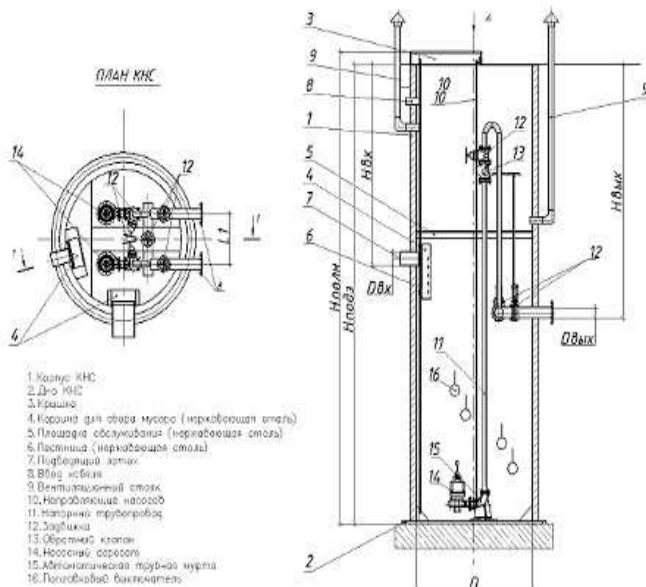
Основные схемы КНС.

Схема 1.



- I – приемный резервуар
- II – помещение решеток
- III – машинное отделение
- IV – верхнее строение
- 1 – подводящий коллектор
- 2 – всасывающий трубопровод
- 3 – насосный агрегат
- 4 – нагнетательный трубопровод
- 5 – нагнетательный водовод
- 6 – водоотводящий коллектор

Схема 2.

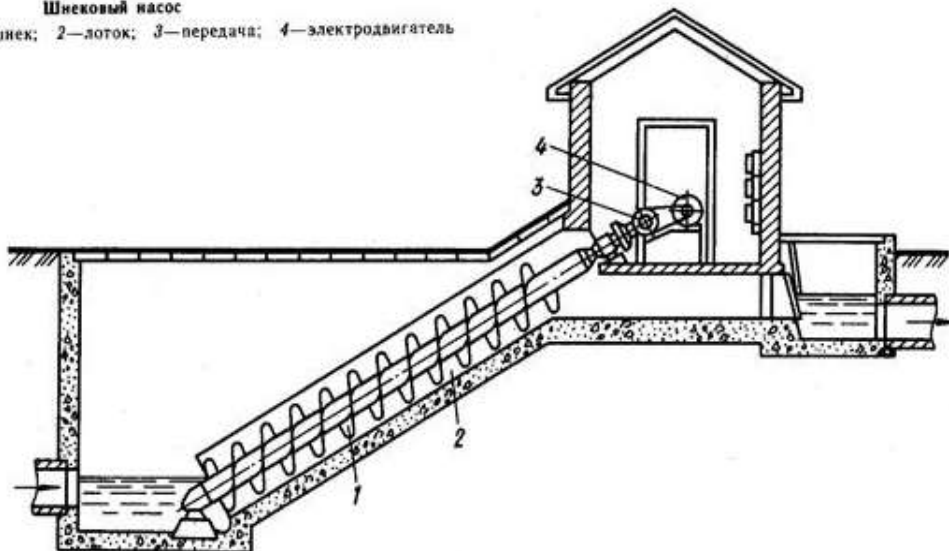


Преимущество

- Водяное охлаждение
- Быстрый монтаж
- Экономичное производство

Схема 3.

Шнековый насос
1—шнек; 2—лоток; 3—передача; 4—электродвигатель



Выбор места расположения КНС.

ГКНС в системах с нормальным заложением коллекторов (до 8 м) располагаются на наиболее низких отметках канализуемых территориях.

Районные КНС располагаются на наиболее низких отметках канализуемого района. Чтобы снизить длину нагнетательного водовода рекомендуется располагать их вне жилой застройки или устраивать санитарный разрыв не менее 25 метров, пространство засаживают зелеными насаждениями.

Если на пути коллектора встречается препятствие (река, ж/д, дорога и т.д.) то КНС располагают перед препятствием.

Сетевые КНС располагаются на коллекторе, где дальнейшее заглубление нецелесообразно.

Окончательное решение по назначению количества КНС и мест их расположения определяется по ТЭ сравнению вариантов.

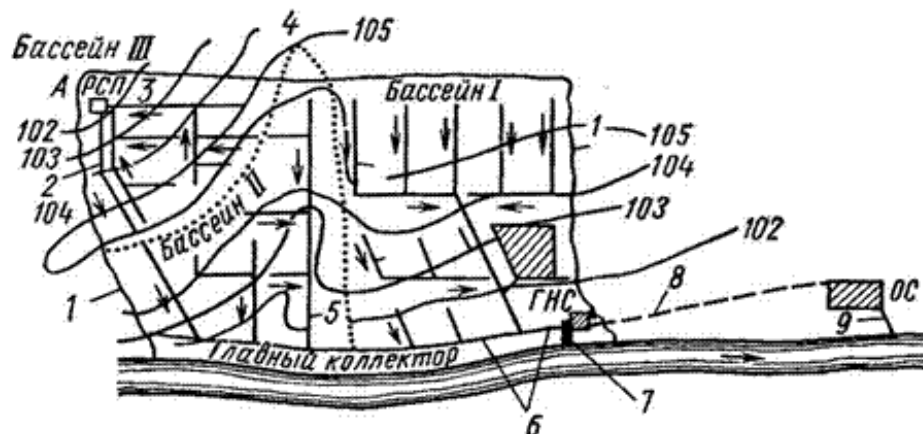
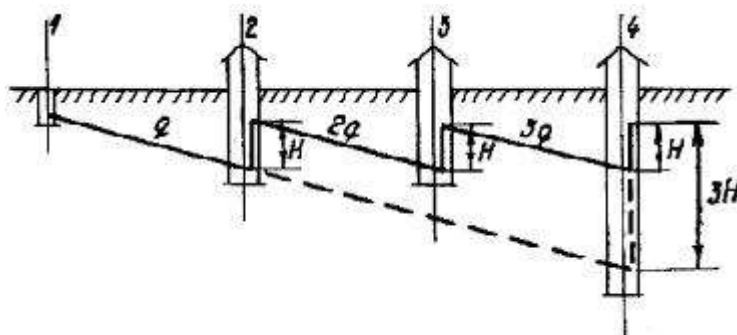


Рис. 2. Общая схема канализации города

ГНС – главная насосная станция, РПС – районная станция перекачки, ОС – очистные сооружения, 1 – границы города, 2 – напорный водовод, 3 – уличная сеть, 4 – границы бассейнов канализации, 5 – коллекторы, 6 – главный коллектор, 7 – аварийный выпуск, 8 – загородный коллектор, 9 – выпуск в водоем



Режим работы, подача и напор.

Режим работы КНС увязывается с характеристиками притока СВ. Для придания насосам нормальных условий работы (постоянство подачи в течении некоторого промежутка времени) устраиваются приемные резервуары. При наличии насосов с нерегулируемым приводом ($n = \text{const}$) режим работы НС циклический (при неработающем насосе (насосах) происходит наполнение приемного резервуара до МАХ возможного уровня воды днем, после этого включаются насосы, и происходит сработка регулирующего объема.

Число включений насосов в час составляет:

Для насосов с ручным включением - не более 3 раз в час (независимо от мощности)

Для насосов с автоматическим включением (при N до 50 кВт) – 5 включений в час, если мощность более 50 кВт – 3 включения в час.

На насосных станциях с регулируемым приводом насосов их режим неравномерный, т.е. график откачки СВ приближается к графику притока СВ.

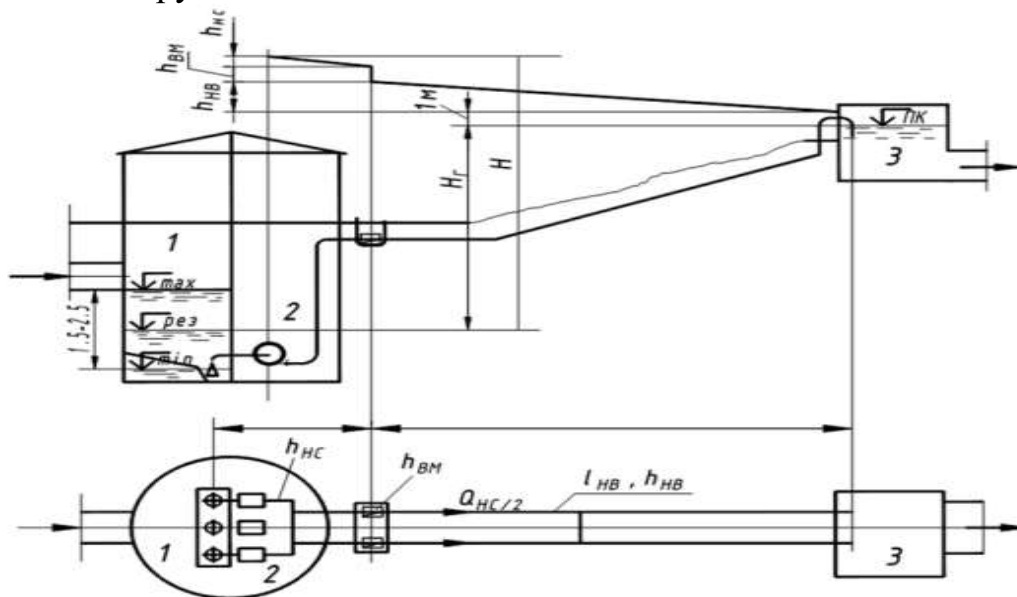
Расчетная подача КНС принимается равной часовому МАХ притоку СВ к приемному резервуару.

$$Q_{НС} = q_{ч, \max} = \frac{P_{\max} Q_{сут}}{100 \cdot 3.6} \text{ л/с}$$

Где: P_{\max} – максимальный приток СВ в процентном выражении от суточного притока.

$Q_{сут}$ – среднесуточный приток СВ

Расчетный напор КНС определяется в соответствии со схемой вертикальной компоновки сооружений.



$$H = H_{г} + h_{нс} + h_{вм} + h_{нв} + H_{из}, \text{ м. вод. ст.}$$

$H_{г}$ – геометрическая высота подъема воды

$h_{нс}$ – потери напора во внутривыпускных коммуникациях КНС. (1.5 – 2.5 м)

$h_{вм}$ – потери напора в водомере

$h_{нв}$ – потери напора в нагнетательных водоводах

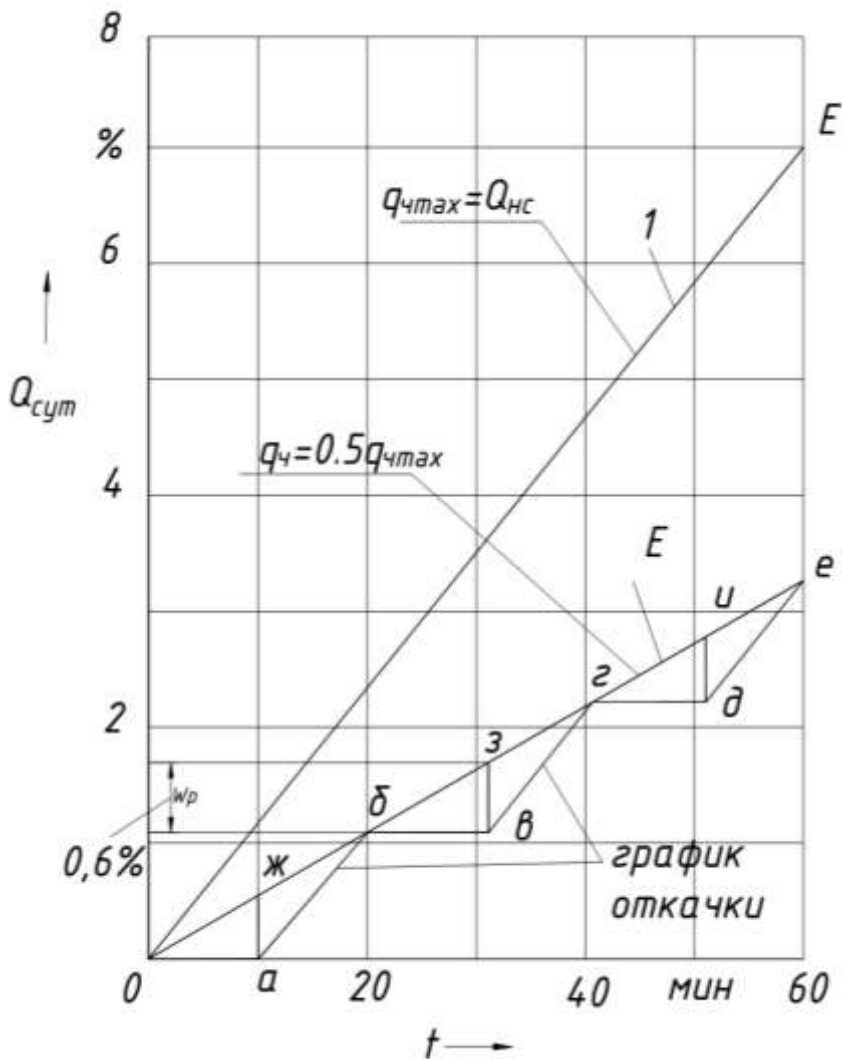
$H_{из} = 1$ м (напор на излив)

Определение регулирующего объема приемного резервуара.

При определении регулирующего объема приемного резервуара необходимо:

1. Обеспечить нормальную работу насосов (отсутствие пузырьков воздуха в потоке на подходе к всасывающему трубопроводу и не допущение вихрей (водоворотов на подходе к трубе))
2. Недопущение в пределах приемного резервуара застойных зон.

Регулирующий объем зависит от МАХ притока СВ и режим работы насосов.



- 1 – интегральный график максимального часового притока СВ
- 2 – интегральный график часового притока СВ раного 0,5 qч.мах
- 3 – интегральный график откачки СВ

$$W = \frac{P_p \cdot Q_{cym}}{100}, \text{ м}^3$$

Регулирующий объем премного резервуара не должен быть менее 5 минутной МАХ подачи насоса.

Выбор рабочих и резервных насосов. Размещение их в плане и в вертикальной плоскости

При выборе количества рабочих насосов необходимо иметь ввиду, что уменьшение их количества приводит к увеличению мощности насоса (увеличению КПД) и снижению объема строительных работ. С другой стороны, увеличение мощности приводит к увеличению мощности резервного насоса.

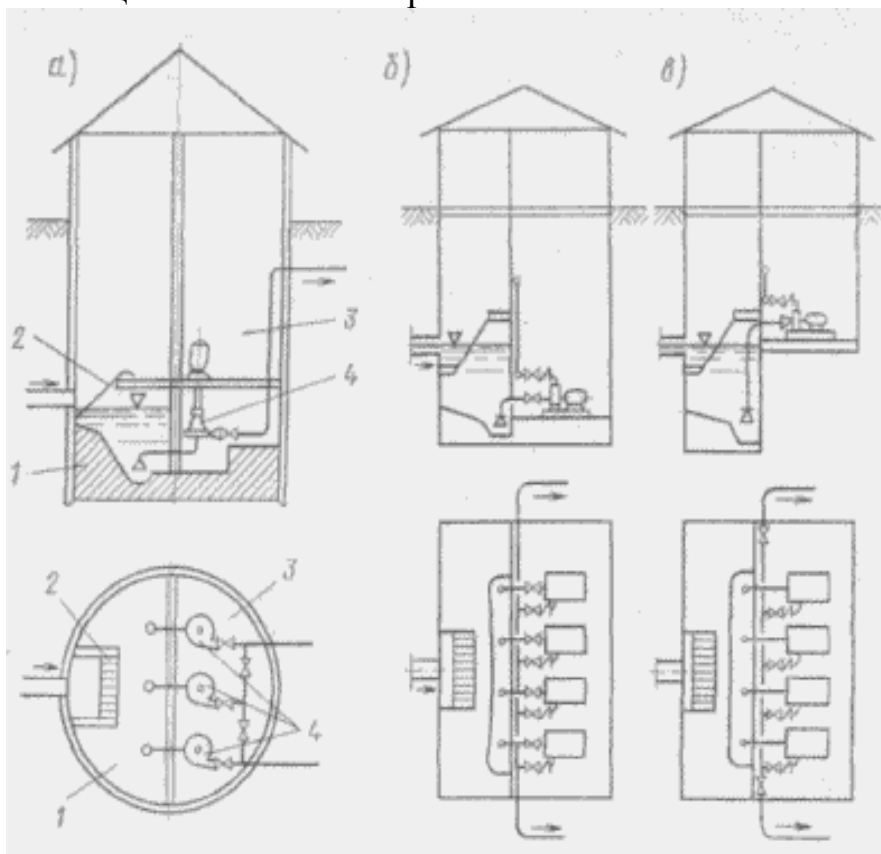
Окончательное решение по назначению количества рабочих насосов принимается на основании технико – экономических сравнений вариантов.

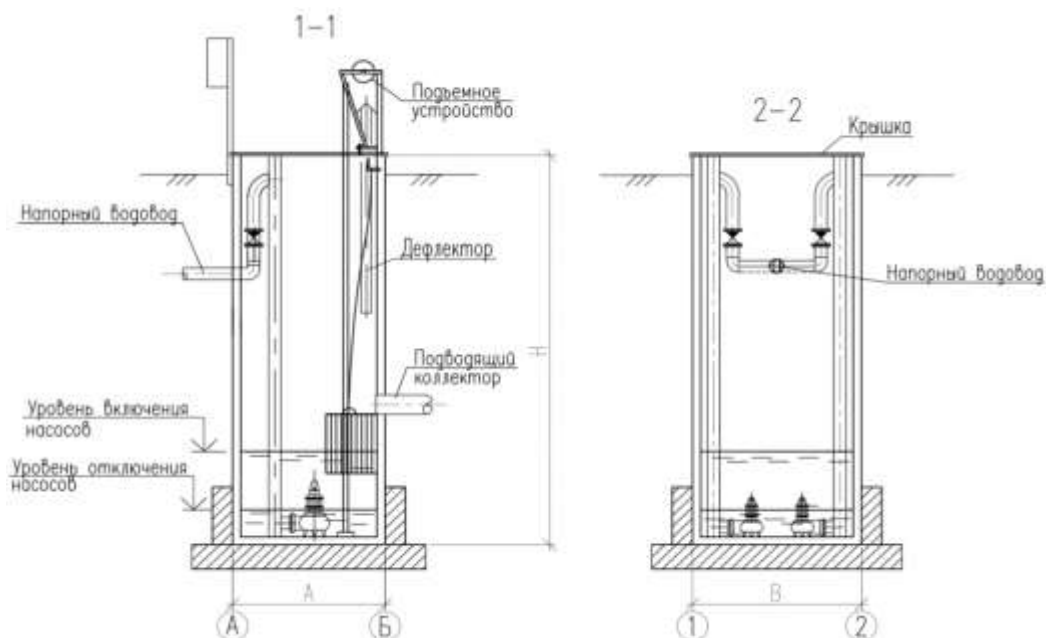
Количество резервных насосов принимается по табл.

Таблица к подбору числа резервных насосов

К- во рабочих насосов	Категория НС		
	I	II	III
1	2	1	1
2	2	1	1
3 и более	2	2	1+1 на складе

Размещение насосов в вертикальной плоскости





Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов.

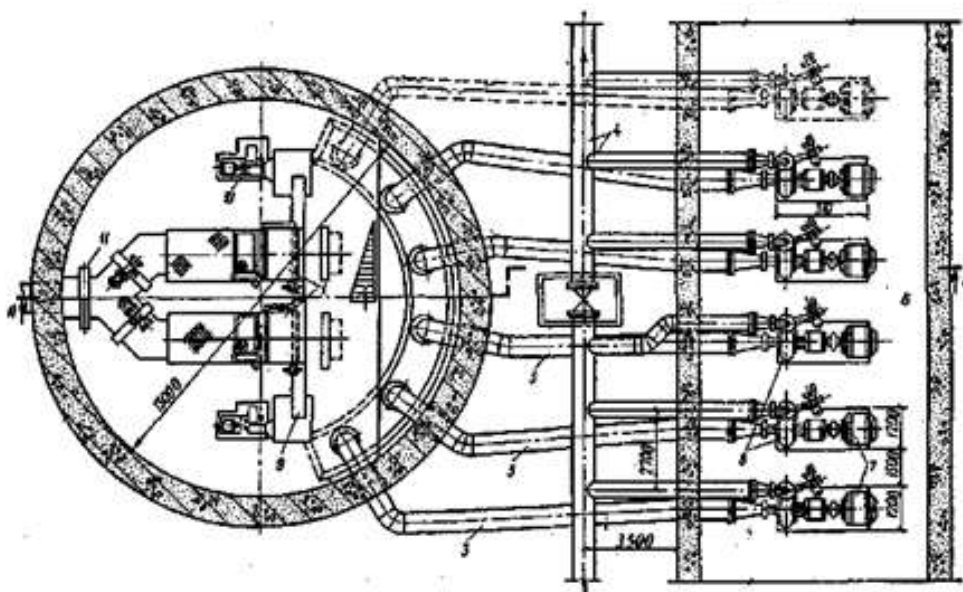
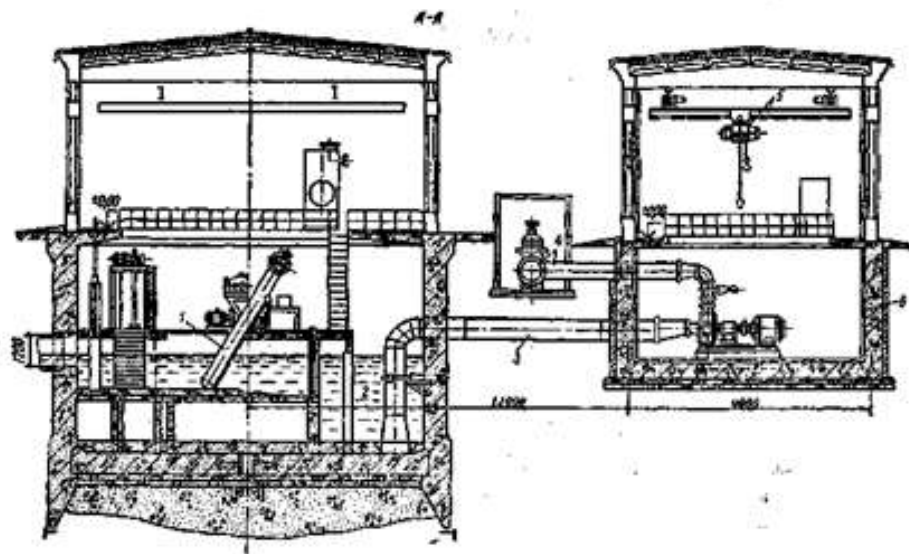
Всасывающие канализационные трубопроводы имеют в отличие от водопроводных в боковой поверхности люки для прочистки трубопроводов при их засорении.

