

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Методические указания
по выполнению самостоятельной работы

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2013

УДК 628.292(075.8)

ББК 38.761.2я73

P24

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – заслуженный мелиоратор РФ,
кандидат технических наук,
профессор И.М. Крышов

P24 Расчет и проектирование канализационной насосной
станции: метод. указания по выполнению самостоятельной
работы / Л.В. Круглов, С.Л. Круглов, А.Г. Ежов. –
Пенза: ПГУАС, 2013. – 40 с.

Приведены основные рекомендации по расчету и проектированию канализационной насосной станции с использованием типовых проектов и элементов исследований.

Методические указания направлены на освоение методов проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, включая методики инженерных расчетов систем, объектов и сооружений.

Методические указания подготовлены на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Персональная творческая мастерская под руководством АА. Бреусова» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению 270800 «Строительство» (бакалавриат).

© Пензенский государственный
университет архитектуры и строительства, 2013
© Круглов Л.В., Круглов С.Л.,
Ежов А.Г., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Отведение и очистка загрязненных вод с целью их повторного использования, охрана и защита природных источников имеют большое значение для общества.

Экономичность и эффективность систем канализации городских и сельских населенных пунктов в значительной степени определяются правильным выбором основного и вспомогательного оборудования насосных станций, надежностью их работы и эксплуатационными показателями установленных агрегатов.

Выполнение курсового проекта является довольно сложной задачей, так как студентам приходится комплексно решать вопросы по расчету и увязке работы отдельных элементов систем канализации, рациональному выбору и компоновке технологического оборудования насосной станции, разработке строительных конструкций здания насосной станции, оборудованию электрического хозяйства насосной станции и другие.

Это требует от студентов хорошей подготовки по ряду общетехнических и специальных дисциплин: гидравлике, электротехнике, инженерной геодезии, геологии и гидрогеологии, основаниям и фундаментам, архитектуре, строительным конструкциям.

При выполнении курсового проекта по насосным станциям необходимо также постоянно руководствоваться положениями строительных норм и правил (СНиП), учебной и справочной литературой, рекомендованными в данных указаниях, специальной литературой и типовыми проектами насосных станций.

В данных методических указаниях изложена методика составления проекта канализационной насосной станции. Указания могут использоваться студентами при курсовом проектировании или при разработке соответствующего раздела дипломного проекта.

1. НАЗНАЧЕНИЕ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

По характеру перекачиваемых вод канализационные насосные станции подразделяются на станции для перекачки хозяйственно-бытовых, производственных и ливневых вод, их смесей и для перекачки ила.

Насосные станции устраивают в тех случаях, когда рельеф местности не позволяет отводить бытовые и производственные сточные воды самотеком к очистным сооружениям, а также, когда стоки необходимо перекачивать в самотечный коллектор, лежащий на более высоких отметках. Место расположения насосной станции в общей схеме водоотведения выбирают с учетом планировочных, санитарных, геологических, гидрогеологических и топографических условий местности. Насосную станцию следует располагать в отдельно стоящем здании не ближе 15, 20 или 30 м от ее застройки в зависимости от суточной производительности.

В системах водоотведения городов обычно имеются насосные станции главные и районные.

Главные насосные станции служат для подачи бытовых и производственных сточных вод непосредственно на очистные сооружения.

Районные насосные станции поднимают сточную воду от части города (района) в вышерасположенный коллектор или в главный коллектор, или на очистные сооружения. В некоторых случаях строят подкачивающие насосные станции на трассе главного или бассейнового коллектора при достижении глубины их заложения более 6 м. Для канализационных насосных станций разработаны типовые проекты с применением насосов типа СД, СДВ.

Места расположения насосных станций определяются при составлении схемы водоотведения населенного пункта, как правило, в самых низких точках территории канализуемого объекта, вблизи водоемов.

Тип станции выбирается