В нижней части всасывающих трубопроводов между насосом и задвижкой предусматриваются выпуски для опорожнения насоса на случай ремонта.

Всасывающие трубопроводы не объединяют в общий коллектор.

На входе во всасывающий трубопровод не устраиваются приемные клапана.

При диаметре всасывающего трубопровода до 500 мм, его вход размещают в горизонтальной плоскости, при больших диаметрах – в вертикальной плоскости.

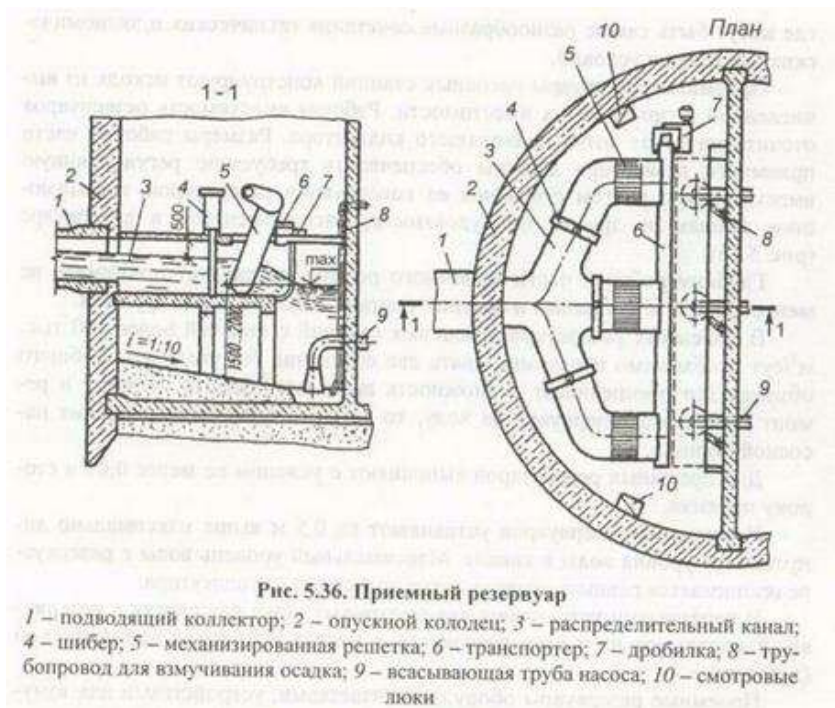


Требования проектирования нагнетательного трубопровода аналогично требованию, как и для водопроводных труб. Имеется только одно отличие, при напоре насоса до 30 м обратный клапан на нагнетательном трубопроводе не устанавливается.

Диаметр нагнетательного коллектора равен диаметру нагнетательного водовода, его размещение над поверхностью пола машинного зала для данной схемы более 2 м, число нагнетательных водоводов более 2.

Приемные резервуары и их оборудование.

Приемные резервуары служат для наполнения СВ, что придает равномерную работу насоса в течении рабочего цикла.

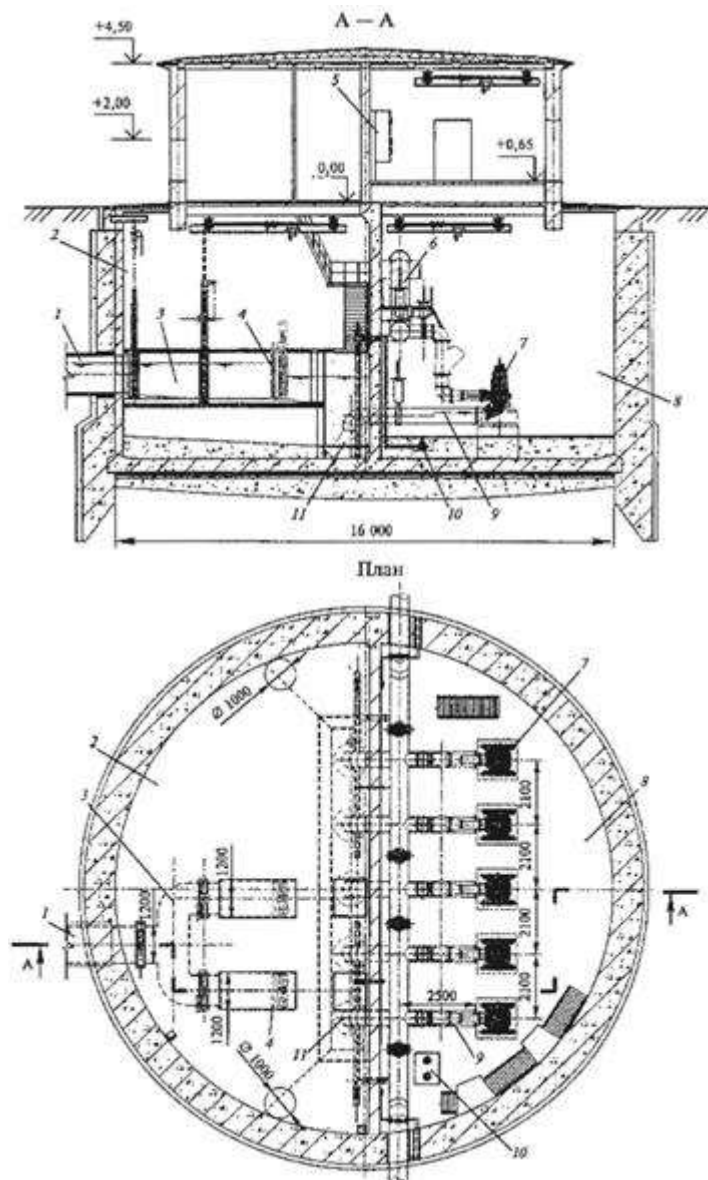


- 1 – подводящий самотечный коллектор
- 2 – гидравлический лоток
- 3 – Шибер (плоский затвор)
- 4 – Сороудерживающая решетка (60-70 градусов)
- 5 – Транспортер для удаления мусора
- 6 – трубопровод для взмучивания осадка
- 7 – Прямок

При регулировании объема приемного резервуара более 100 м^3 сам резервуар разбивается на 2 секции.

Здание КНС.

Подземная часть КНС выполняется из монолитного ж/б, прямоугольная или круглая в плане.



В подземной части размещаются машинное отделение, приемный резервуар, помещение решеток.

Размеры подземной части в плане принимают исходя из схемы компоновки агрегатов их габаритов и требований к размещению. Глубина подземной части определяется исходя из условия перемещения расчетной монтажной единицы над существующим оборудованием. Толщина стен подземной части равна $0,1 \cdot H_{пч}$, более 0,4 м.

Наземная часть служит для размещения подъемно – транспортного оборудования и вспомогательных помещений (диспетчерская, бытовая комната, складских помещения и трансформаторная подстанция). Наземная часть устраивается из силикатного кирпича, толщиной стен 380 мм и сборных ж/б панелей. Высота помещения под подъемно – транспортное оборудование определяется исходя из условия погрузки расчетной монтажной единицы на транспортную платформу. Высота вспомогательных помещений принимается равной высоте камер под трансформаторы.

Тема 12 Воздуходувные станции

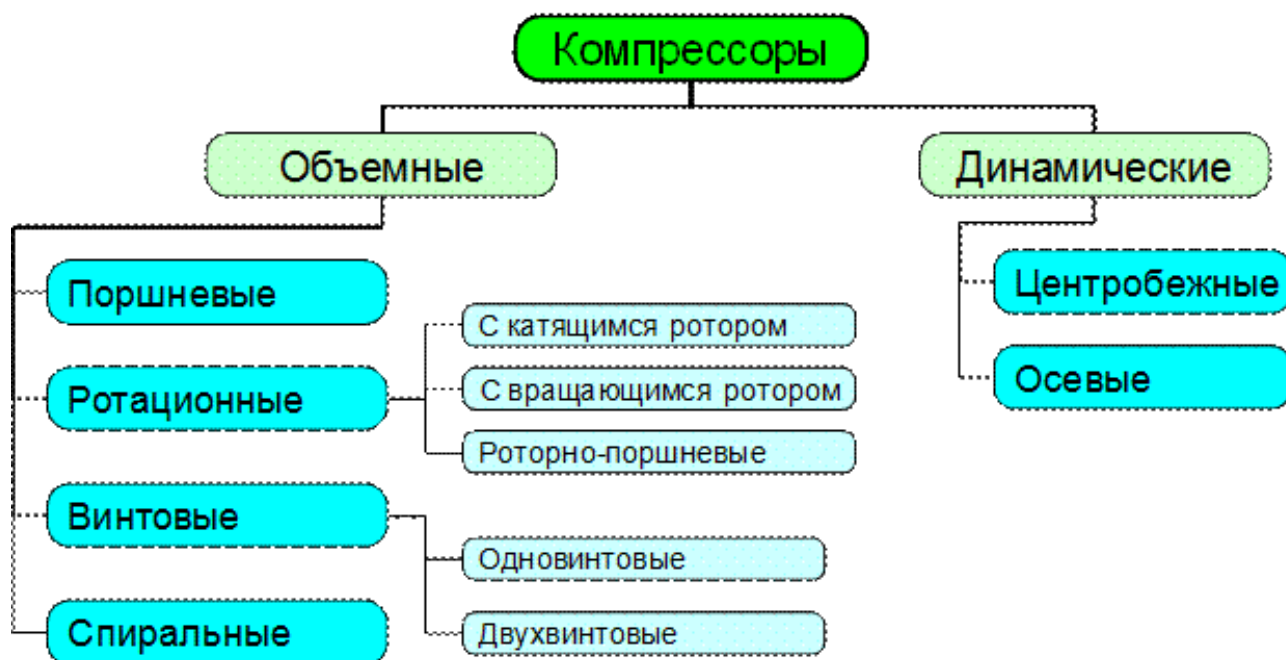
Назначение воздуходувных и компрессорных машин в системах водоснабжения и водоотведения. Определение расчетной подачи и давления воздуходувных станций. Подбор рабочих и резервных воздуходувных машин. Компоновка основного, вспомогательного оборудования воздуходувных станций.

#ТеоретическийРаздел

Основные сведения о воздуходувных и компрессорных машинах.

Компрессор — это энергетическая машина или устройство предназначенное для повышения давления (сжатия) и перемещения воздуха.

Под принципом действия понимают основную особенность процесса повышения давления, зависящую от конструкции компрессора. По принципу действия все компрессоры можно разделить на две большие группы: динамические и объёмные



Объёмные компрессоры

В машинах объёмного принципа действия рабочий процесс осуществляется в результате изменения объёма рабочей камеры.

Объёмные компрессоры подразделяют на следующие основные группы:

- поршневые;
- винтовые;
- шестеренчатые;
- роторно-пластинчатые;
- мембранные;
- жидкостно-кольцевые.

Номенклатура машин данного типа разнообразна, и насчитывает более десятка, основные из них: поршневые, винтовые, роторно-шестерёнчатые,

мембранные, жидкостно-кольцевые, воздуходувки Рутса, спиральные, компрессор с катящимся ротором.

Объемные компрессоры работают за счет последовательного наполнения рабочей камеры газом и дальнейшего его сжатия за счет принудительного уменьшения доступного объема рабочей камеры. Для предотвращения обратного хода газа используется система клапанов, поочередно открывающихся и закрывающихся в фазах заполнения и опорожнения камеры. В свою очередь динамические компрессоры увеличивают давление газа путем передачи ему кинетической энергии, которая затем частично переходит в потенциальную энергию давления. Реализация одного и того же принципа сжатия в компрессорах может быть осуществлена различными способами, отличающимися друг от друга характеристиками получаемого сжатого газа, условиями сжатия и т.д. Это позволяет максимально адаптировать устройство под конкретную задачу.

Поршневые компрессоры появились одними из первых и как нельзя лучше отражают принцип действия объемных компрессоров. Кривошипно-шатунный механизм, приводимый в движение валом, обеспечивает возвратно-поступательное движение поршня в цилиндре. Тем самым рабочая камера, ограниченная поршнем и цилиндром, последовательно изменяет свой объем в зависимости от положения поршня. Система односторонних клапанов предотвращает протечку газа в обратном направлении.

Конструктивные особенности так же позволяют разделить эти устройства на подгруппы. По конструкции рабочей камеры компрессоры могут быть одинарного и двойного действия. Во втором случае поршень имеет меньшую толщину и делит рабочую камеру на две части. При его движении в одной части камеры происходит сжатие газа и его подача в выходной патрубок, а вторая часть при этом заполняется газом из входного патрубка. Тем самым за один оборот вала происходит два цикла сжатия. По количеству цилиндров поршневой компрессор может быть одноцилиндровым, двухцилиндровым и т.д. Если газ последовательно претерпевает сжатие в нескольких цилиндрах компрессора, то такой компрессор называют многоступенчатым, а количество ступеней определяет количество пройденных цилиндров. В зависимости от положения цилиндров поршневые компрессоры делят на устройства: с горизонтальным расположением, вертикальным, угловым, V-образным и оппозитные.

Винтовые компрессоры представляют собой заключенные в корпус один, два или более винта, находящиеся в зацеплении. То есть винтовые компрессоры могут быть: одновинтовыми, двухвинтовыми и т.д. При движении винтов образуются подвижные рабочие объемы пространства, ограниченные непосредственно винтами и стенками корпуса. Такие компрессоры менее габаритны, чем поршневые, и значительно более устойчивы, а также способны обеспечить большую производительность. При работе между винтами могут возникать значительные силы трения, поэтому для снижения износа деталей применяют смазывающие вещества, обычно смазочное масло. Однако подбор антифрикционных материалов позволяет обойтись и без дополнительной смазки, в связи с чем выделяют масляные и безмасляные винтовые компрессоры. Вторые применяются в тех случаях, когда контакт сжимаемого газа и смазочного вещества недопустим.

Шестеренчатые компрессоры в качестве рабочего органа используют пару

находящихся в зацеплении шестерней, вращающихся в противоположные стороны. Шестерни могут значительно отличаться от модели к модели, в том числе представлять собой зубчатые колеса. Рабочая камера в таких компрессорах образуется путем отсекаания пространства зубьями шестерни и корпусом устройства. Когда зубья разных шестерней входят в зацепление, объем рабочей камеры уменьшается, и газ под давлением вытесняется в выходной патрубок. Такие компрессоры с успехом применяют в тех случаях, когда требуется подача газа под небольшим давлением.

Роторно-пластинчатые компрессоры имеют отличительную особенность в виде, как следует из названия, ротора со специальными пазами, в которые вставлены подвижные пластины. Ротор устанавливается в цилиндрическом корпусе (статоре), причем ось ротора не совпадает с осью корпуса. При вращении ротора центробежная сила отбрасывает пластины от центра ротора и прижимает их к корпусу, тем самым в компрессоре образуются подвижные рабочие камеры, ограниченные соседними пластинами, корпусом и ротором. Изменение объема рабочих камер обусловлено смещением осей. Для дополнительного усилия прижатия пластин к корпусу в пазах ротора могут быть установлены прижимные пружины. Как и поршневые компрессоры, роторно-пластинчатые способны развивать значительное давление газа на выходе, однако их выгодно отличают компактные размеры и меньшая шумность.

Мембранные компрессоры отличаются тем, что содержат в своей конструкции эластичную полимерную мембрану. Принципиально такие компрессоры схожи с поршневыми, только роль поршня в них выполняет мембрана. Выпячиваясь в разные стороны, мембрана меняет объем рабочей камеры, а систем клапанов тем же образом. Привод самой мембраны может быть механическим, пневматическим, электрическим или мембранно-поршневым. Все эти типы приводов объединяет тот факт, что перекачиваемый газ не контактирует в процессе работы устройства ни с чем, кроме мембраны и корпуса рабочей камеры. Это делает мембранные компрессоры востребованными в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую степень чистоты нагнетаемого газа.

Жидкостно-кольцевые компрессоры используют для своей работы вспомогательную жидкость. В цилиндрическом корпусе (статоре) закрепляется ротор с установленными на нем пластинами, причем ось ротора смещена относительно оси статора. Внутри компрессора заливается жидкость, которая при вращении ротора отбрасывается к стенкам корпуса, принимая форму кольца. Рабочее пространство при этом становится ограниченным пластинами ротора, корпусом и поверхностью жидкости. Как и в случае роторно-пластинчатого компрессора, смещение осей ротора и статора обеспечивает изменение объема рабочих камер. Перекачиваемый газ в таких компрессорах неизбежно контактирует с жидкостью, которая частично уносится с потоком газа, поэтому предусматривается узел сепарации отходящего потока, а также система подпитки компрессора рабочей жидкостью. Такие устройства особенно хорошо подходят в тех случаях, когда перекачиваемый газ уже содержит в своем составе капли рабочей жидкости.

Динамические компрессоры

В компрессорах динамического принципа действия газ сжимается в результате подвода механической энергии от вала, и дальнейшего взаимодействия рабочего вещества с лопатками ротора. В зависимости от направления движения потока и типа рабочего колеса такие машины подразделяют на центробежные и осевые.

Турбокомпрессоры — динамические машины, в которых сжатие газа происходит в результате взаимодействия потока с вращающейся и неподвижной решётками лопастей.

Радиальные компрессоры получили свое название по направлению движения газа в устройстве. Простейший компрессор такого типа состоит из корпуса и размещенного в нем рабочего колеса, установленного на валу. Лопатки рабочего колеса при вращении перемещают газ от оси в радиальных направлениях, тем самым передавая ему кинетическую энергию, которая затем частично преобразуется в потенциальную энергию давления. Газ поступает на колесо через осевой вход, затем попадает на лопатки, отбрасывается в радиальных направлениях и поступает в спиральный газосборник, а затем выводится через выходной диффузор. Рабочие колеса таких компрессоров могут отличаться как по форме лопаток, так и по общей конструкции, к примеру, быть закрытыми или открытыми. Также центробежные компрессоры могут выполняться многоступенчатыми, располагая несколько колес на одном валу и обеспечивая последовательный проход газа через них. Устройства такого типа компактны, обладают малой шумностью и не подвержены сильной вибрации при работе, а также хорошо подходят для случаев, когда требуется обеспечить подачу незагрязненного газа в больших объемах.

Осевые компрессоры отличаются тем, что газ в них движется в осевом направлении. К основным конструктивным элементам таких устройств относят ротор, установленный на валу, и статор (корпус). На роторе располагаются ряды лопаток, проходя которые газовый поток получает дополнительную кинетическую энергию и претерпевает закручивание. Для выравнивания направления его движения между рядами лопаток ротора располагают ряды направляющих лопаток статора. Область, где изменяются характеристики потока газа, ограничена входным направляющим и выходным выпрямляющим аппаратами. Такие устройства значительно более сложны в изготовлении и эксплуатации по сравнению с более простыми радиальными компрессорами, однако обладают большим КПД при схожем показателе напора.

Струйные компрессоры представляют собой эжекторы, в которых используется энергия одного (активного) газа или пара для увеличения давления другого (пассивного) газа или пара. То есть в такое устройство поступают два газовых потока с высоким и низким давлением, а на выходе получается один поток с давлением, большим, чем у потока пассивного газа, но меньшим, чем у активного. Струйные компрессоры отличаются крайней простотой конструкции и, как следствие, высокой надежностью. Они особо предпочтительны в тех случаях, когда в наличие уже имеется газ с высоким давлением, энергию которого целесообразно использовать. К примеру, такие устройства применяют в газодобыче, когда на месторождении есть скважины, как с высоким давлением, так и с низким, и

использование струйного компрессора позволяет получить единый поток с приемлемыми характеристиками.

Классификация компрессоров

Кроме классификации компрессоров по принципу сжатия, принято разделять данные агрегаты по следующим параметрам:

Тип привода. Компрессоры с электродвигателями, с двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

Аппараты бывают с прямой передачей (агрегат бытового назначения, давление воздуха, выдаваемое аппаратом, не превышает 0,8 МПа) и с ременным приводом.

Система охлаждения. Аппараты бывают с жидкостным и воздушным охлаждением или вообще без него.

Условия эксплуатации. Аппараты могут быть стационарными, работающими только в помещении от электросети, и передвижными (переносными), работа которых допускается на открытом воздухе и при низких температурах.

Конечное давление. По данному параметру аппараты подразделяют на четыре группы.

1. Низкого давления (0,15-1,2 МПа) используются в составе установок для сжатия газов (воздуха).
2. Среднего давления (1,2-10 МПа) применяются для разделения, транспортировки и сжижения газов в нефтеперерабатывающей, газовой и химической промышленности.
3. Высокого давления (10-100 МПа) и сверхвысокого давления (свыше 100 МПа) используются в установках для синтеза газов.

3. Технические параметры

1. Подача, Q ($\text{м}^3/\text{с}$, $\text{м}^3/\text{мин}$)

2. Давление

P_1 – начальное давление, Па (на входе возд. машины)

P_2 – конечное давление, Па (на выходе возд. машины)

3. Степень сжатия $E = P_2/P_1$

4. Полезная мощность

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot Q \cdot L, \text{ Вт}$$

ρ – плотность газовой среды, которую перемещает машина, $\text{кг}/\text{м}^3$

Q – подача $\text{м}^3/\text{с}$

L – удельная энергия сжатия, Дж/кг

5. Полная мощность

$$N = \frac{N_{\text{п}}}{\eta}$$

$$\eta = \eta_o \eta_m \eta_t$$

η – объемный КПД

η – механический КПД

η – термодинамический КПД

Характеристики машин:

$$P_2=f(Q)$$
$$N=f(Q) \quad \text{при } n=\text{const}$$
$$H=f(Q)$$

Воздуходувные машины могут включаться как параллельно, так и последовательно. Методика построения суммарной характеристики аналогична насосам.

Маркировка ТВ – Q – P (например ТВ- 175-1,6)

ТВ – турбовоздуходувка

Q – подача машины м³/мин

P – абсолютное давление в кг с /см²

1МПа=100 м.вод. ст. (16 м вод.ст=0,16МПа)

Тема 13 Вспомогательное оборудование насосных и воздухоудвжных станций

Классификация трубопроводной арматуры насосных и воздухоудвжных станций. Запорно-регулирующая арматура (задвижки, вентили, дисковые затворы). Предохранительная арматура (приемные и обратные клапаны, компенсаторы, предохранительные клапаны, вантузы и др.). Измерительная арматура (манометры, вакуумметры, мановакуумметры, водомеры, тахометры). Оборудование для заливки насосов перед их запуском в работу. Дренажные и маслонпорные установки. Подъемно-транспортное оборудование. Насосные установки хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения.

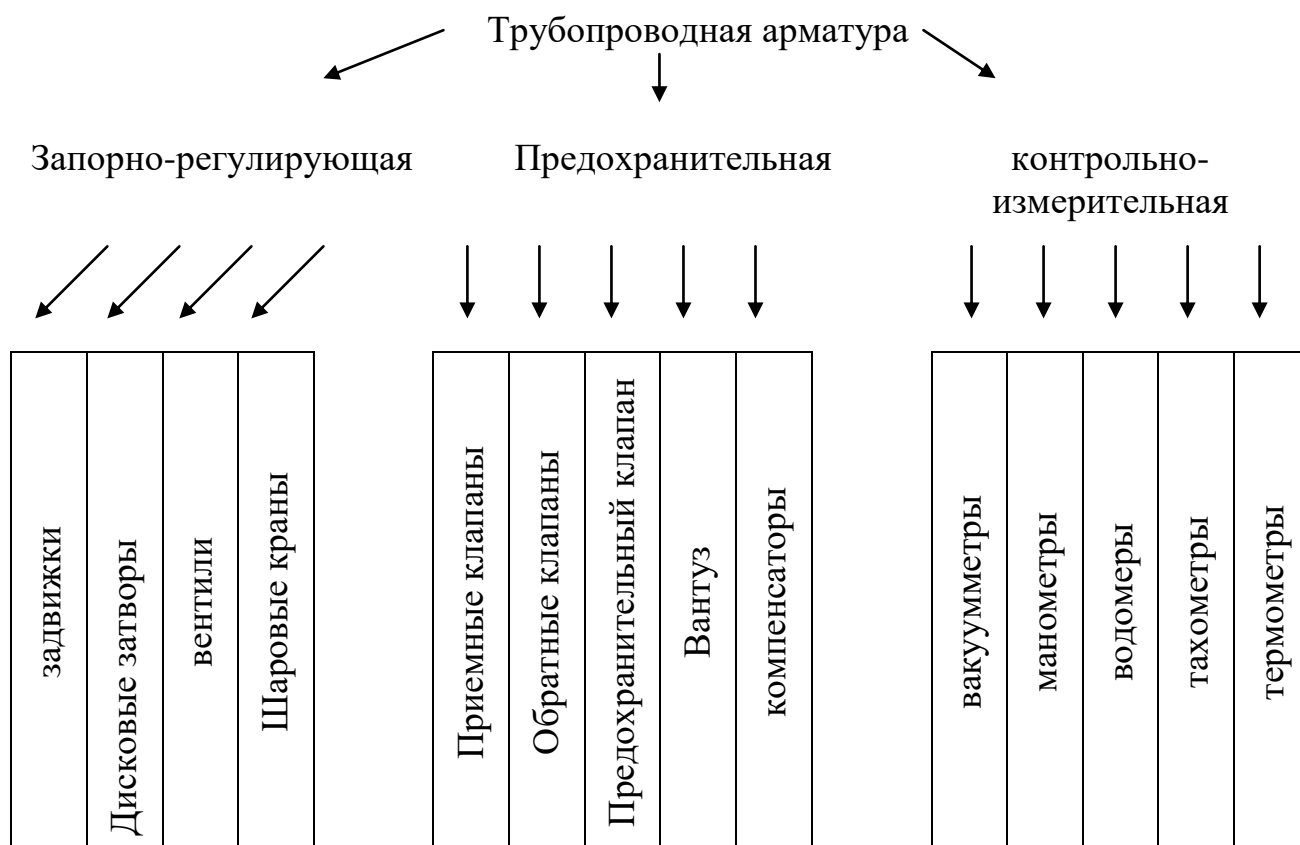
#ТеоретическийРаздел

Трубопроводная арматура.

Основными параметрами трубопроводной арматуры является: условное давление P_u и условный диаметр d_u .

P_u – это максимальное избыточное давление при котором работает данная арматура, при температуре 20°C . Минимальное давление для арматуры – 0,1 МПа, максимальное - 16 МПа.

D_u – номинальный внутренний диаметр канала арматуры.



30ч915бр

30,31 – задвижка

19 – обратный клапан

32 – затвор

4 – чугун

9 – задвижка с электроприводом (5 – гидропривод)

15 – модель арматуры (тут задвижка) – параллельная с выдвигным шпинделем

бр – уплотнение из бронзы

Запорно – регулирующая

Служит для полного или частичного перекрытия трубопровода.

Задвижки: $dy=50-1650$ мм.

Различают:

1. Клиновые

2. параллельные.

В параллельных рабочий орган – 2 диска, в клиновых – 1 диск.

Материал: чугун, сталь (Р более 1 МПа)

Предохранительная арматура:

Приемные клапаны препятствуют опорожнению всасывающего трубопровода при остановке насоса.

Обратные клапаны автоматически препятствуют обратному току жидкой среды при остановке насоса. Устанавливается за насосом.

Предохранительные клапаны автоматически снижают давление на нагнетательном трубопроводе насоса при гидравлических ударах.

Вантузы автоматически удаляют воздух из нагнетательного трубопровода. Устанавливается в наиболее высоких местах, в точках перегиба, где скапливается воздух.

Компенсаторы снимают линейное напряжение при изменении температуры воды в трубопроводе. Упрощают процесс монтажа и демонтажа арматуры между задвижкой и клапаном.

Контрольно-измерительная

Вакуумметры устанавливаются на всасывающей линии

Манометры устанавливаются за насосом.

Водомеры служат для измерения объемом перекачиваемой воды. Крыльчатые (до 50 мм), турбинные (более 50 мм).

Тахометры служат для измерения частоты вращения вала насоса.

2. Оборудование для заливки насосов перед их запуском в работу.

Если работа насоса характеризуется положительной геометрической высотой всасывания, то для его запуска в работу необходимо осуществить заливку всасывающего трубопровода перекачиваемой жидкой средой.

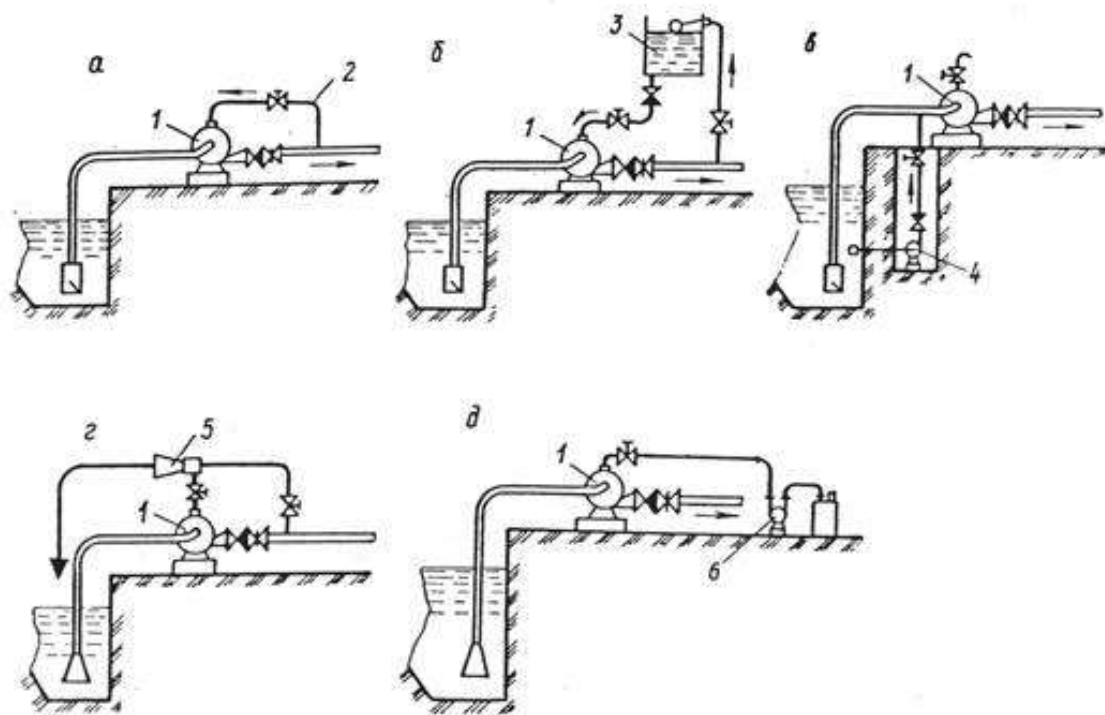


Рис. 1.4. Схемы заливки насосов:
 а – из напорного трубопровода; б – из резервного напорного бака;
 в – специальным насосом; г – эжектором; д – вакуум-насосом; 1 – ос-
 новной насос; 2 – трубопровод для заливки; 3 – резервный бак; 4 – спе-
 циальный насос; 5 – эжектор; 6 – вакуум-насос.

Вакуум – насосы для установки подбирают по подаче:

$$Q = \frac{Na(W_T + W_H)}{T(Na - H_{Г.ВС})} k, \text{ м}^3/\text{мин}$$

N_a – напор соответствующий атмосферному давлению, (10 м)

W_T – объем трубопровода, м^3

W_H – объем корпуса насоса, м^3

T – время запуска в работу основного насоса, мин (для пожарных насосов – 2 мин, для остальных – 3-5 мин)

k – коэффициент, учитывающий возможность подсоса воздуха из атмосферы ($k=1,05-1,1$)

Система технического водоснабжения.

Система ТВС обеспечивает подачу технической воды для смазки и охлаждения подшипников основных насосов, а также охлаждения электродвигателей.

Состав ТВС зависит от назначения НС.

НС1 на поверхностном источнике

В этом случае забор воды производится из нагнетательного трубопровода. Система включает фильтры, трубопроводы (стальные с антикоррозионным покрытием, запорно-регулирующую арматуру и контрольно-измерительную арматуру)

НС2 на поверхностном источнике

Забор идет из нагнетательного водовода. Система включает в себя, стальные трубопроводы, запорно-регулирующую арматуру и контрольно-измерительную арматуру.

КНС

Забор воды из подземного или поверхностного источника. Система включает водозаборные сооружения, фильтры, систему трубопроводов, запорно-регулирующую арматуру и контрольно-измерительную арматуру. В качестве насосов используют насосы типа К и КМ. Их количество, включая резерв более 2.

Дренажные насосные установки

Дренажные НУ служат для удаления воды, профильтровавшейся через подземную часть здания станции и сальники насоса.

$$Q_{дрен} = (1,5 - 2,0) \sum q$$

$$\sum q = q_1 + q_2$$

q_1 – расход воды через сальники насосов.

$q_1 = q_0 n$ – утечка через 1 сальник

$q_0 = (0,05 - 0,1)$ л/с

n – количество сальников

q_2 – расход вод, профильтровавшейся через подземную часть здания

$$q_2 = 1,5 + 0,01 W_{п.ч.} \text{ л/с}$$

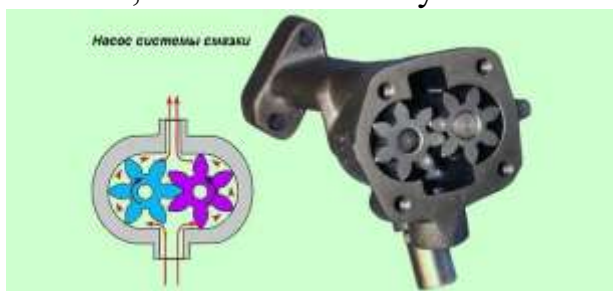
$W_{п.ч.}$ – объем подземной части здания ниже УГВ

$$W_{д.к.} = T Q_{дрен}$$

T – время работы 600-1200 секунд

Маслонапорные насосные установки.

Обеспечивают подачу технического масла на смазку подшипников оси насосов, а также в систему автоматики управления насосным оборудованием.



1 – бак отработанного масла

2 – бак чистого масла

3 – маслоочистительная машина

4, 5 – насос

6 – масляный фильтр

Используются шестеренные насосы. Их подача определяется исходя из наполнения емкости массой 20 т за 2 часа.

Установка располагается в отдельно стоящем здании насосной станции.

Подъемно-транспортное оборудование.

Подбор ведут в зависимости от габаритов здания станции и расчетной грузоподъемности (Р).

$$P = 1,1 \text{ м, т}$$

m – масса расчетной монтажной единицы.

В зависимости от грузоподъемности используют следующие виды подъемно-транспортного оборудования:

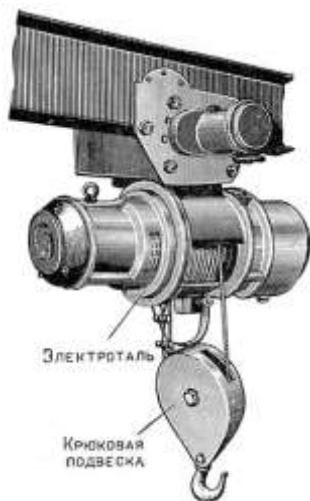
Р менее 1 тонны - рекомендуется использовать таль на неподвижной балке.

При Р от 1 тонны до 5 – подвесной кран (кран-балка)

При Р более 5 тонн – мостовой кран.

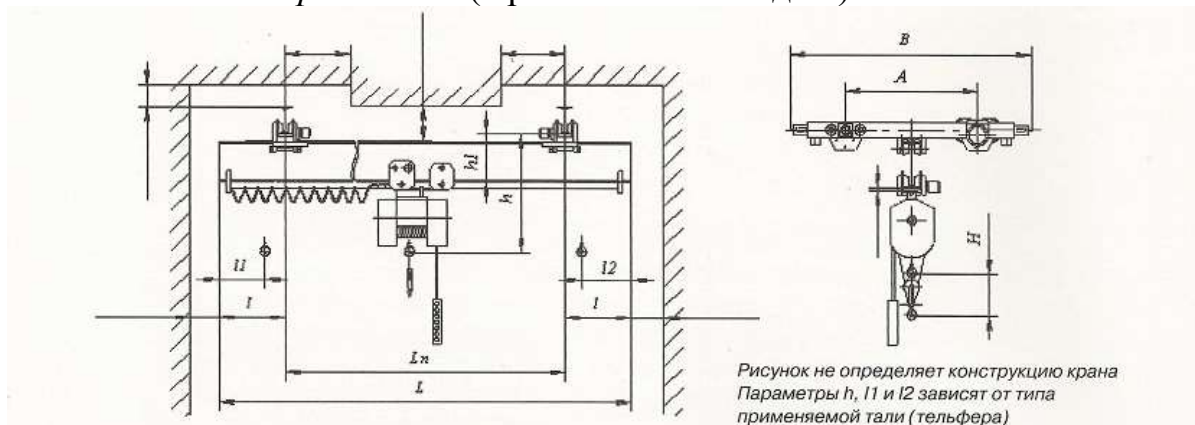
Для маневрирования затворами и решетками на ВЗ сооружениях НС применяются козловые краны.

Таль на неподвижной балке (Р менее 1 тонны)

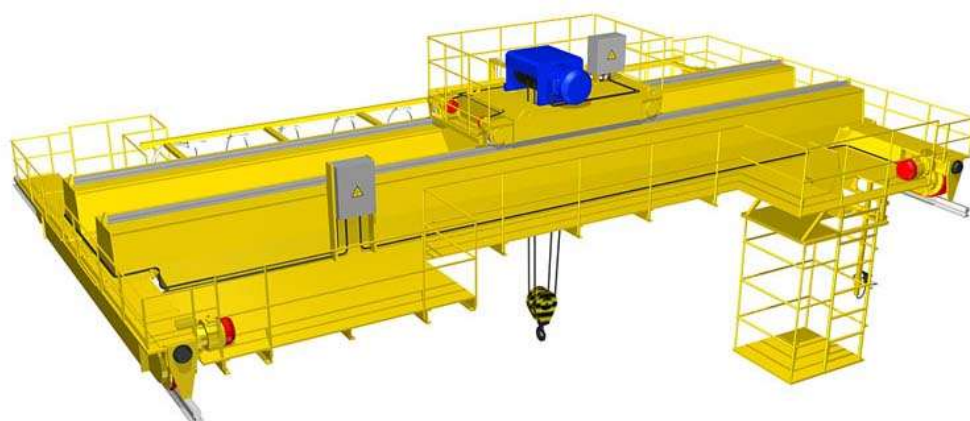


- 1 – главная балка
- 2 – стальная двутавровая балка
- 3 – таль
- 4 – подвижная стальная двутавровая балка

Подвесной кран-балка (При Р от 1 тонны до 5)



Мостовой кран (Р более 5 тонн)



Тема 14 Электрооборудование и электроснабжение насосных и воздуходувных станций

Электродвигатели, применяемые для привода насосов и воздуходувок. Типы электродвигателей и методика их подбора. Трансформаторные подстанции. Силовые трансформаторы и методика их подбора.

#ТеоретическийРаздел

Электродвигатели, применяемые для насосов и воздуходувок.

Для приводов насосов и воздуходувок применяются электродвигатели 3 фазного переменного тока асинхронные (синхронные, горизонтального/вертикального исполнения).

Мощность электродвигателя

$$P = k \frac{\rho g Q_m H}{1000 \eta_n \eta_p}$$

Где: k – учитывает возможность перегрузки (1,1-1,25)

Q_m – максимально возможная подача, м³/с

H – напор, м

η_n – к.п.д. насоса соответствующая максимальной подаче

η_p – к.п.д. передачи (муфтовая)

При $P \leq 200$ кВт – используются асинхронные низковольтные двигатели

$200 \leq P \leq 250$ кВт – асинхронные высоковольтные двигатели

$P \geq 250$ кВт – синхронные высоковольтные двигатели





Синхронный не реагирует на падение напряжения, в отличие от асинхронных.

Трансформаторные подстанции. Методика подбора силовых трансформаторов.

Трансформаторные подстанции включают в свой состав:

1. Высоковольтное оборудование (РУ)
2. низковольтное оборудование (щитовая)
3. трансформаторы

По конструктивному исполнению ТП бывают:

1. закрытые (в помещениях)
2. открытые (на площадках)

Мощность ТП:

$$S_{ТП} = k_c \sum \frac{P_i}{\eta_i \cos \varphi} + \Delta S, \text{ кВА}$$

k_c – коэффициент спроса (одновременной работы электродвигателя). Зависит от числа насосных агрегатов

P – паспортная мощность электродвигателя, кВт

η – к.п.д. электродвигателя

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности

ΔS – мощность, расходуемая на вспомогательное оборудование (освещение, дренажные насосы и др.)

Число трансформаторов принимают 2. Мощность одного трансформатора – $S_1 = S_{ТП} / 2$

Перегрузка $\Pi = S_{ТП} / S_T \leq 1,4$ т.е. 40 %

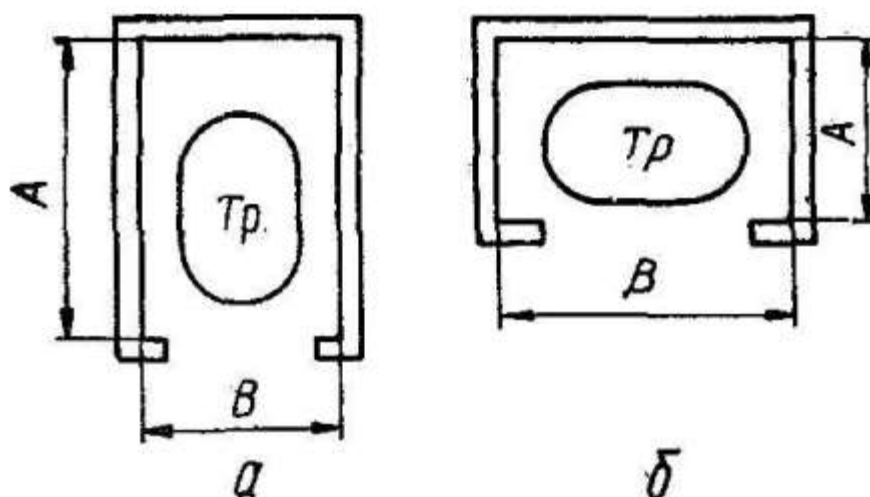
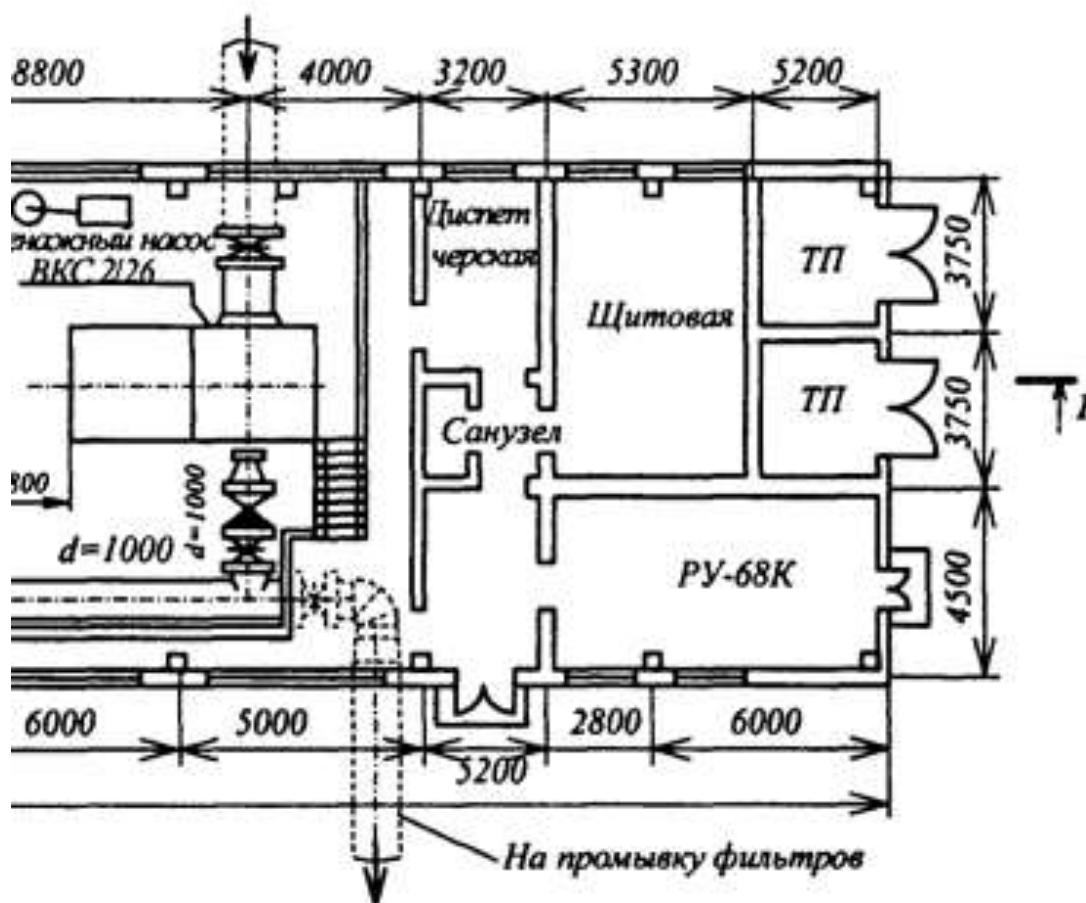


Рис. 3.10. Габариты трансформаторных камер:
a – с катанием узкой стороной; *б* – то же, широкой



- Щ – щитовая (4-5 м² на один насос)
- Т – трансформатор
- РУ – регулирующее устройство
- БП – бытовое помещение
- Д – диспетчерская

2 Практический раздел

[#Структура](#)

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Насосные и воздухоудувные станции» на тему «Насосная станция водоснабжения», «Канализационная насосная станция»

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по насосным станциям выполняется студентами специальности Т.19.06.00 - «Водоснабжение, водоотведение, очистка природных и сточных вод», а также проектирование насосных станций как составной части дипломных проектов студентов той же специальности. Целью проекта является практическое закрепление теоретического материала курса «Насосные и воздухоудувные станции», а также некоторых разделов специальных курсов: «Водоснабжение», «Канализация», «Водопроводные системы и сооружения» и «Канализационные системы и сооружения».

Настоящее методическое руководство представляет систематизированный материал, необходимый при проектировании насосных станций. Руководство не заменяет, а предполагает широкое использование учебно-справочно-нормативной литературы и является руководящей канвой для правильного составления проекта, что на первой стадии проектирования для студентов является затруднительным.

Курсовой проект должен охватывать все основные этапы технического проекта. Разборка разделов должна включать в себя описательную часть с обоснованием выбора того или иного расчетного параметра, агрегата или сооружения насосной станции.

При выборе расчетных параметров оборудования или сооружения проект должен исходить, прежде всего, из экономически наиболее целесообразности и лишь в исключительных случаях по согласованию с руководителем проекта может делать отступления, связанные с удорожанием варианта.

Курсовой проект должен содержать один лист формата А1 графических работ (план и два разреза, выполненные в масштабе 1:50 или 1:100) и расчетно-пояснительную записку объемом 20÷25 листов рукописного текста.

Указания к выбору исходных данных

Исходные данные на выполнение курсового проекта по насосной станции принимаются по табл. № 1 по последней цифре суммы трех последних цифр шифра зачетной книжки студента.

Варианты исходных данных на выполнение курсового проекта насосных станций

Таблица 1

Исходные данные	цифры шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вид насосной станции: а-водопроводная 1-го подъема; б-водопров. 2-го подъема; в-главная или районная система водоотведения.	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а
Q_{\max} - максимальный суточный расход водопотребления или водоотведения, тыс. м ³ /сут	15	20	17,2	30	32	25,8	40	43	54	50
Суточный график почасового водопотребления, водоотведения (см. приложение 1)	№7	№6	№8	№5	№4	№9	№3	№2	№10	№1
Система подачи и распределения воды безбашенная	б/б	б/б	–	б/б	б/б	–	б/б	б/б	–	б/б
q_n -суммарный противопожарный р-д, л/с	20	20	–	30	30	–	35	35	–	40
Геодезические отметки: -земли площадки насосной станции, м	106	80	80	102	110	90	122	130	120	93
-земли у входной камеры (узле подключения водовода к сети) или у приемной камеры очистных сооружений, м	127	82	85	110	115	100	128	139	130	102

-максимального уровня воды в источнике, м	104,5	–	–	100	–	–	120	–	–	91
-минимального уровня воды в источнике, м	100	–	–	94	–	–	113,5	–	–	82
-максимального уровня воды в приемной камере, м	123	–	94	116	–	108	136	–	140	110
Свободный напор у входной камеры (H_c), м	–	26	–	–	31	–	–	29	–	–
Длина нагнетательного водовода, м	1500	900	1000	700	1200	1500	1400	1800	730	1080
Длина всасывающей трубы, м	4	20	4	3	30	5	4	40	4	5
Глубина залегания грунтовых вод (от поверхности земли), м	3	2	6	2,5	4	4	2,8	2,5	4,3	2,1
Глубина промерзания, м	1,2	0,8	0,6	1,3	0,7	1,5	1,3	1	0,9	1,1
Глубина заложения подводящего коллектора (H_k), м	–	–	4	–	–	5	–	–	5,5	–
Диаметр подводящего коллектора (D_k), м	–	–	700	–	–	1000	–	–	1200	–
Рабочее напряжение тока электродвигателей основных агрегатов (u), кВ	0,38	0,38	0,38	6,3	6,3	10,6	6,3	6,3	10	6,3
Категория надежности сооружения	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Управление станцией (руч., автоматическое)	руч.	руч.	руч.	авт.	авт.	авт.	авт.	авт.	авт.	авт.

Содержание расчетно-пояснительной записки

Титульный лист.

Задание с исходными данными.

Введение с кратким описанием выполненного проекта.

1. <i>Определение расчетной подачи водопроводных станций</i>	99
1.1. <i>Определение расчетной подачи насосной станции первого подъема</i>	99
1.2. <i>Определение расчетной подачи насосных станций второго подъема</i>	99
2. <i>Определение расчетного напора насосной станции</i>	100
2.1. <i>Определение геометрической высоты подъема воды</i>	100
2.1.1. <i>Расчёт основных геометрических размеров РЧВ</i>	102
2.2. <i>Определение потерь напора в трубных коммуникациях</i>	103
2.2.1. <i>Определение потерь напора во всасывающих внешних водоводах</i>	103
2.2.2. <i>Определение потерь напора во внутренних трубных коммуникациях насосных станций</i>	104
2.2.3. <i>Потери напора в водомере. Подбор водомера</i>	104
2.2.4. <i>Определение потерь напора в направленных внешних водоводах</i>	104
3. <i>Расчёт характеристики сети</i>	104
4. <i>Подбор насосного оборудования</i>	106
4.1 <i>Определение диаметра обточенного рабочего колеса насоса и пересчёт характеристик</i>	107
5. <i>Компоновка оборудования и определение основных габаритных размеров здания насосной станции</i>	109
5.1 <i>Размещение насосных агрегатов в плане, подбор арматуры трубопроводов и проектирование схемы переключений всасывающих и нагнетательных трубопроводов</i>	109
5.2 <i>Размещение насосных агрегатов в вертикальной плоскости. Определение типа здания насосной станции</i>	110
6. <i>Проектирование здания водопроводной станции</i>	114
7. <i>Электрическая часть насосных станций</i>	118
8. <i>Проектирование насосных станций систем коммунального водоотведения</i>	119
8.1 <i>Подача насосной станции, режим работы и число рабочих насосов</i>	119
8.2 <i>Определение вместимости регулирующей ёмкости приёмного резервуара</i>	120
8.3 <i>Определение напора насосной станции</i>	121
8.4 <i>Размещение насосного оборудования</i>	123
9. <i>Проектирование здания насосных станций водоотведения</i>	124
<i>Приложение 1</i>	126
<i>Приложение 2</i>	127
<i>Примечания:</i>	128

Все расчеты должны сопровождаться схемами и графиками.

1. Определение расчетной подачи водопроводных станций

Расчетную подачу насосных станций определяют на основании суточного графика распределения часовых расходов водопотребления и выбранного графика работы насосной станции. Следовательно, чтобы определить расчетную подачу, необходимо по данным приложения 1 на листе миллиметровой бумаги размером 200×300 мм построить суточный график водопотребления в координатах $q_{\text{час}}$ (в % от $Q_{\text{сут.макс}}$) – t , час (24 часа).

1.1. Определение расчетной подачи насосной станции первого подъема

Ввиду того, что водопроводная станция первого подъема работает (подает воду) на очистные сооружения или регулируемые емкости (РЧВ), то чаще всего график работы станции назначают равномерным. Совместить график работы насосной станции с графиком водопотребления.

Тогда:

$$Q_{\text{н.с.}} = \alpha \frac{Q_{\text{сут.макс}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

или

$$Q_{\text{н.с.}} = \alpha \cdot 0,0417 \cdot Q_{\text{сут.макс}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где: α – коэффициент запаса воды на собственные нужды станции, ($\alpha=0,01\dots 0,1$).

1.2. Определение расчетной подачи насосных станций второго подъема

Насосные станции второго подъема работают непосредственно на потребление с заданным графиком водопотребления. Поэтому, если в сети подачи и распределения воды отсутствуют регулируемые емкости (башни и др.), то расчетную подачу насосной станции второго подъема назначают равной максимальному часовому водопотреблению по расчетному суточному графику, т.е.:

$$Q_{\text{н.с.}} = q_{\text{час. макс}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расчетную подачу не увязывают с фактическим графиком работы насосной станции.

Если в сеть водопотребления включена регулирующая емкость, значение величины подачи насосной станции второго подъема будет зависеть от принятого графика ее работы.

Назначив один из трех вариантов (равномерные, двух- или трехступенчатый) график работы насосной станции, определяют $k_{\text{н}} = q_{\text{н. макс}}/q_{\text{ч. ср.}}$ – коэффициент неравномерности подачи воды потребителю и подсчитывают вместимость регулирующей емкости (башни) по формуле:

$$W_{\text{рег}} = Q_{\text{сут.макс}} \left[(1 - k_{\text{н}}) + (k_{\text{ч}} - 1) \left(\frac{k_{\text{н}}}{k_{\text{ч}}} \right)^{\frac{k_{\text{ч}}}{k_{\text{ч}} - 1}} \right], \text{ м}^3/\text{ч}$$

Целесообразность принятия того или иного графика работы насосной станции

определяется сравнением полученной величины регулирующего объема ($W_{\text{рег}}$) с вместимостью резервуара типовой башни, максимальная вместимость которого равна 800 м^3 . При этом следует учитывать хранение в башне десятиминутного (противопожарного) запаса воды. Возможна установка двух башен.

Таким образом, расчетная подача насосной станции второго подъема в башенной системе подачи и распределения воды будет равна максимальной величине подачи по принятому графику работы насосной станции:

$$Q_{\text{н.с.}} = q_{\text{н.макс}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

2. Определение расчетного напора насосной станции

В соответствии с заданием на листе миллиметровой бумаги размером 300×200 мм вычертить схему вертикальной и горизонтальной планировки сооружений второго подъема. Примерные схемы показаны на рис. 2.1. и 2.2.

Напор рабочих насосов 1-го и 2-го подъемов определяют по формуле:

$$H = H_{\text{г}} + \sum h = H_{\text{г}} + (h_{\text{в}} + h_{\text{н.с.}} + h_{\text{в.м.}} + h_{\text{н.в.}}), \text{ м}$$

где: $H_{\text{г}}$ – геометрическая (геодезическая) высота подъема воды, м;

$h_{\text{в}}$ - потери напора во внешнем всасывающем водоводе, м;

$h_{\text{н.с.}}$ - потери напора во внутренних коммуникациях насосной станции, м;

$h_{\text{в.м.}}$ - потери напора в водомере, м;

$h_{\text{н.в.}}$ - потери напора в нагнетательном водоводе, м.

2.1. Определение геометрической высоты подъема воды

Для водопроводных станций первого подъема значение $H_{\text{г}}$ будет определяться разностью отметок максимального уровня воды в приемной камере очистных сооружений и минимального уровня воды в камере всасывающих труб. При определении последней потери в водоприемнике ($h_{\text{в.п.}}$) принять (1,0 - 1,5) м.

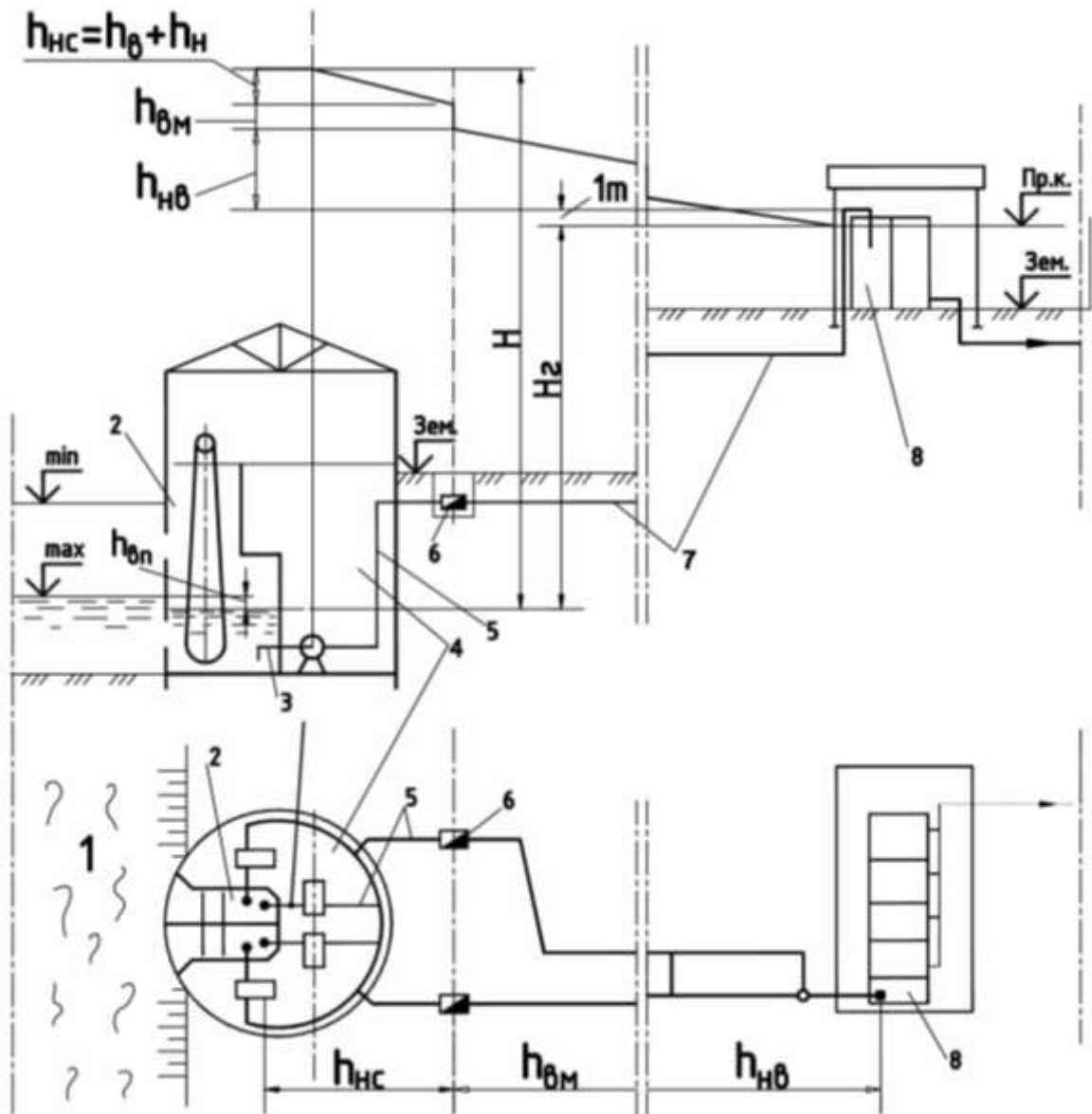


Рис.2.1. Схема планировки сооружений первого подъема системы водоснабжения с насосной станцией совмещенного типа

1-источник; 2-водоприемник; 3-всасывающая труба; 4-насосной отделение; 5-нагнетательная труба; 6-водомер; 7-внешний нагнетательный водовод; 8-применяемая камера очистных сооружений.

Для вычисления H_r насосной станции 2-го подъема необходимо определить значения геодезических отметок расчетного уровня воды в РЧВ и свободного напора во входной камере водопроводной сети.

Для определения отметки расчетного уровня воды в РЧВ необходимо рассчитать его основные геометрические размеры.

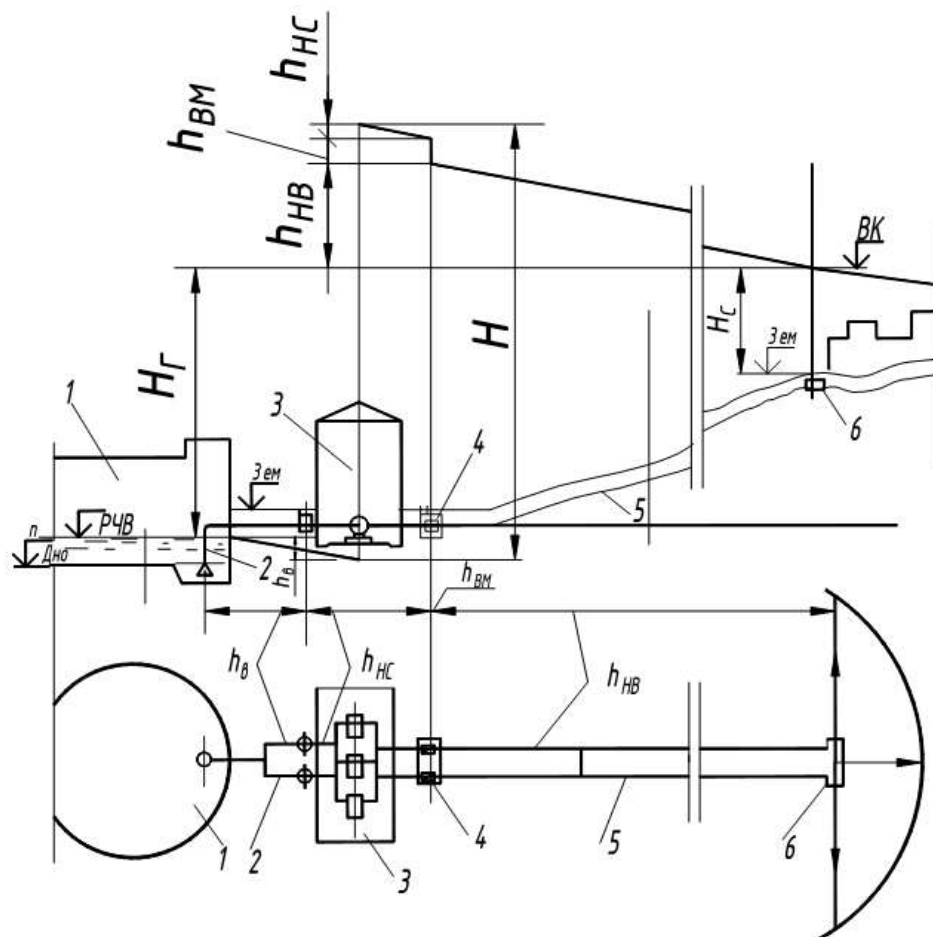


Рис. 2.2.Схема планировки сооружений второго подъема безбашенной системы водоснабжения

1-резервуар чистой воды; 2-всасывающая труба; 3-насосная станция; 4-водомер; 5-нагнетательный водовод; 6-входная камера (подключение водовода к сети).

2.1.1. Расчёт основных геометрических размеров РЧВ.

Полную вместимость РЧВ определяют по формуле:

$$W_{\text{рчв}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{п}} + W_{\text{ф}}, \quad \text{м}^3$$

где: $W_{\text{рег}}$ – регулирующий объём, м^3 (рассчитывают по формуле 1.1.);

$W_{\text{п}}$ – противопожарный объём, м^3 (в курсовом проекте принять 2% от $Q_{\text{сут.макс}}$);

$W_{\text{ф}}$ – объём воды на промывку фильтров, м^3 .

Противопожарный объём:

$$W_{\text{п}} = 3q_{\text{п}} + \sum Q_{\text{макс}} - 3Q_{\text{I}},$$

где: $q_{\text{п}}$ – расчётный противопожарный расход ;;

$\sum Q_{\text{макс}}$ – объём воды за три непрерывных наибольших часа водопотребления (по графику), м^3 ;

Q_{I} – подача насосной станции первого подъёма, м^3 (принимается равномерной и

равной 4,17% от $Q_{сут.макс}$);

3 – время тушения пожара, час.

Объём воды на промывку фильтров принимают $1 \div 1,5\%$ от $Q_{сут.макс}$.

Определив полную вместимость, назначают число резервуаров и определяют основные геометрические параметры РЧВ.

Первоначально при проектировании нового объекта назначают до четырёх резервуаров, но не менее двух. Вместимостью до 2000 м^3 можно использовать круглые в плане резервуары с плоским перекрытием, высотой $H=3,5$ м. Более 2000 м^3 принимают резервуары прямоугольные с плоским перекрытием, высотой $H=4,5$ м.

Желательно, чтобы все принятые резервуары были равной вместимости и одинаковой формы в плане.

Резервуары заглубляют на половину их высоты относительно уровня земли.

Геометрические параметры резервуаров:

$$F_p = \frac{W_{РЧВ}}{H_p} \text{ – площадь горизонтального сечения резервуара, } \text{м}^2 \text{ ;}$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4W_{РЧВ}}{\pi \cdot H_p}} \text{ – диаметр круглого резервуара, м;}$$

$$L = \frac{W_{РЧВ}}{B \cdot H_p} \text{ – длина прямоугольного резервуара, где } B \text{ – ширина резервуара (при вычислении или } B \text{ принимают). Возможны и квадратные резервуары, как правило небольших размеров;}$$

$$H_p = \frac{W_{п}}{\sum F_p} \text{ – высота призмы противопожарного объёма воды (} \sum \text{ – число резервуаров, в которых предполагается хранение противопожарного объёма).}$$

Отметка (геодезическая) уровня противопожарного объёма является расчётной при определении H_p . (Нанести эту отметку на схему, рис. 2.2.)

2.2. Определение потерь напора в трубных коммуникациях

На схемах (рис.2.1. и 2.2.) линию подачи воды разбиваем: для станций первого подъёма на три ($h_{нс}; h_{вм}; h_{нв}$), а для станций второго подъёма на четыре ($h_{в}; h_{н}; h_{вм}; h_{нв}$) расчётных участка.

2.2.1. Определение потерь напора во всасывающих внешних водоводах

Принимаем две остальные нитки ($n=2$) всасывающего водовода. Расчётный расход для каждой нитки равен:

$$Q_{вс} = \frac{Q_{нс}}{n-1},$$

где : $Q_{нс}$ – подача насосной станции, л/с.

По расчётному расходу из таблиц Шевелева [12] находим: $d_{вв}; 1000i, v$.

По известной длине водовода определяем потери:

$$h_{\text{в}} = 1,5 \cdot 1000i \cdot l_{\text{вв}}, \quad \text{м.}$$

В этой формуле коэффициентом 1,5 учитывают потери напора в местных сопротивлениях.

2.2.2. Определение потерь напора во внутренних трубных коммуникациях насосных станций.

Ввиду того, что на данный момент проектирования насосной станции неизвестно число насосов и схема их обвязки, потери напора во всасывающих и нагнетательных трубах внутри насосной станции определить нельзя. Поэтому ими предварительно задаются (с последующим поверочным расчётом). Потери напора во внутренних трубах принять: на станциях первого подъёма 1...1,5, а на станциях второго подъёма 1,5...2 м.

2.2.3. Потери напора в водомере. Подбор водомера

На насосных станциях в качестве сужающего устройства водомера принимают диафрагму, сопла трубы Вентури. Потери в водомерах определяют в ходе их подбора [1].

2.2.4. Определение потерь напора в направленных внешних водоводах

Назначаем водовод в две нитки ($n=2$) из чугунных труб. Расчётный расход для каждой нитки равен:

$$Q_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{нс}}}{n}, \quad \text{л/с}$$

По таблице Шевелева [12] находим: $d_{\text{нв}}$; $1000i$, $v_{\text{н}}$.

По заданной длине водовода находим потери напора:

$$h_{\text{в}} = 1,5 \cdot 1000i \cdot l_{\text{нв}}, \quad \text{м,}$$

в формуле 1,05 – коэффициент учёта местных потерь напора.

Таким образом, определив значения $H_{\text{г}}$ и $\sum h$, подсчитают напор основных рабочих насосов (ф. 2.1.).

3. Расчёт характеристики сети

Водопроводная сеть в рассматриваемом случае состоит из ряда участков трубопроводов, последовательно соединённых друг с другом. Характеристика такой сети может быть представлена уравнением (2.1.) или:

$$H = H_{\text{г}} + Q_{\text{н.с.}}^2 (S_{\text{н}} + S_{\text{вм}} + S_{\text{нв}}), \quad (3.1.)$$

где выражение в скобках представляет сумму сопротивлений на соответствующих участках сети.

Из уравнения (2.1.) и (3.1.) следует, что потери напора изменяют пропорционально квадрату расхода жидкой среды на рассматриваемом участке сети.

На основании этого можно записать пропорцию:

$$\frac{h}{Q_{\text{НС}}^2} = \frac{h_x}{Q_x^2} \quad \text{или} \quad h_x = h \left(\frac{Q_x}{Q_{\text{НС}}} \right)^2,$$

где h – известные потери напора на участке сети при подаче (расходе) $Q_{\text{НС}}$;
 h_x – искомое значение потерь напора на том же участке сети при любом значении расхода Q_x .

$\left(\frac{Q_x}{Q_{\text{НС}}} \right) = \bar{Q}$ – относительная подача.

Таким образом, при любом текущем значении подачи насосной станции можно подсчитать потери напора по формуле:

$$h_x = h \bar{Q}^2$$

Характеризует сети удобно рассчитать табличным способом. Удобство расчёта заключается ещё в том, что одновременно с нормальным режимом работы участков сети можно рассчитать и аварийные случаи. При этом следует иметь в виду:

а) при аварии на водоводе из двух ниток с одной перемычкой, при пропуске расчётного расхода, потери напора увеличатся в 2,5 раза;

б) при аварии на водоводе из двух ниток с двумя перемычками, при пропуске расчётного расхода, потери напора возрастут в 2 раза. Форму таблицы для расчёта характеристики сети см. табл. 3.1.

Порядок заполнения и расчёта

Вначале заполняют клетки строки абсолютной подачи насосной станции, имея в виду, что её расчётное значение соответствует относительной подаче $\bar{Q} = 1,0$.

Затем заполняют графы 7 известными значениями по строкам 1-5. Искомые значения граф 3-6 и 8 по строкам 2-5 вычисляют по формуле (3.2.). Производят суммирование граф 3-8 и определяют координаты характеристики $H(Q)$ при нормальной работе водовода $S_{2д}$. На этой кривой отмечают расчётную режимную точку А, соответствующую $Q_{\text{НС}}$ и $H_{\text{НС}}$.

Режим б, в рассматривают аналогичным способом, учитывая условие, приведённое выше.

По данным табл. 3.1. на листе миллиметровой бумаги размером 300x200 мм проводят построение характеристики сети в осях $H-Q$, л/с и \bar{Q} – (две оси подачи).

Таблица 3.1. Расчёт характеристики сети

№№ строк	Потери напора, м	Абсолютная подача насосной станции, л/с						
		Относительная подача	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25
1	2	3	4	5	6	7	8	
а) водовод из двух ниток, нормальная работа								
1	H_{Γ} - геометр. высота подъема, м							
2	$h_{\text{в}}$ - потери напора во всасывающем водоводе, м							
3	$h_{\text{НС}}$ - потери напора на насосной							

	станции ... , м						
4	$h_{вм}$ - потери напора в водомере, м						
5	$h_{нв}$ - потери напора в нагнетательном водоводе, м						
$H = (1)+(2)+(3)+(4)+(5)$							
б) водовод из двух ниток с одной перемычкой (авария)							
6	$H = (1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)$						
в) водовод из двух ниток с двумя перемычками (авария)							
7	$H = (1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)$						

4. Подбор насосного оборудования

Назначают число рабочих (z). При этом руководствуются следующим обстоятельствами. Для насосных станций первого подъёма, работающих по равномерному графику, следует подбирать по возможности меньше рабочих агрегатов, но не менее двух.

Без башенная система является закрытой, режим работы станции второго подъёма полностью зависит от водопотребления (от отбора воды из сети). При уменьшении отбора напора будет увеличиваться. При расходах меньше максимального в сети образуются избыточные напоры, существенно снижающие КПД насосной станции и увеличивающие энергозатраты на подачу воды. Избыточные напоры, а, следовательно, энергозатраты будут наибольшими, если на насосной станции будет установлен один рабочий агрегат. Увеличение числа рабочих агрегатов снижает энергозатраты на подачу воды и повышает КПД системы. Окончательный выбор числа рабочих агрегатов решается на основании технико-экономического расчёта сравнения вариантов.

В курсовом проекте рекомендуется принять 3-5 насосов.

Назначив число основных насосов (z), определяют расчётную подачу каждого насоса.

$$Q_n = \frac{Q_{н.с.}}{z}$$

По расчётным параметрам Q_n и H , по полям (Q-H) [1,2] подбирают марку насоса и частоту вращения его рабочего колеса (n , об/мин).

Из каталогов насосов для выбранного насоса определяют координаты характеристик Q-H и Q- η при максимальном диаметре рабочего колеса. При проектировании канализационных станций подбор насосов можно сделать на основании приложения 2 настоящего методического руководства. Координаты характеристик занести в табл. 4.1. (форма).

Таблица 4.1. Координаты характеристик насоса при $D = \dots$ м

Q, л/с							
H, м							
η, %							

По данным таблицы 4.1. характеристики насоса наносят на график характеристики сети в том же масштабе. При правильном подборе точка пересечения суммарной характеристики Q-H насосов с характеристикой сети S_{2d} (фактическая режима точка A_1) должна совпадать с расчётной режимной точкой А. Допускается расхождение в сторону увеличения параметров точки A_1 по сравнению с точкой А на 2-3%. Кроме того, фактическая режимная точка А должна соответствовать зоне максимального КПД на кривой Q- η .

Если значение параметров точки А1 превышает значение параметров точки А больше, чем на 3%, то следует привести их в соответствие путём обточки рабочих колёс подобранных насосов.

4.1 Определение диаметра обточенного рабочего колеса насоса и пересчёт характеристик

Это задача решается графо-аналитическим способом.

Прежде следует выбрать группу расчётных формул, которая зависит от коэффициента быстроходности насоса:

$$n_s = 3,65 n \sqrt{Q} \cdot \frac{1}{H^{0,75}},$$

где значение Q, м³/с и H, м берется из маркировки выбранного насоса.

Группа формула:

при $n_s < 150$ при $n_s > 150$

$$\frac{Q_{об}}{Q} = \frac{D_{об}}{D}; \quad \frac{H_{об}}{H} = \left(\frac{D_{об}}{D}\right)^2; \quad \frac{Q_{об}}{Q} = \left(\frac{D_{об}}{D}\right)^2; \quad \frac{H_{об}}{H} = \left(\frac{D_{об}}{D}\right)^2;$$

$$H=kQ^2$$

$$H=kQ$$

В этих формулах $Q_{об}, H_{об}, D_{об}$ - соответственно искомые параметры при обточенном рабочем колесе, а Q, H, D – параметры, соответствующие не обточенному рабочему колесу.

Для определения параметров $Q_{об}$ и $H_{об}$ горизонтальный отрезок, ограниченный точкой А и осью напоров (на совмещенном графике характеристик насосов и сети), делят на z участков (z – число насосов). Тогда первая (от оси напоров) точка (Е) будет принадлежать характеристике обточенного рабочего колеса и иметь координаты $Q_{об}$ и $H_{об}$.

Чтобы уравнение линии пропорциональных режимов придать конкретный вид, определяют $k = H_{об}/Q_{об}^2$ и по этому уравнению, задаваясь рядом значения Q (3-4), определяют значения H, см. таблицу 4.2.

Таблица 4.2. Координаты линии пропорциональных режимов

Q, л/с						
H, м						

По данным таблицы 4.2 на графике строят линию пропорциональных режимов, которая пересечет характеристику Q-H насоса с необточенным рабочим колесом в точке Е и определит искомые пропорциональные параметры Q и H.

По одной из формул выбранной группы определяют $D_{об}$.
Например:

$$D_{об} = D \frac{Q_{об}}{Q}$$

Определив диаметр, подсчитывают процент необходимой обточки и сравнивают с допустимым значением {1}.

Назначают ряд точек на характеристике Q-H с необточенным рабочим колесом и при известных значениях диаметров $D_{об}$ и D по формулам подобия находят координаты пропорциональных точек, принадлежащих характеристике $Q_{об}-H_{об}$.

Пересчёт значений КПД проводят по формуле:

$$\eta_{об} = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{D}{D_{об}} \right)^{0,45}$$

Результаты пересчёта удобно свести в таблицу 4.3

Таблица 4.3 Координаты характеристик насоса

До обточки D= мм			После обточки $D_{об}$ = мм		
Q, л/с	H, м	η	Q, л/с	H, м	$\eta_{об}$

По данным таблицы 4.3, проводят построение характеристик $Q_{об}-H_{об}$ и $Q_{об}-\eta_{об}$ и окончательно проводят анализ работы насосов на водопроводную сеть. При этом определяют значения КПД насосов, с которыми они работают по расчетному графику подачи насосной станции. Если окажется, что основным насосом нецелесообразно подавать ночные и минимальные расходы потребления (низкий КПД, большие избыточные напоры), то для покрытия этих расходов подбирают отдельные насосы, которые требует потребитель в ночное время (по совмещенным характеристикам).

После окончательного подбора основных рабочих насосов, проводят анализ возможности подачи противопожарного расхода воды в час максимального водопотребления [1, 2]. Если подача противопожарных расходов основными рабочими насосами невозможна, то следует подобрать отдельные противопожарные насосы.

Резерв насосного оборудования выбирают в соответствии со СНиП 2.02 04-84 и СНиП 2.03 04-85 для станций водоотведения [1, 2, 3, 4].

Если подобранные насосы не сагрегатированы с электродвигателями, то следует подобрать для них электродвигатели.

Необходимую мощность электродвигателя (в кВт) определяют по формуле:

$$P = \frac{\rho g Q_{max} H_M}{1000 \eta_n \eta_p} k,$$

где Q_{max} – максимально возможная подача одного насоса по схеме проектируемой насосной станции, л/с (например, при подаче воды одним насосом в водовод из двух ниток; при снижении напоров при подаче противопожарного

расхода воды);

H_M – напор, соответствующий Q_{max} , м; (Q_{max} и H_M определяют по графику совместной работы насосов и водовода);

η_n – КПД насоса (по характеристикам);

$\eta_{п}$ – КПД передачи (при соединении насоса с электродвигателем жесткой муфтой $\eta_{п} = 1,0$);

K – коэффициент запаса мощности, табл. 4.4.

Таблица 4.4 Значение коэффициента запаса мощности

Мощность эл/двиг, кВт	менее 20	20-60	60-300	более 300
Коэф-т запаса мощности	1,25	1,2	1,15	1,1

Для подобранных агрегатов из каталогов выписывают габаритные размеры.

5. Компоновка оборудования и определение основных габаритных размеров здания насосной станции

5.1 Размещение насосных агрегатов в плане, подбор арматуры трубопроводов и проектирование схемы переключений всасывающих и нагнетательных трубопроводов

Для выбранного числа агрегатов и с учетом конкретных местных условий подвода воды к насосной станции и её отвода выбирают желаемую схему размещения насосов и трубопроводов в плане [1]. Монтажные пятна вычерчивают по известным размерам агрегатов. Расстояния между агрегатами, агрегатами, агрегатами и стенами принимают не менее 1 м [3, 4].

При известных диаметрах внешних всасывающих и нагнетательных труб принимают диаметрам соответствующих внешних труб. Рассчитывают диаметры всасывающих и нагнетательных подводов к насосам по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_n}{\pi V_э}},$$

где Q_n – подача насоса, м³/с;

$V_э$ – экономически наиболее выгодная скорость движения воды в трубопроводе [1, 2].

Для конкретных участков трубопроводов, при известных диаметрах, подбирают необходимую арматуру (задвижки, затворы, обратные клапаны, переходы, монтажные вставки и др.) [6, 7]. При подборе арматуры следует одновременно выписать её монтажные размеры. Схему размещения насосного оборудования и трубопроводов с арматурой (схему обвязки насосов) вычерчивают эскизно на листе миллиметровой бумаги. В соответствии с категорией надежности сооружения и требованиями СНиП [3] к работе насосной станции при аварии, а также с целью возможности проведения ремонтных и профилактических работ на станции на всасывающих и нагнетательных коллекторах устанавливают дополнительную или дублирующую запорную арматуру. Дублирующая запорная арматура позволяет производить переключения насосов и тем самым увеличивать подачу насосной станции с использованием резервных насосных агрегатов.

При составлении плана машинного зала насосной станции следует

предусматривать место для ремонтно-монтажной площадки размером равным монтажному пятну наибольшего насосного агрегата и прохода вокруг него шириной не менее одного метра. Ремонтно-монтажные площадки можно размещать на балконах на уровне пола первого этажа.

5.2 Размещение насосных агрегатов в вертикальной плоскости. Определение типа здания насосной станции.

Отправной отметкой при вертикальной компоновке насосного оборудования является: для станций первого подъема – отметка минимального уровня воды в источнике; для станций второго подъема – расчетная отметка уровня воды в РЧВ. СНиП рекомендует размещать насосы под самозалив относительно расчетного уровня воды. Эти рекомендации не всегда выполнимы, учитывая конкретные гидрогеологические условия. Поэтому возможны и другие варианты.

Компоновку выполняют следующим образом, см. рис. 5.1., 5.2.

На листе миллиметровой бумаги проводят горизонтальные линии с отметками:

- уровня земли у насосной станции (нулевая отметка);
- расчетного уровня воды в источнике (РЧВ и др.);
- уровня грунтовых вод;
- положения изотермы с нулевым значением температуры (глубина промерзания грунта).

Вариант а. Размещают насосы под залив от расчетного уровня воды; самая верхняя точка, принадлежащая корпусу насоса, должна располагаться ниже расчетного уровня на $0,4 \div 0,5$ м. По известным габаритным размерам (эскизно) вычерчивают вертикальное монтажное пятно насоса. Намечают отметки: оси насоса, осей всасывающего и нагнетательного патрубков; основания надфундаментной плиты (рамы). По известным размерам, путем эскизной компоновки, определяют положение всасывающего коллектора и, с учетом высоты подушки под коллектор, ($200 \div 300$ мм), определяют отметку чистого пола машинного зала. Если последняя окажется значительно ниже отметки грунтовых вод, то рассматриваемый вариант заглубленного здания может оказаться неприемлемым.

Вариант б. Рассчитывают предельно допустимую геометрическую высоту всасывания насосов [1] по формуле:

$$H_{г.вс.}^{доп} = \frac{P_a - P_n}{\rho g} - \Delta h - h_{вс},$$

где Δh - кавитационный запас, м (определяют по характеристикам или расчетно).

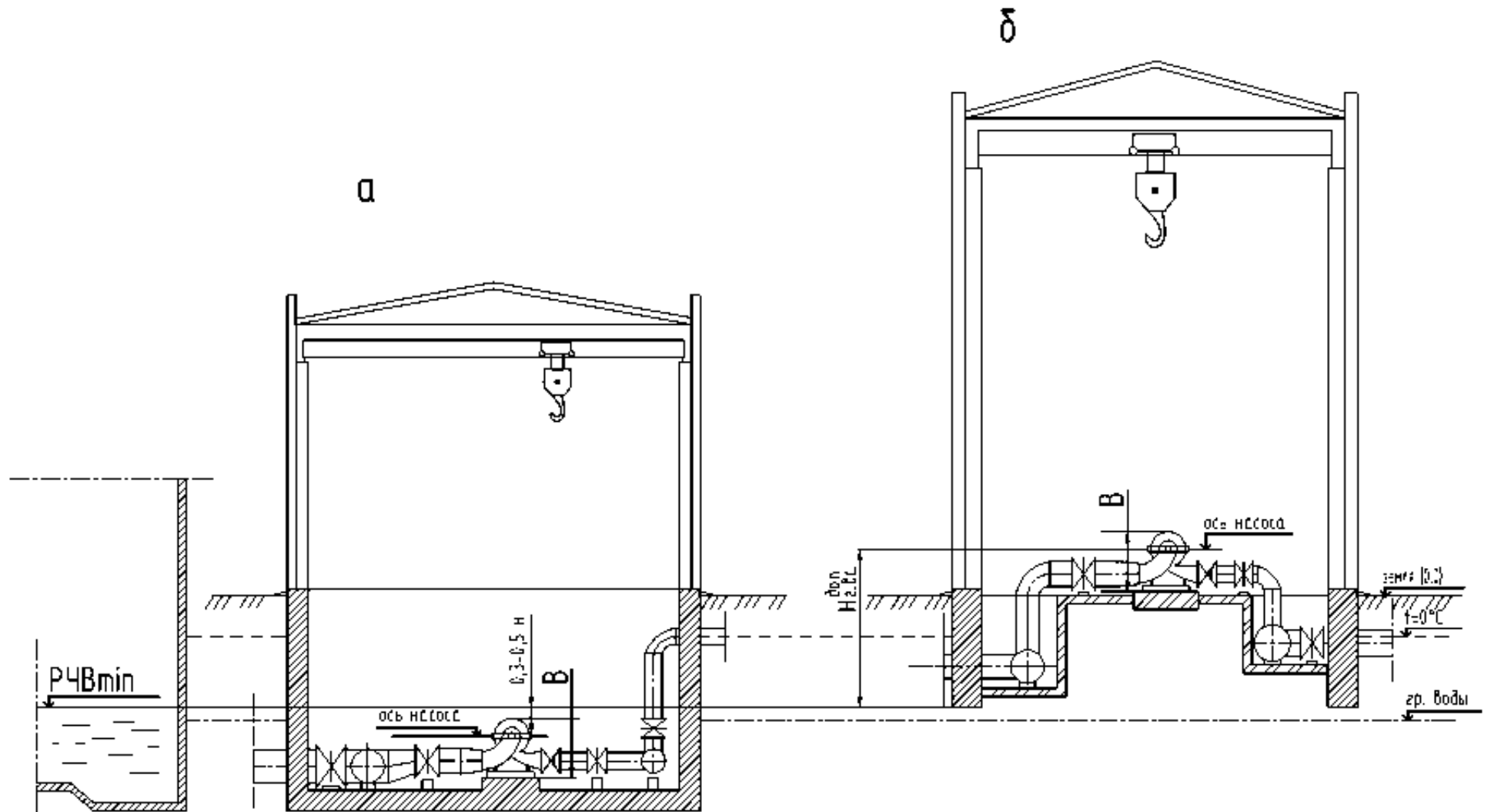


Рис. 5.2. Варианты компоновки оборудования насосной станции второго подъема вертикальной плоскости.

а – с отрицательной геометрической высотой всасывания (заглубленное здание, насосы с самозаливом от расчетного уровня воды в PЧВ);

б – с положительной геометрической высотой всасывания (здание наземное, насосы заливают специальной установкой).

При таких же начальных условиях, как в варианте а, откладывая $H_{г.в.с.}^{доп}$ вверх по вертикали относительно расчетной отметки воды в РЧВ или источнике, определяют отметку, выше которой не должны располагаться оси насосов.

При этом варианте здание насосной станции может быть наземного типа или полузаглубленным, основание которого не входит в зону грунтовых вод.

Для заливки насосов перед запуском в варианте (б) следует предусматривать специальное оборудование (установки) [1].

Целесообразность принятия того или иного варианта определяется сравнением на основании технико-экономического расчета.

После окончательного решения вопроса о размещении насосов разрабатывают варианты вывода всасывающих и нагнетательных трубопроводов из помещения здания насосной станции. Глубина траншеи для укладки труб за пределами насосной станции должна быть не менее $H = H_{нр} + 0,5$ м. При этом минимальная глубина засыпки труб (от поверхности земли до верха трубы) не должна быть менее $(0,7 \div 0,8$ м).

6. Проектирование здания водопроводной станции

На основании горизонтальной и вертикальной компоновки насосных агрегатов и коммуникаций определяют тип здания (наземное, полузаглубленное), рис.6.1., и основные геометрические размеры: ширину, длину, диаметр здания; величину заглубления; объемы заглубленной и наземной части; площадь машинного зала.

Для определения высоты здания следует подобрать подъемно-транспортное оборудование [2,6].

Отдельное здание насосной станции должно включать следующие основные и вспомогательные помещения: машинный зал; диспетчерскую; бытовую комнату; туалет; склад; мастерскую; трансформаторную подстанцию (ячейки для трансформаторов и сборное высоковольтное распределительное устройство и др.). Как правило, все вспомогательные помещения размещают в наземной части основного здания или в одно-двухэтажной пристройке.

Здания насосных станций могут быть прямоугольной или круглой формы в плане. Наземная часть прямоугольных зданий представляет собой сооружение промышленно-цехового типа, чаще всего каркасной конструкции. Ограждающие конструкции (стены) выполняют из ж/б панелей. Фундаменты наземных и полузаглубленных зданий выполняют ленточного типа, а фундаменты под насосные агрегаты делают независимыми (свободными) монолитными.

Заглубленные здания выполняют камерного типа, наземная часть у них делается в виду относительно тонкой доковой конструкции - камеры. Фундаменты под насосные агрегаты выполняют за одно целое с днищем камеры. Боковые ограждающие конструкции служат одновременно фундаментом наземной части.

Толщину стен и днища камеры принимают равной 0,1 максимального напора грунтовых вод или грунта, действующего на конструкцию в рассматриваемом сечении.

Объем подземной части должен быть минимальным. Размеры подземной части в плане для больших насосных станций принимают кратным 3 м. При длине стороны или диаметре подземной части сооружения до 9 м допускается принимать размеры прямоугольных сооружений кратным 1,5 м; круглых – 1 м.

Если подземная часть позволяет разместить технологическое и подъемно-

транспортное оборудование, над ней сооружают перекрытие, рис.6.1.(б). Минимально допустимое заглубление, при котором возможно такое решение, определяется выражением:

$$H_{\text{загл}} \geq h_{\text{об}} + 0,5 + h_{\text{гр}} + h_{\text{ст}} + (h_1 + H) + H_N + H_{\text{п}} \quad (6.1.)$$

где $h_{\text{об}}$ – высота установленного оборудования (наибольшая), м;

0,5 – минимальное расстояние между установленным и перемещаемым оборудованием, м;

$h_{\text{гр}}$ – высота перемещаемого груза, м;

$h_{\text{ст}}$ – высота строповки (0,5 – 1 м), м;

$(h_1 + H)$ – размер подъемно-транспортного оборудования при полном вытягивании грузового троса, м;

H_N – высота подкранового пути, м;

$H_{\text{п}}$ – высота перекрытия (1-2 м), м.

Заглубленные помещения должны сообщаться с наземными лестницами шириной не менее 0,9 м с углом наклона не более 45° .

Для подъема на площадки и балконы обслуживания ширина лестниц должна быть не менее 0,7 м с углом наклона не более 60° .

Высоту наземной части здания определяют по выражению, см. рис.6.1.(а, б):

$$H_{\text{стр}} = h_{\text{тр}} + 0,5 + h_{\text{гр}} + h_{\text{ст}} + (h_1 + H) + 0,1 \quad (6.2.)$$

где $h_{\text{тр}}$ – высота грузовой платформы транспортного средства (автомобиля, грузовой тележки и др.).

Остальные выражения такие же, как и в предыдущем выражении.

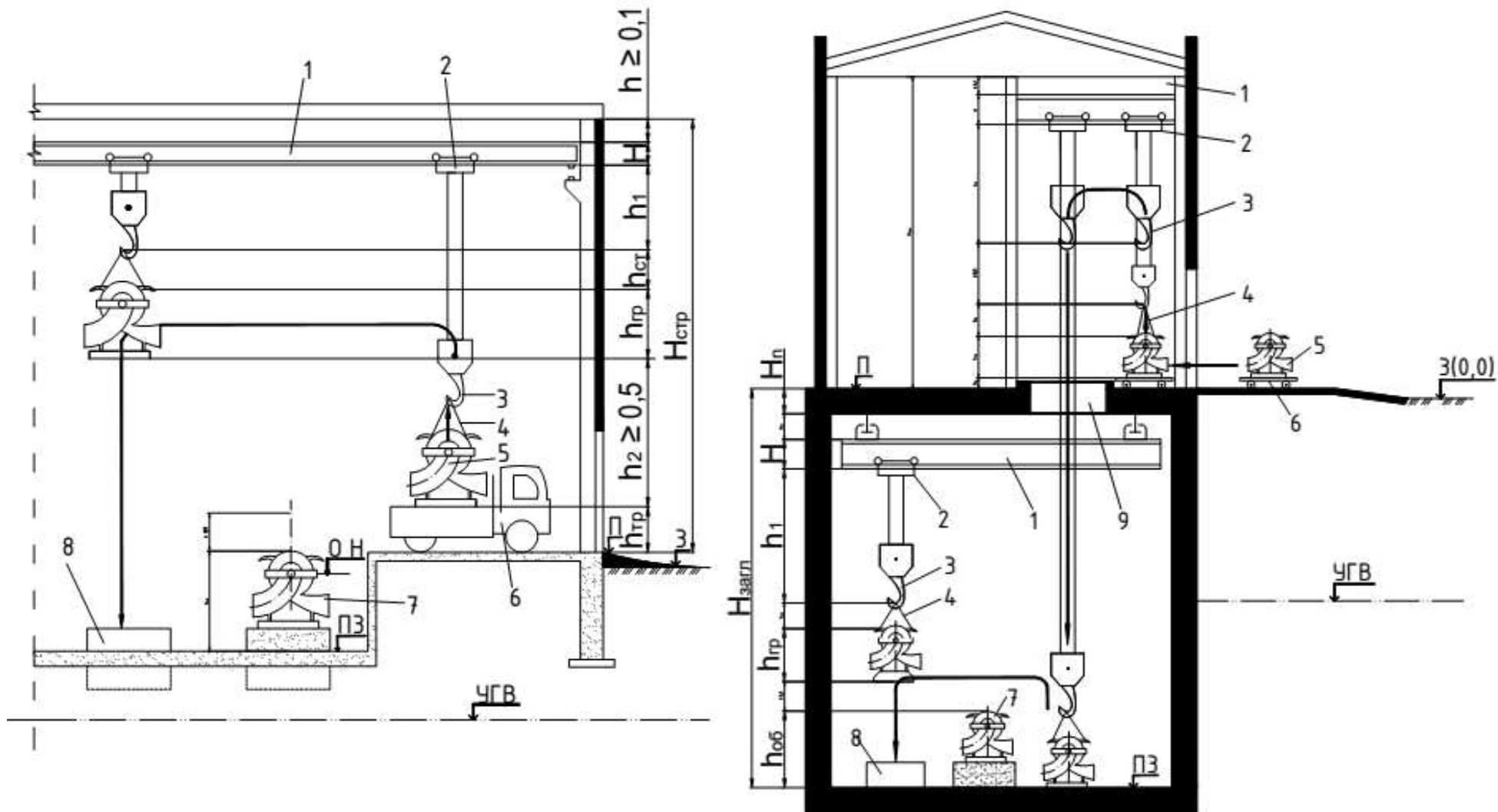


Рис. 6.1. К определению строительной высоты

здания насосной станции.

а – наземного и полузаглубленного; б – заглубленного (шахтного);

1 – балка крана; 2 – тяговая тележка; 3 – грузовой крюк; 4 – стропы; 5 - перемещаемый насос; 6 – транспорт; 7 – установленное оборудование; 8 – фундамент под насос; 9 – монтажный проем.

Высоту верхнего строения округляют до ближайшей стандартной: 3; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6; 7,2; 8,4; 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18 м.

При высоте машинного зала более 4,8 м высоту пристройки определяют по высоте ячеек под трансформаторы.

Полученную при горизонтальной планировке оборудования ширину здания округляют до стандартного значения пролета в большую сторону: 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24 м при ширине шага колонн 6 (12) м.

Толщина панелей ограждающих конструкций составляет $0,16 \div 0,24$ м.

Некоторые основные размеры элементов каркасной конструкции здания см. рис.6.2.

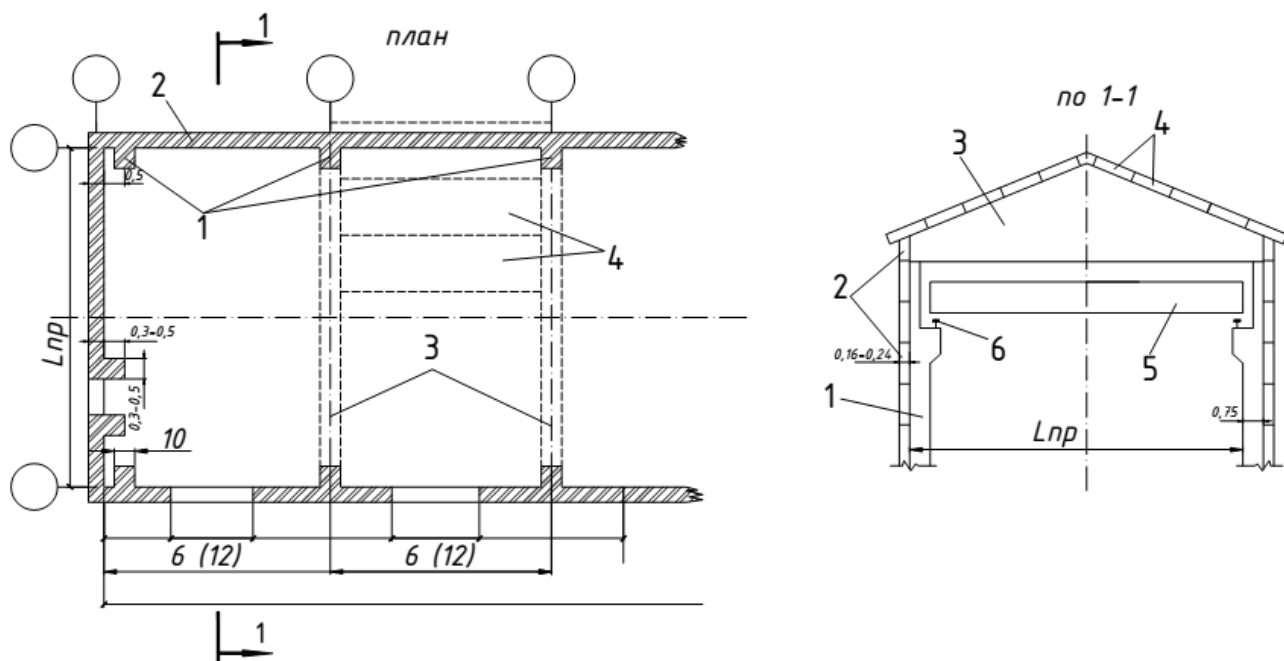


Рис.6.2. Наземное строение здания насосной станции каркасной конструкции

1 – колонны; 2 – стеновые панели; 3 – фермы (балки); 4 – плиты перекрытия;

5 – кран мостовой; 6 – подкрановый пульт (балки).

Площадь окон помещений с естественным освещением принимают не менее 12,5 % площади пола.

Ширину оконных проемов в машинном зале принимаю 300 см при высоте каждой секции окна 120 или 180 см. Ширину окон во вспомогательных помещениях можно принимать 90, 120 и 150 см.

Размеры ворот принимают в зависимости от вида транспортных средств и габаритов оборудования 3×3 ; $3,6 \times 3$; 4×3 ; $4 \times 4,2$; $4,8 \times 5,4$; $4,7 \times 5,6$ м.

Типовые двери имеют высоту 240 см при ширине 100, 150 и 200 см.

Внутренние перегородки вспомогательных помещений принимают толщиной 0,06 – 0,16 м.

Камеры трансформаторов и распределительных устройств от остальных помещений отделяют капитальными стенами толщиной 0,25 – 0,51 м.

На чертеже плана здания насосной станции вдоль наружных стен

проводятся три нитки размеров: размеры проемов и простенок, начиная с наружного угла здания; осевые размеры с привязкой первой и последней осей к наружным углам здания; контурные размеры здания, рис.6.2.

Показывают цепочки привязки оборудования и наружных трубопроводов. Указывают толщины капитальных стен. В плане здания со вспомогательными помещениями, разделяемыми перегородками, через все здание проводят внутреннюю размерную линию и указывают размеры помещений.

Оси технологического оборудования и трубопроводов привязывают к строительным осям и внутренним стенам здания. Указывают размеры проходов, балконов и расстояния между оборудованием.

7. Электрическая часть насосных станций

Электроснабжение насосных станций в большинстве случаев осуществляется от высоковольтных линий электропередач (ЛЭП). Напряжение тока ЛЭП выше, чем напряжение электрооборудования насосных станций, определяемое рабочим напряжением электродвигателей основных агрегатов.

Для получения электрического тока необходимого напряжения на насосных станциях предусматривают понижающие трансформаторные подстанции.

Основными звеньями понижающей подстанции являются силовые трансформаторы (Т) и распределительное устройство (высоковольтное – РУ и низковольтное – Щ). Электрическое оборудование понижающей подстанции чаще всего размещают в специальных помещениях наземной пристройки здания насосной станции.

Необходимую мощность силового трансформатора (кВА) определяют по формуле:

$$S = k_c \sum \frac{P_{дi}}{\eta_{дi} \cos\varphi}$$

где k_c – коэффициент спроса (одновременности работы электродвигателей): при двух электродвигателях – 1; при трех – 0,9; при четырех – 0,8; при пяти и более – 0,7;

$P_{дi}$ – номинальная мощность электродвигателей (без резерва);

$\eta_{дi}$ – КПД электродвигателя, принимаемый по мощности до 10 кВт – 0,85; до 50 кВт – 0,9; более 50 кВт – 0,92;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности электродвигателя ($\cos\varphi = 0,9 \div 0,93$).

Если освещение, электронагревательные приборы и другие потребители электроэнергии насосной станции питаются от силовых трансформаторов, то их мощность следует приплюсовывать к определяемой мощности силовых трансформаторов. В курсовых проектах нагрузку от вспомогательного оборудования можно принять 10÷50 кВа.

Для обеспечения полученной мощности подбирают не менее двух трансформаторов, учитывая, что при выходе из строя одного трансформатора допускается временная перегрузка оставшегося до 40 % его номинальной мощности.

Размеры камер для размещения трансформаторов определяют в зависимости от их мощности, табл. 7.1.

Таблица 7.1. Размеры камер для трансформаторов

Мощность трансформатора, кВА	Высота камеры	Вкатывание узкой стороной		Вкатывание широкой стороной	
160...250	3,6	3	2,3	2,4	2,9
400...630	3,6	3,5	2,3	3	3,5
750...1000	4,2	3,7	2,9	3	3,9
1350...1800	4,8	5,1	3,5	4	4,6

Размеры помещения под высоковольтное распределительное устройство (РУ) определяют в зависимости от конструкции оборудования.

Помещения для размещения низковольтного оборудования и управления насосной станцией (Щ) так же зависят от выбранной конструкции оборудования. Это помещение совмещают с диспетчерской службой. Площадь щитовой приближенно можно назначить из условия $4 \div 6 \text{ м}^2$ на один установленный насос для насосных станций второго подъема, $4 \div 5 \text{ м}^2$ – для насосных станций первого подъема, $3 \div 4 \text{ м}^2$ – для насосных станций водоотведения. Помещение должно иметь естественное освещение и окно в машинный зал.

Некоторые варианты компоновки электроподстанций см. [1,2].

В наземных пристройках зданий насосных станций одновременно с электроподстанцией komponуют другие служебные и бытовые помещения. Во всех отдельно стоящих насосных станциях должны быть: санитарный узел (унитаз и раковина) площадью 3 м^2 ; остекленные бытовые комнаты площадью $8-25 \text{ м}^2$. В насосных станциях с подачей более $40000 \text{ м}^3/\text{сут}$ следует предусматривать механические мастерские ($10-30 \text{ м}^2$). Все станции водоотведения и крупные водопроводные станции с подачей свыше $40000 \text{ м}^3/\text{сут}$ должны быть обеспечены душевыми ($4-6 \text{ м}^2$) и гардеробами ($6-9 \text{ м}^2$). Кроме того, на насосных станциях могут быть: кабинет начальника ($12-15 \text{ м}^2$) и кладовые ($6-10 \text{ м}^2$).

8. Проектирование насосных станций систем коммунального водоотведения

8.1 Подача насосной станции, режим работы и число рабочих насосов

Поступление сточных вод в систему водоотведения х/б стоков так же неравномерно, как и водопотребление. Колебание притока бытовых сточных вод характеризуется общим коэффициентом неравномерности ($K_{\text{общ}}$), который принимают по СНиП в зависимости от среднего расхода притока сточных вод.

Определение подачи насосной станции начинают с построения суточного графика почасового притока сточных вод (см. прил.1). В течение каждого часа приток принимают неизменным.

При наличии суточного графика почасового водоотведения определяют $q_{\text{ч,max}}$ и $q_{\text{ч,min}}$. Подачу насосной станции назначают равной $q_{\text{ч,max}}$, т.е.:

$$Q_{н.с} = \frac{Q_{сут} \cdot P_{max}}{100 \cdot 3.6}, \quad \text{л/с}$$

Где $Q_{сут}$ – величина среднесуточного притока сточных вод на насосную станцию, м³/сут; P_{max} – максимальный часовой приток в % по графику.

В отличие от водопроводных, режим работы насосных станций водоотведения циклический, т.е. в течение часа производят несколько включений и отключений насосов. Число включений зависит от способа управления – до пяти включений, а при ручном – три включения в час. При мощности агрегата более 50 кВт при автоматическом управлении рекомендуются три включения.

Чтобы избежать подбора насоса с подачей меньше минимального часового притока, число рабочих насосов на станции определяют отношением :

$$z = \frac{Q_{ч.маx}}{Q_{ч.мин}},$$

(с округлением в большую сторону).

При определении числа насосов следует стремиться, чтобы рабочих агрегатов было не более 3-4 и однотипных. Минимальное число агрегатов – 2. В отдельных случаях при обосновании допускается установка разнотипных насосов. Следует учитывать, что при отключении одного из трёх насосов, подача каждого из оставшихся работающих насосов увеличится на 6-10%, а при отключении двух насосов подача оставшегося насоса увеличивается на 13-16%. Действительную подачу насосов определяют из графика совместной работы насосов и водовода.

8.2 Определение вместимости регулирующей ёмкости приёмного резервуара

Чтобы обеспечить работу насосов в оптимальном режиме при неравномерном притоке сточной жидкой среды, необходима регулирующая ёмкость, вместимость которой должна обеспечить циклический график работы насосов при заданном числе включений в час.

Численное значение вместимости регулирующей ёмкости проще и с достаточной точностью можно определить графическим способом [1].

На листе миллиметровой бумаги в соответствующем масштабе строят совмещённый часовой интегральный график притока сточных вод в приёмный резервуар и её откачки (рис. 8.1). Линия ОЕ представляет график часа максимального притока. Чтобы получить максимальное значение регулирующей вместимости, строят график притока, равного 50% от максимального (линия Ое). Задаваясь числом включений насосов в час на линии Ое строят график откачки жидкой среды насосами, помня, что их суммарная подача равна $q_{ч.маx}$. В результате, каждый из отрезков а-ж, в-з и д-и по оси Q в масштабе графика равен максимальной величине регулирующего объёма.

Численное значение минимальной вместимости регулирующей ёмкости можно определить по формуле:

$$W_{\min} = \frac{W_{\text{пр}}}{n} \cdot \left(1 - \frac{W_{\text{пр}}}{Q_{\text{н.с}}} \right) ,$$

где $W_{\text{пр}}$ – минимальный часовой приток, м³ ;
 n – число включений в час ;
 $Q_{\text{н.с}}$ – часова подача насосной станции м³/ч.

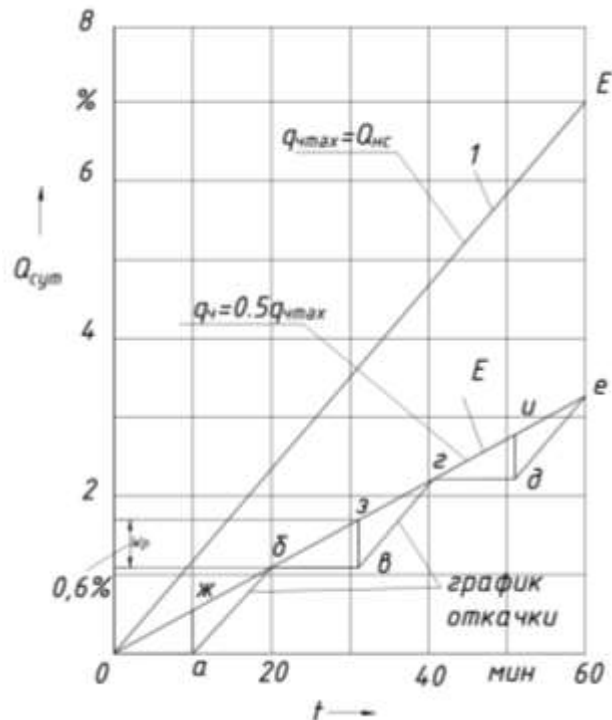


Рис 8.1. К определению вместимости регулирующего объема КНС.
 1 – график часа максимального притока; 2 – график часового периода, равного 50% от $q_{\text{ч.мах}}$; 3 – график откачки при трёх включениях в час.

8.3 Определение напора насосной станции

Прежде всего, следует нарисовать съему вертикальной и горизонтальной планировки с пьезометрической линией. Разбить на три расчётных участка ($h_{\text{п}}$, $h_{\text{вм}}$, $h_{\text{нв}}$), см. рис. 8.2.

Напор насосной станции водоотведения определяют по той же методике, что и в разделе 2 с учётом некоторых характерных особенностей.

Максимальный уровень воды в приёмной резервуаре принимают на отметке лотка подводящего коллектора. Глубина воды в приёмном резервуаре зависит от величины регулирующего объёма, но в общем, принимают 1,5- 2,5 м. Для станций с подачей до 25000 м³/сут, глубину можно принять равной 1,5 м. Тогда средний уровень воды в приёмном резервуаре, который принимают за расчётный, будет равен:

$$\downarrow \text{рез} = \downarrow \text{мах} - (0,75 \div 1,25\text{м})$$

Напор насосов определяют по формуле:

$$H = H_{\text{Г}} + H_{\text{И}} + h_{\text{н.с}} + h_{\text{вм}} + h_{\text{нв}} ,$$

где: $H_{\text{И}}$ – напор излива жидкой среды, 1м;
 $h_{\text{н.с}}$ – потери напора в насосной станции (принимают 1,5÷ 2,5 м)

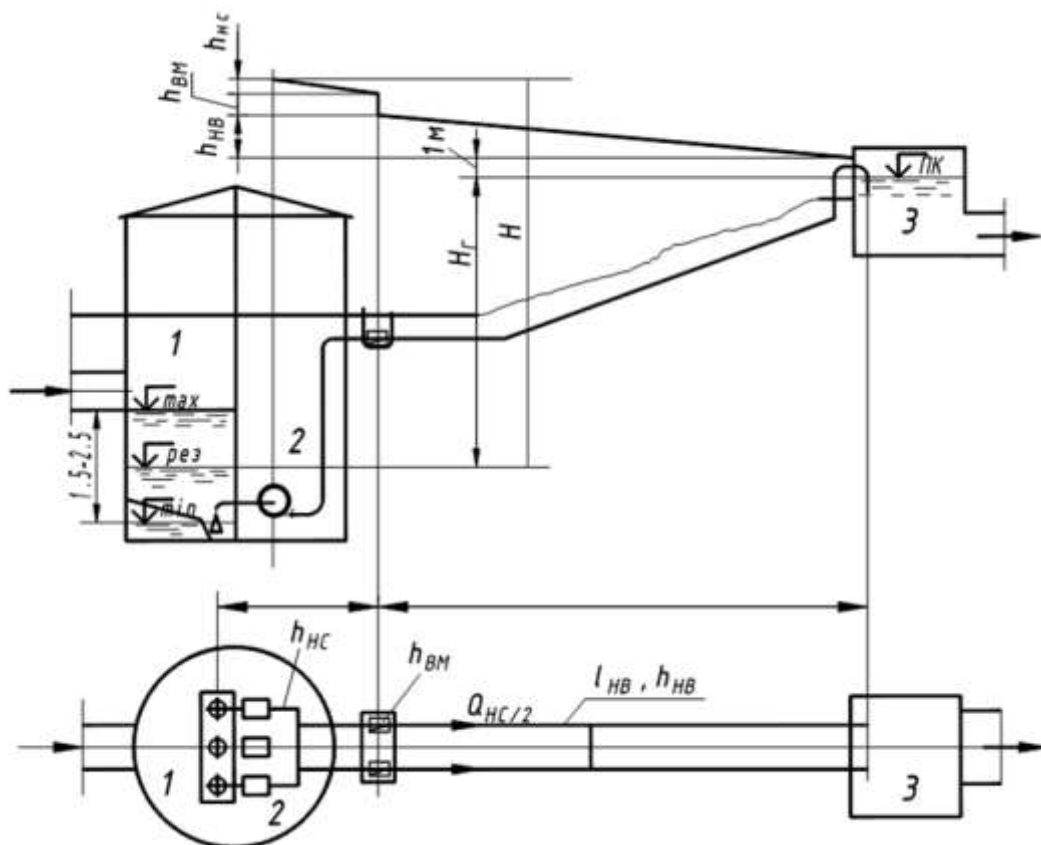


Рис 8.2 Схема к определению напора насосной станции водоотведения
 1-приёмный резервуар; 2- машинный зал; 3- приёмная камера очистных сооружений

Построение характеристики сети (водовода), подбор насосов и анализ их совместной (параллельной) работы на водовод выполняют так же, как и в соответствующих разделах при проектировании водопроводных станций, см. раздел 4.

Для определения фактического режима работы подобранных насосов при откачке жидкой среды из приёмного резервуара в условиях неравномерного притока рассчитывают график их работы.

Время работы каждого из z подобранных насосов при различных условиях определяют по формулам:

при часовом притоке ($Q_{пр}$) меньше подачи одного насоса (Q_I):

$$t = \frac{60Q_{пр}}{Q_I}, \text{ мин};$$

при часовом притоке ($Q_{пр}$) меньше подачи двух насосов (Q_{II}), но больше подачи одного насоса (Q_I):

$$t = \frac{60(Q_{пр} - Q_I)}{Q_{II} - Q_I}, \text{ мин};$$

при часовом притоке ($Q_{пр}$) меньше подачи трёх насосов (Q_{III}), но больше

подачи $(z - 1)$ насосов $(Q_{(z-1)})$:

$$t = \frac{60(Q_{\text{пр}} - Q_z)}{Q_z - Q_{(z-1)}}, \text{ мин};$$

В приведённых выше формулах значения притока $(Q_{\text{пр}})$ и подач насосов (Q_z) в л/с. Значения подач насосов берутся по данным рабочих точек из графика совместной работы насосов на водовод. Значение притока – по суточному графику. Расчёт графика

сводят в таблицу, представленную формой таблицы 8.1

Таблица 8.1. Режим работы насосов

Часы суток	Приток сточных вод		Откачка по данным раб. точек насосов марки ... = ... мм, л/с	Время работы насосов, мин			
	%	л/с		одного	двух	трех	
1	2	3	4	5	6	7	8

8.4 Размещение насосного оборудования

В плане насосные агрегаты размещают в один ряд параллельно капитальной стене, отделяющей машинный зал от приёмного резервуара. Все насосы оборудуют индивидуальными всасывающими трубами. Нагнетательные трубы насосов объединяют общим коллектором.

При откачке насосы включают (чаще автоматически) в зависимости от притока сточной жидкости. Если после включения одного (первого из Z) насоса уровень жидкой среды в резервуаре повышается, то включается второй насос и т.д. Таким же образом производится отключение насосов: сначала отключается один насос, если уровень воды продолжает снижаться, отключается второй насос и т.д. Уровни включения и выключения первого, второго и Z -го насосов располагают на 0,2 м один выше другого, рис 8.3. При автоматическом управлении на этих уровнях в резервуаре устанавливают датчики включения (вверху) и отключения (внизу).

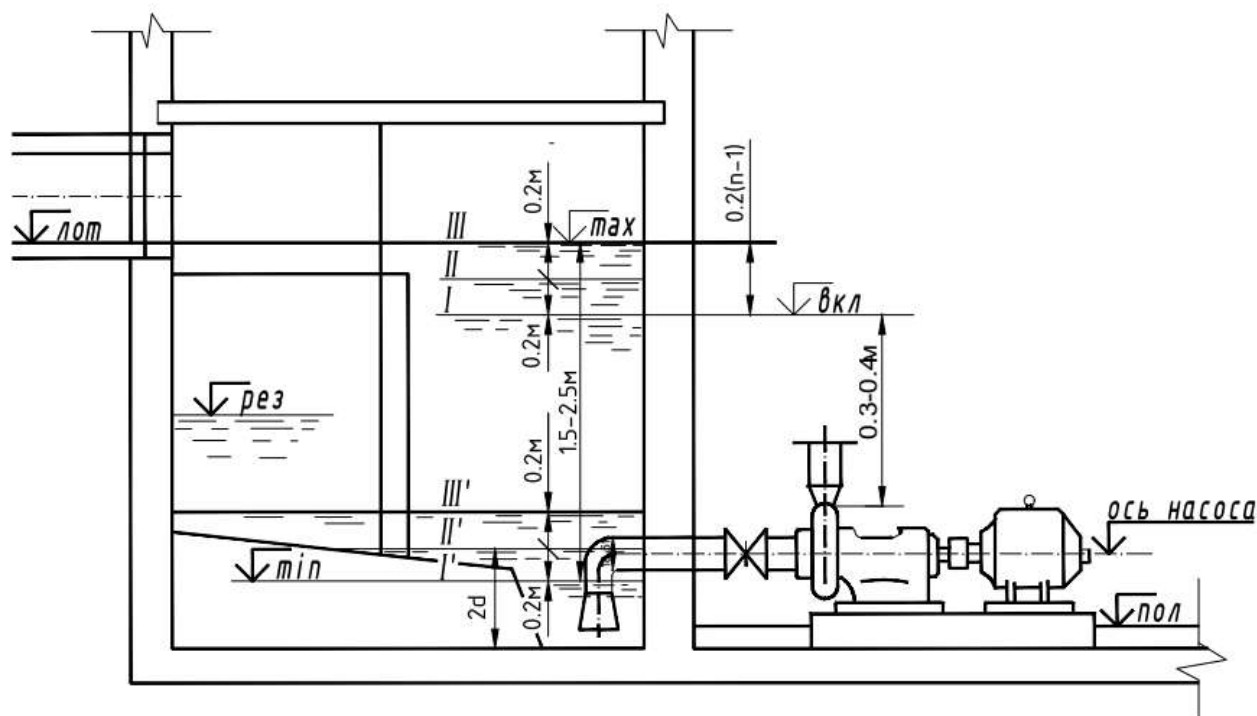


Рис 8.3 Схема высотного расположения насосов насосной станции водоотведения

Таким образом, уровень жидкой среды в приёмном резервуаре при включении первого насоса будет:

$$\downarrow \text{вкл} = \downarrow \text{max} - 0,2(z - 1) ,$$

где: z – число насосов.

В вертикальной плоскости корпуса насосов располагают под залив на $0,3 \div 0,4$ м от уровня включения первого насоса ($\downarrow \text{вкл}$).

После этого, пользуясь установочными чертежами и размерами (из каталогов) насосов, составляют схему вертикальной планировки оборудования и трубных коммуникаций. Определяют отметку пола машинного зала.

9. Проектирование здания насосных станций водоотведения

В подавляющем большинстве здания насосных станций водоотведения бывают заглубленного типа. Заглубление определяется положением подводящего самотёчного коллектора, величиной регулирующего объёма и глубиной жидкой среды приёмного резервуара.

В подземной части размещают машинное отделение и приёмный резервуар с механическим оборудованием.

Служебно-бытовые помещения, трансформаторная подстанция, мастерские и др. размещают в наземной части здания. Машинное отделение и приёмный резервуар разделяют глухой капитальной стеной до самой кровли. Сообщение с отделением приёмного резервуара осуществляется через плотно закрывающиеся двери, устроенные в верхней части здания на уровне земли.

Компоновку здания начинают с определения основных габаритных размеров машинного отделения: необходимой площади, ширины или диаметра,

высоты и др. На крупных насосных станциях, оборудованных вертикальными насосами, машинное отделение может занимать помещения в три этажа: помещение всасывающих труб, - для насосов, и – для электродвигателей [1].

По характерной массе насосного оборудования подбирают подъемно-транспортные механизмы и, определяя высоту помещения по формуле (6.1), решают вопрос о возможности устройства перекрытия над отделением насосов или электродвигателей, т.е. принимают вариант заглублённой или полузаглублённой схемы здания насосной станции (см. раздел 6). При заглублённом варианте в перекрытиях необходимо предусматривать монтажные проёмы для перемещения оборудования.

При известных монтажных и габаритных размерах оборудования и арматуры вычерчивают в масштабе план насосного помещения и определяют размеры подземной части здания. Подземную часть малых и средних станций принимают в виде круглой шахты, которую строят отпусковым способом. При малом заглублении подводящего коллектора (до 3 м) и отсутствии грунтовых вод более целесообразна прямоугольная форма, поскольку в прямоугольном помещении более удобно размещать оборудование.

При длине или диаметре подземной части здания до 9 м размеры в плане прямоугольных сооружений принимают кратными 1,5, а круглых – 1 м. Для больших насосных станций размеры следует принимать кратными 3 м.

Подбор оборудования приёмного резервуара см. [1,2].

Проектирование наземной части здания см. раздел 6 настоящих методических указаний.

Экономические расчёты при проектировании насосных станций см. [1,2].

Приложение 1

Распределение суточного расхода потребления и притока жидких сред по часам суток, %

Часы суток	Расходы воды населенных пунктов при коэффициенте неравномерности водопотребления (K _ч)							Распределение суточного притока быт. СВ при общем коэф-е неравном. притока K _{общ})		
	1,25	1,3	1,35	1,5	1,7	2	2,25	1,4	1,35	1,25
№№ вариантов	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 - 1	3,35	3,2	3	1,5	1	0,75	0,6	1,65	1,85	2
1 - 2	3,25	3,1	3,2	1,5	1	0,75	0,6	1,65	1,85	2
2 - 3	3,3	3,2	2,5	1,5	1	1	1,2	1,65	1,85	2
3 - 4	3,2	3,2	2,6	1,5	1	1	2	1,65	1,85	2
4 - 5	3,25	3,2	3,5	2,5	2	3	3,5	1,65	1,85	2
5 - 6	3,4	3,4	4,1	3,5	3	5,5	3,5	4,2	4,8	5,05
6 - 7	3,85	3,8	4,5	4,5	5	5,5	4,5	5,8	5	5,15
7 - 8	4,45	4,6	4,9	5,5	6,5	5,5	10,2	5,8	5	5,15
8 - 9	5,2	5,4	5,6	6,25	6,5	3,5	8,8	5,85	5,65	5,2
9 - 10	5,05	5	4,9	6,25	5,5	3,5	6,5	5,85	5,65	5,2
10 - 11	4,85	4,8	4,9	6,25	4,5	6	4,1	5,85	5,65	5,2
11 - 12	4,6	4,6	4,7	6,25	5,5	8,5	4,1	5,05	5,25	5,1
12 - 13	4,6	4,5	4,4	5	7	8,5	3,5	4,2	5	5
13 - 14	4,55	4,4	4,1	5	7	6	3,5	5,8	5,25	5,1
14 - 15	4,75	4,6	4,1	5,5	5	5	2	5,8	5,65	5,2
15 - 16	4,7	4,6	4,4	6	4,5	5	6,2	5,8	5,65	5,2
16 - 17	4,65	4,4	4,3	6	5	3,5	10,4	5,8	5,65	5,2
17 - 18	4,35	4,3	4,1	5,5	6,5	3,5	9,4	5,75	4,85	5,15
18 - 19	4,4	4,4	4,5	5	6,5	6	7,3	5,2	4,85	5,1
19 - 20	4,3	4,5	4,5	4,5	5	6	1,6	4,75	4,85	5,1
20 - 21	4,3	4,5	4,5	4	4,5	6	1,6	4,1	4,85	5,1
21 - 22	4,2	4,8	4,8	3	3	3	1	2,85	3,45	3,8
22 - 23	3,75	3,8	4,6	2	2	2	0,6	1,65	1,85	2
23 - 24	3,7	3,7	3,3	1,5	1	1	0,6	1,65	1,85	2
Итого:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Приложение 2

Характеристика насосных агрегатов типа СМ

Марка агрегата	Комплектующий эл/двигатель		Параметры характеристик			Габаритные размеры: длина, ширина, высота, мм	Макс. к
	марка	мощность, кВт	напор, м	подача, м ³ /ч	КПД, %		
1	2	3	4	5	6	7	8
СМ 100-65-250/4 (СД 80/18)	4АМ132S4У3 2В132SУ3	7,5	24	10	29	1350x350x560 1365x350x560	23
			20	50	60		29
			18	60	58		
СМ 100-65-200/4 (СД 50/10)	4А112М4У3 В112М4У3	5,5	14	35	64	1305x310x513 1433x310x513	20
			12	62	70		24
			10,5	75	68		
СМ 125-80-315/4 (СД 80/32)	4АМ180S4У3 В180S4У3	22	34	40	48	1645x400x668 1735x400x668	40
			32	80	62		42
			29	116	60		
СМ 100-65-200/4 (СД 100/40)	4А200М2У3 В200М2У3	37	56	60	60	1678x450x647 1748x475x732	42
			52	100	64		52
			47,5	125	60		
СМ 150-125-315/4 (СД 250/22)	4А200L4У3 В200L4У3	55	34,5	110	55	2190x517x775 2260x517x775	71
			32	200	63		82
			29,5	260	60		
СМ 200-150-500/4 (СД 450/56)	4А315М4У3 ВА02-280 4	200	85	130	50	2995x650x990 3000x650x990	22
			80	400	69		22
			78	450	66		
СМ 250-200-400/4 (СД 450/95)	4А355S4У3 ВА02-315М4У3	250	55	640	70	3130x720x1150 3045x720x1150	26
			50	800	72		26
			40	1000	68		
СМ 250-200-400/6 (СД 450/22,5)	4А280S6У3 В280S6У3	75	26,5	215	70	2910x720x1150 2880x720x1150	19
			23	540	72		21
			18	680	60		
СД 160-10 (D ₂ =300 мм, n=960 об/мин)	4А1606У3 1606У3	11	12	76	53	1415x60x640 1480x600x640	
			10	160	64		
			9	195	60		

Примечания:

1. Расшифровка марки агрегата: СМ – сточно-массовый; 100-6-250- диаметр всасывающего патрубка – диаметр нагнетательного парубка – диаметр рабочего колеса – D_2 ;

/2, /4, /6 – код частоты вращения рабочего колеса (2 – 2900, 4 – 1450, 6 – 960 об/мин).

2. В скобках указана предыдущая маркировка.

3 Раздел контроля знаний

[#Структура](#)

Перечень вопросов, выносимых на экзамен по учебной дисциплине «Насосные и воздухоудные станции»

1. Классификация насосов.
2. Технические параметры насосов, единицы их измерения.
3. Схема и принцип работы центробежных насосов.
4. Классификация центробежных насосов.
5. Геометрические параметры рабочего колеса центробежного насоса.
6. Движение жидкой среды в рабочем колесе центробежного насоса. Параллелограммы и треугольники скоростей.
7. Основное уравнение работы центробежного насоса.
8. Виды лопаток рабочего колеса центробежного насоса и влияние их формы на напор.
9. Идеальная и действительная подачи центробежного насоса.
10. Явление кавитации в насосах.
11. Коэффициент быстроходности насосов.
12. Характеристики центробежных насосов.
13. Влияние изменения частоты вращения рабочего колеса центробежного насоса на его характеристики.
14. Влияние изменения диаметра рабочего колеса центробежного насоса на его характеристики. Сводный график полей Q-H.
15. Работа центробежных насосов в системе трубопроводов.
16. Подбор насоса.
17. Регулирование подачи центробежных насосов.
18. Совместная работа центробежных насосов при их параллельном включении.
19. Параллельная работа насосов, находящихся на значительном расстоянии друг от друга.
20. Подбор насосов для их совместной работы на трубопровод при параллельном включении.
21. Совместная работа центробежных насосов при их последовательном включении.
22. Влияние изменения геометрической высоты подъёма жидкой среды на работу насоса.
23. Схема и принцип работы осевого насоса.
24. Элементы теории, напор и подача осевых насосов.
25. Характеристики осевых насосов, регулирование их подачи, маркировка.
26. Вихревые насосы. Схема, принцип работы и область применения.
27. Струйные насосы. Схема, принцип работы и область применения.
28. Шнековые насосы. Схема, принцип работы и область применения.
29. Вибрационные насосы. Схема, принцип работы и область применения.
30. Воздушные водоподъёмники. Схема, принцип работы и область применения.

31. Поршневые насосы. Схема, принцип работы и область применения.
32. Диафрагменные насосы. Схема, принцип работы и область применения.
33. Зубчатые насосы. Схема, принцип работы и область применения.
34. Шибберные насосы. Схема, принцип работы и область применения.
35. Основные схемы насосных станций первого подъёма на поверхностных источниках.
36. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъёма на поверхностных источниках.
37. Рабочие и резервные насосы станций первого подъёма на поверхностных источниках.
38. Противопожарные насосы станций первого подъёма на поверхностных источниках.
39. Размещение насосных агрегатов на станциях первого подъёма на поверхностных источниках.
40. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов насосных станций первого подъёма на поверхностных источниках.
41. Здания насосных станций первого подъёма на поверхности источников.
42. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъёма на подземных источниках.
43. Схемы насосных станций первого подъёма на подземном источнике.
44. Режим работы и подача насосных станций второго подъёма.
45. Определение напора насосных станций второго подъёма.
46. Выбор количества рабочих и резервных насосов на насосных станциях второго подъёма.
47. Противопожарные и специальные насосы на станциях второго подъёма.
48. Размещение насосного оборудования на станциях второго подъёма.
49. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов насосных станций второго подъёма.
50. Здания насосных станций второго подъёма.
51. Циркуляционные насосные станции. Схема, подача и напор.
52. Повысительные насосные станции. Схема, подача и напор.
53. Классификация канализационных насосных станций.
54. Выбор места размещения канализационных насосных станций
55. Режим работы, подача и напор канализационных насосных станций.
56. Определение регулирующей вместимости приёмного резервуара канализационных насосных станций.
57. Выбор рабочих и резервных насосов, размещение их в плане и вертикальной плоскости на канализационных насосных станциях.
58. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов канализационных насосных станций.
59. Приёмные резервуары канализационных станций и их обе
60. Здания канализационных насосных станций.
61. Общие сведения о воздуходушных и компрессорных машинах.
62. Динамические воздуходувки и компрессоры.
63. Объёмные воздуходувки и компрессоры.

64. Определение основных расчётных параметров воздухоудувных станций.
65. Подбор и компоновка основного и вспомогательного оборудования воздухоудувных станций.
66. Трубопроводная арматура насосных и воздухоудувных станций.
67. Оборудование для заливки насосов перед их запуском.
68. Дренажные и маслонапорные установки насосных станций.
69. Подъёмно-транспортное оборудование насосных и воздухоудувных станций.
70. Электродвигатели, применяемые для привода насосов и воздухоудувок.
71. Трансформаторные подстанции. Методика подбора силовых трансформаторов
72. Высоковольтное и низковольтное распределительные устройства трансформаторных подстанций.

4 Вспомогательный раздел

[#Структура](#)

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Насосные и воздухоудные сети» для специальности: 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор БрГТУ
_____ М.В. Нерода
«_____» _____ 2022 г.
Регистрационный № УД-_____ /уч.

Насосные и воздухоудувные станции

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1–70 04 03 Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов

2022

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-70 01 01-2019, утв. Постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 188 от 24.12.2019 и учебного плана специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», направления специальности.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В. Мороз, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, кандидат технических наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Г. Новосельцев, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции учреждения образования «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент;

С.А. Новик, главный специалист отдела комплексного проектирования №2 УП «Институт «Брестстройпроект».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., доцент С.Г. Белов,
(протокол № _____ от _____ 2022 г.)

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии

Председатель методической комиссии _____ к.т.н., доцент О.П. Мешик, (протокол № _____ от _____ 2022 г.);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № _____ от _____
_____ 2022 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Код компетенции СК-3.

«Насосные и воздухоудувные станции» – инженерная дисциплина, в которой изучаются особенности конструкции насосов и воздухоудувных станций, методы проектирования и подбора насосного оборудования для различного назначения на основе современных достижений науки и техники.

Цель преподавания учебной дисциплины – подготовка специалистов, способных решать комплексные инженерные задачи в области проектирования и эксплуатации насосных и воздухоудувных станций систем водоснабжения и водоотведения населенных мест и промышленных предприятий.

Задачи учебной дисциплины – приобретение студентами знаний и умений, необходимых для успешной работы в качестве инженера в области насосного и воздухоудувного оборудования систем водоснабжения и водоотведения. В результате изучения учебной дисциплины «Насосные и воздухоудувные станции» формируются следующие компетенции:

В результате изучения учебной дисциплины студент должен знать устройство, принцип работы и правила эксплуатации насосов, воздухоудувных машин, конструкцию сооружений насосных станций и организацию службы их эксплуатации. Должен уметь производить выбор и обоснование насосного и воздухоудувного оборудования, выполнять проектирование и расчет насосных и воздухоудувных станций систем водоснабжения и водоотведения, производить выбор и обоснование применения насосного и воздухоудувного оборудования, разрабатывать, производить проектирование и расчет насосных и воздухоудувных станций систем водоснабжения и водоотведения.

Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения курса:

«Сети водоотведения», «Сети водоснабжения», «Оборудование сооружений по очистке природных и сточных вод».

Для закрепления теоретического материала, овладения методикой проектирования и расчета предусмотрено проведение лабораторных и практических занятий по ключевым темам и выполнение курсового проекта.

План учебной дисциплины для дневной формы получения
высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1- 70 04 03	«Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»	2, 3	4, 5	240	6	118	68	16	34		60/ 2 з.е.	Зачет, экзамен

План учебной дисциплины для заочной формы получения
высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1- 70 04 03	«Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»	3	5, 6	240	6	28	16	4	8		60/ 2 з.е.	Зачет, экзамен

План учебной дисциплины для заочной формы получения
высшего образования, интегрированного со средним специальным
образованием

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1- 70 04 03	«Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»	2, 3	4, 5	240	6	118	12	6	8		60/ 2 з.е.	Зачет, экзамен

1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

1.1.1. Насосные и воздуходувные станции

Введение. Краткий исторический обзор развития насосостроения. Определение насосов и их классификация. Понятия: насосная установка, насосная станция, энергетический узел машинного водоподъема. Технические параметры, характеризующие работу насосов: подача, напор, мощность, полезная мощность, коэффициент полезного действия, высота всасывания (геометрическая, вакуумметрическая).

1.1.2. Центробежные насосы.

Принцип работы и основные схемы центробежных насосов. Геометрические параметры рабочего колеса. Классификация центробежных насосов. Движение жидкой среды в рабочем колесе центробежного насоса. Параллелограммы и треугольники скоростей. Основное уравнение работы центробежного насоса (уравнение Л.Эйлера). Влияние угла выхода потока из рабочего колеса насоса на его напор. Формы лопаток рабочего колеса насоса. Явление кавитации в насосах. Подобие насосов и формулы пересчета основных технических параметров. Коэффициент быстроходности насосов. Характеристики насосов (теоретические, действительные, графические, аналитические). Влияние изменения частоты вращения рабочего колеса насоса на его характеристики. Влияние срезки (обточки) рабочего колеса на его характеристики. Сводные графики полей Q-H насосов. Работа насосов в системе трубопроводов. Характеристика трубопровода (сети трубопроводов). Подбор насоса. Два метода регулирования подачи центробежных насосов. Совместная работа группы центробежных насосов при их параллельном включении. Совместная работа группы центробежных насосов при их последовательном включении. Насосы,

применяемые в области мелиорации и сельскохозяйственном водоснабжении.

1.1.3. Осевые насосы.

Схема и принцип работы осевых насосов. Элементы теории, подача и напор осевых насосов. Характеристики, регулирование подачи и маркировка осевых насосов.

1.1.4. Насосы трения и инерции.

Вихревые насосы, схема, принцип работы и область применения. Характеристики вихревых насосов. Вибрационные насосы, струйные насосы, воздушные насосы (эрлифты), шнековые насосы. Их схемы, принцип работы и область применения.

1.1.5. Объемные насосы.

Схемы и принцип работы поршневых, диафрагменных, зубчатых и шибберных насосов. Область применения насосов.

1.1.6. Насосные станции первого подъема.

Основные схемы насосных станций первого подъема на поверхностных источниках. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема, на поверхностных источниках. Рабочие и резервные насосы станций первого подъема на поверхностных источниках. Противопожарные насосы станций первого подъема на поверхностных источниках. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов насосных станций первого подъема на поверхностных источниках. Здания насосных станций первого подъема на поверхностных источниках. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема на подземных источниках. Схемы насосных станций первого подъема на подземном источнике. Режим работы и подача насосных станций второго подъема.

1.1.7. Насосные станции второго подъема.

Определение напора насосных станций второго подъема. Выбор количества рабочих и резервных насосов на насосных станциях второго подъема. Противопожарные и специальные насосы на станциях второго подъема. Размещение насосного оборудования на станциях второго подъема. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов насосных станций второго подъема. Здания насосных станций второго подъема. Циркуляционные насосные станции. Схема, подача и напор. Повысительные насосные станции. Схема, подача и напор.

1.1.8. Канализационные насосные станции.

Классификация канализационных насосных станций. Выбор места размещения канализационных насосных станций. Режим работы, подача и напор канализационных насосных станций. Определение регулирующей вместимости приёмного резервуара канализационных насосных станций. Выбор рабочих и резервных насосов, размещение их в плане и вертикальной плоскости на канализационных насосных станциях. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов канализационных насосных станций. Приёмные резервуары канализационных станций и их оборудование. Здания канализационных насосных станций.

1.1.9. Воздуходувные и компрессорные станции.

Здания канализационных насосных станций. Динамические воздуходувки и компрессоры. Объёмные воздуходувки и компрессоры. Определение основных расчётных параметров воздуходувных станций. Подбор и компоновка основного и вспомогательного оборудования воздуходувных станций.

1.1.10. Основное и вспомогательное оборудование насосных станций.

Определение расчетной подачи и напора насосных станций. Выбор числа насосных агрегатов. Размещение основных насосов в плане и вертикальной плоскости. Всасывающие и проводящие трубопроводы. Напорные трубопроводы, их проектирование и расчет. Трубопроводная арматура насосных станций. Оборудование для заливки насосов перед их запуском в работу. Дренажные и маслонапорные установки. Подъемно-транспортное оборудование.

1.1.11. Электрооборудование и электроснабжение насосных станций.

Электродвигатели, применяемые для привода насосов, методика их подбора. Трансформаторные подстанции. Методика подбора силовых трансформаторов.

1.1.12. Здания насосных станций.

Типы зданий насосных станций и условия их применения. Подземная часть зданий насосных станций. Верхнее строение зданий насосных станций.

1.2. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ, ИХ НАЗВАНИЕ

1.2.1 Изучение конструкции центробежных насосов.

1.2.2 Энергетические испытания центробежного насоса.

1.2.3 Исследование совместной работы центробежных насосов при их параллельном и последовательном включениях.

1.2.4 Исследование влияния изменения частоты вращения рабочего колеса центробежного насоса на его характеристики.

1.2.5 Исследование струйного насоса.

1.2.6 Ознакомление с компоновкой и работой насосной станции.

1.3 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

1.3.1 Технические параметры насосов.

1.3.2 Кинематика потока в рабочем колесе центробежного насоса.

1.3.3 Высота всасывания коэффициент быстроходности насоса.

1.3.4 Подбор насоса с пересчетом его характеристик.

1.3.5 Совместная работа насосов при их параллельном и последовательном включениях.

1.3.6 Расчет и построение характеристик сети с выбором оптимального количества насосных агрегатов.

1.3.7 Проектирование вертикальной и горизонтальной планировки здания насосной станции, расчет объемов сооружений (РЧВ, приемный резервуар КНС).

1.3.8 Подбор вспомогательного оборудования, подъемного оборудования, силовых трансформаторных подстанций.

2.ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Примерный перечень тем курсовых проектов

1. «Насосная станция второго подъема»

2. «Канализационная насосная станция»

Включает пояснительную записку на (25-30) страниц и графический материал на 1 листе формата А1. В состав пояснительной записки входят следующие разделы: определение расчетной подачи насосной станции; определение объемов и основных параметров РЧВ и ВБ; определение расчетного напора насосной станции; составление схемы вертикальной планировки; определение расчётных отметок уровней воды в резервуарах; проектирование и расчет всасывающих и нагнетательных водоводов; определение потерь напора во внутренних трубных коммуникациях насосной станции; подбор основных насосов и анализ их работы в сети; подбор резервных насосов; размещение насосов в плане; проектирование и расчет внутростанционных трубопроводов и подбор арматуры; электрическое оборудование насосной станцией; расчет мощности и подбор силовых трансформаторов; размещение насосных агрегатов в вертикальной плоскости; подбор подъемно-транспортного оборудования; определение строительной высоты здания насосной станции; определение размеров служебных помещений и трансформаторной подстанции. Графический материал включает план насосной станции и два разреза.

3.1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
	4 й - семестр						
1.1.	Краткий исторический обзор развития насосостроения. Определение насосов и их классификация.	2	2			2	зачет
1.2.	Основное уравнение ц/н (Уравнение Эйлера). Виды лопаток и влияние их формы на напор насоса. Идеальная и действительная подачи ц/н.	4	2			4	зачет
1.3.	Явление кавитации насоса. Коэффициент быстроходности насосов Характеристики насосов.	2	2			10	зачет
1.4.	Влияние изменения частоты вращения рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики Влияние изменения диаметра рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики. График полей Q-H. Работа ц/б насоса в системе трубопроводов	4	2			12	зачет

1	2	3	4	5	6	7	8
1.5.	Подбор насоса. Регулирование подачи ц/б насосов. Совместная работа разнотипных ц/б насосов при их параллельном включении	8	2			10	зачет
1.6.	Совместная работа ц/б насосов при их параллельном включении. Совместная работа ц/б насосов при их последовательном включении. Влияние изменения геометрической высоты подъема жидкой среды на работу насоса. Основные сведения о насосах, применяемых в системах водоотведения и водоснабжения.	4	6			8	зачет
1.7.	Осевые насосы. Схема и принцип работы осевых насосов. Элементы теории, подача и напор осевых насосов.	2				2	зачет
1.8.	Насосы трения и инерции. Вихревые насосы, схема, принцип работы и область применения.	4				2	зачет
1.9.	Объемные насосы. Схемы и принцип работы поршневых, диафрагменных, зубчатых и шибберных насосов.	4				2	зачет

1	2	3	4	5	6	7	8
	5 -й - семестр						
1.10.	Насосные станции первого подъема. Водопроводные насосные станции первого подъема на подземных источниках Схема водозаборного узла сооружений Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема. Схемы насосных станций первого подъема.	4	4			12	экзамен
1.11.	Основные схемы насосных станций первого подъема на поверхностных источниках. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема, на поверхностных источниках.	4	4			10	экзамен
1.12.	Насосные станции второго подъема. Определение напора насосных станций второго подъема. Выбор количества рабочих и резервных насосов на насосных станциях второго подъема. Схемы, режим работы, подача насосных станций второго подъема. Определение расчетного напора. Рабочие и резервные насосы. Противопожарные и специальные насосы. Размещение насосных агрегатов. Всасывающие и нагнетательные коммуникации.					12	экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8
1.13.	Повысительные насосные станции. Циркуляционные НС.	2				6	экзамен
1.14.	Канализационные насосные станции. Классификация канализационных насосных станций. Выбор места размещения канализационных насосных станций. Режим работы, подача и напор канализационных насосных станций.	4	4			12	экзамен
1.15.	Воздуходувные и компрессорные станции. Динамические воздуходувки и компрессоры.	2				10	экзамен
1.16.	Трубопроводная арматура. Оборудование для заливки насосов перед их запуском в работу. Система технического водоснабжения. Дренажные насосные установки. Маслонапорные насосные установки. Подъемно-транспортное оборудование.	2	4			2	экзамен
1.17.	Основное и вспомогательное оборудование насосных станций. Определение расчетной подачи и напора насосных станций.	2	2			2	экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8
1.18.	Электрооборудование и электроснабжение насосных станций. Электродвигатели, применяемые для привода насосов, методика их подбора.	2	4			2	экзамен
1.19.	Здания насосных станций. Типы зданий насосных станций и условия их применения.	2	2			2	экзамен

Заочная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
	5-й - семестр						
1.1.	Определение насосов и их классификация. Основное уравнение ц/н (Уравнение Эйлера). Виды лопаток и влияние их формы на напор насоса.	2				10	зачет
1.2.	Влияние изменения частоты вращения рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики Влияние изменения диаметра рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики. График полей Q-H. Работа ц/б насоса в системе трубопроводов	2	2			18	зачет

1	2	3	4	5	6	7	8
1.3.	Совместная работа ц/б насосов при их параллельном включении. Совместная работа ц/б насосов при их последовательном включении. Влияние изменения геометрической высоты подъема жидкой среды на работу насоса.	2	2			30	зачет
1.4.	Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема. Схемы насосных станций первого подъема. Насосные станции второго подъема. Определение напора насосных станций второго подъема. Выбор количества рабочих и резервных насосов на насосных станциях второго подъема. Схемы, режим работы, подача насосных станций второго подъема.	4				30	зачет
1.5.	Канализационные насосные станции. Классификация канализационных насосных станций. Режим работы, подача и напор канализационных насосных станций.	4				30	зачет
1.6.	Воздуходувные и компрессорные станции. Динамические воздуходувки и компрессоры.	2				30	зачет

1	2	3	4	5	6	7	8
	6-й - семестр						
1.7.	Характеристика ц/б насоса. Влияние изменения частоты вращения рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики			2		16	экзамен
1.8.	Влияние изменения диаметра рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики.			2		16	экзамен
1.9.	Определение напора водопроводных насосных станций. Выбор количества рабочих и резервных насосов.			2		16	экзамен
1.10	Выбор места размещения канализационных насосных станций. Режим работы, подача и напор канализационных насосных станций.			2		16	экзамен

*Заочная форма получения
высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
	5-й - семестр						
1.1.	Насосные станции первого подъема. Водопроводные насосные станции первого подъема на подземных источниках Схема водозаборного узла сооружений Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъема. Схемы насосных станций первого подъема.	4	2			20	зачет

1	2	3	4	5	6	7	8
1.2.	<p>Насосные станции второго подъема. Определение напора насосных станций второго подъема. Выбор количества рабочих и резервных насосов на насосных станциях второго подъема.</p> <p>Схемы, режим работы, подача насосных станций второго подъема.</p> <p>Определение расчетного напора.</p> <p>Рабочие и резервные насосы.</p> <p>Противопожарные и специальные насосы.</p> <p>Размещение насосных агрегатов.</p> <p>Всасывающие и нагнетательные коммуникации.</p>	4	2			30	зачет
1.3	<p>Канализационные насосные станции.</p> <p>Классификация канализационных насосных станций. Выбор места размещения канализационных насосных станций. Режим работы, подача и напор канализационных насосных станций.</p>	4	2			30	зачет
	6-й - семестр						
1.4.	<p>Характеристика ц/б насоса.</p> <p>Влияние изменения частоты вращения рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики</p>			2		10	экзамен
1.5.	<p>Влияние изменения диаметра рабочего колеса ц/б насоса на его характеристики.</p>			2		10	экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8
1.6.	Определение напора водопроводных насосных станций. Выбор количества рабочих и резервных насосов.			2		10	экзамен
1.7.	Выбор места размещения канализационных насосных станций. Режим работы, подача и напор канализационных насосных станций.			2		12	экзамен

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 4.1.1. Моргунов, К.П. Насосы и насосные станции : учебное пособие / К.П. Моргунов. – Изд. 3-е, стер. – СПб. : Лань, 2019. – 307 с.
- 4.1.2. Карелин, В.Я. Насосы и насосные станции : учебник для вузов / В.Я. Карелин, А.В. Минаев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: БАСНЕТ, 2010. – 448 с. : ил.
- 4.1.3. Комков, В.А. и др. Насосные и воздухоудувные станции : учебник / В.А. Комков, Н.С. Тимахова. – М., 2009. – 253 с.
- 4.1.4. Рычагов В.В. и др. Проектирование насосных станций и испытании насосных установок: учебник / В.В. Рычагов, В.Ф. Чебаевский. – М.: «Колос», 2000. – 320 с.

4.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 4.2.1. Карасев Б.В. Насосные и воздухоудувные станции: Учебное издание – Минск: Выш. школа, 1990.
- 4.2.2. Залуцкий Э.В., Петрухно А.И. Насосные станции: курсовое проектирование. – Киев: Выш. Школа, 1987.
- 4.2.3. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат, 1986.
- 4.2.4. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1984.
- 4.2.5. Оборудование водопроводно-канализационные сооружений. Под ред. Москвина А.С. – М.: Стройиздат, 1979.
- 4.2.6. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации. Под ред. Перешивкина А.К. – М.: Стройиздат, 1978.
- 4.2.7. СТБ 2255-2012. Основные требования к документации строительного проекта.
- 4.2.8. СН 4.01.01-2019 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – ; Введ. 31.10.2019. – Мн. : Мин-во архит. и стр-ва РБ, 2020. – 78 с.
- 4.2.9. СН 4.04.02-2019 Канализация. Наружные сети и сооружения. –; Введ. 31.10.2019. – Мн. : Мин-во архит. и стр-ва РБ, 2020. – 89 с.

4.3. ПЕРЕЧЕНЬ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине используется следующий диагностический инструментарий:

- промежуточные аттестации;
- устный опрос на практических и лабораторных занятиях.

4.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Основной учебной работой студента является самостоятельная работа в течении всего срока обучения. Начинать изучение дисциплины необходимо с ознакомления с целями и задачами дисциплины, а также знаниями и умениями, приобретаемыми в процессе изучения ее. Далее следует проработать рекомендуемую литературу, рассмотрев темы лекционных, практических и лабораторных занятий. Все непонятные вопросы по дисциплине студент может узнать на консультациях.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

1. Технические параметры, характеризующие работу насосов: подача, напор, мощность, полезная мощность, коэффициент полезного действия, высота всасывания (геометрическая, вакуумметрическая) – 8 ч.
2. Движение жидкой среды в рабочем колесе центробежного насоса. Параллелограммы и треугольники скоростей – 8 ч
3. Влияние срезки (обточки) рабочего колеса на его характеристики – 4 ч.
4. Сводные графики полей Q-H насосов– 6 ч.
5. Совместная работа группы центробежных насосов при их параллельном включении– 6 ч.
6. Совместная работа группы центробежных насосов при их последовательном включении– 6 ч.
7. Элементы теории, подача и напор осевых насосов– 2 ч.
8. Вихревые насосы – 4 ч
9. Объемные насосы– 4 ч.
10. Схемы и принцип работы поршневых, диафрагменных, зубчатых и шиберных насосов– 8 ч.
11. Насосные станции первого подъема– 12 ч.
12. Основные схемы насосных станций первого подъема на поверхностных источниках– 4 ч.
13. Насосные станции второго подъема– 14 ч.
14. Канализационные насосные станции– 12 ч.
15. Воздуходувные и компрессорные станции– 12 ч.
16. Основное и вспомогательное оборудование насосных станций– 4 ч.
17. Электрооборудование и электроснабжение насосных станций– 4 ч.
18. Здания насосных станций– 4 ч.

Перечень экзаменационных вопросов
по курсу «Насосные и воздуходувные станции».

1. Классификация насосов.
2. Технические параметры насосов, единицы их измерения.
3. Схема и принцип работы центробежных насосов.
4. Классификация центробежных насосов.
5. Геометрические параметры рабочего колеса центробежного насоса.
6. Движение жидкой среды в рабочем колесе центробежного насоса.
7. Параллелограммы и треугольники скоростей.
8. Основное уравнение работы центробежного насоса.
9. Виды лопаток рабочего колеса центробежного насоса и влияние их формы на напор.
10. Идеальная и действительная подачи центробежного насоса.
11. Явление кавитации в насосах.
12. Коэффициент быстроходности насосов.
13. Характеристики центробежных насосов.
14. Влияние изменения частоты вращения рабочего колеса центробежного насоса на его характеристики.
15. Влияние изменения диаметра рабочего колеса центробежного насоса на его характеристики. Сводный график полей Q-H.
16. Работа центробежных насосов в системе трубопроводов.
17. Подбор насоса.
18. Регулирование подачи центробежных насосов.
19. Совместная работа центробежных насосов при их параллельном включении.
20. Параллельная работа насосов, находящихся на значительном расстоянии друг от друга.
21. Подбор насосов для их совместной работы на трубопровод при параллельном включении.
22. Совместная работа центробежных насосов при их последовательном включении.
23. Влияние изменения геометрической высоты подъёма жидкой среды на работу насоса.
24. Схема и принцип работы осевого насоса.
25. Элементы теории, напор и подача осевых насосов.
26. Характеристики осевых насосов, регулирование их подачи, маркировка.
27. Вихревые насосы. Схема, принцип работы и область применения.
28. Струйные насосы. Схема, принцип работы и область применения.
29. Шнековые насосы. Схема, принцип работы и область применения.
30. Вибрационные насосы. Схема, принцип работы и область применения.
31. Воздушные водоподъёмники. Схема, принцип работы и область применения.
32. Поршневые насосы. Схема, принцип работы и область применения.
33. Диафрагменные насосы. Схема, принцип работы и область применения.

34. Зубчатые насосы. Схема, принцип работы и область применения.
35. Шибберные насосы. Схема, принцип работы и область применения.
36. Основные схемы насосных станций первого подъёма на поверхностных источниках.
37. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъёма, на поверхностных источниках.
38. Рабочие и резервные насосы станций первого подъёма на поверхностных источниках.
39. Противопожарные насосы станций первого подъёма на поверхностных источниках.
40. Размещение насосных агрегатов на станциях первого подъёма на поверхностных источниках.
41. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов насосных станций первого подъёма на поверхностных источниках.
42. Здания насосных станций первого подъёма на поверхностных источниках.
43. Режим работы, подача и напор насосных станций первого подъёма на подземных источниках.
44. Схемы насосных станций первого подъёма на подземном источнике.
45. Режим работы и подача насосных станций второго подъёма.
46. Определение напора насосных станций второго подъёма.
47. Выбор количества рабочих и резервных насосов на насосных станциях второго подъёма.
48. Противопожарные и специальные насосы на станциях второго подъёма.
49. Размещение насосного оборудования на станциях второго подъёма.
50. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов насосных станций второго подъёма.
51. Здания насосных станций второго подъёма.
52. Циркуляционные насосные станции. Схема, подача и напор.
53. Повысительные насосные станции. Схема, подача и напор.
54. Классификация канализационных насосных станций.
55. Выбор места размещения канализационных насосных станций.
56. Режим работы, подача и напор канализационных насосных станций.
57. Определение регулирующей вместимости приёмного резервуара канализационных насосных станций.
58. Выбор рабочих и резервных насосов, размещение их в плане и вертикальной плоскости на канализационных насосных станциях.
59. Проектирование всасывающих и нагнетательных трубопроводов канализационных насосных станций.
60. Приёмные резервуары канализационных станций и их оборудование.
61. Здания канализационных насосных станций.
62. Общие сведения о воздуходушных и компрессорных машинах.
63. Динамические воздуходувки и компрессоры.
64. Объёмные воздуходувки и компрессоры.
65. Определение основных расчётных параметров воздуходушных станций.

66. Подбор и компоновка основного и вспомогательного оборудования воздухоудвнных станций.
67. Трубопроводная арматура насосных и воздухоудвнных станций.
68. Оборудование для заливки насосов перед их запуском.
69. Дренажные и маслонапорные установки насосных станций.
70. Подъёмно-транспортное оборудование насосных и воздухоудвнных станций.
71. Электродвигатели, применяемые для привода насосов и воздухоудвнок.
72. Трансформаторные подстанции. Методика подбора силовых трансформаторов.
73. Высоковольтное и низковольтное распределительные устройства трансформаторных подстанций.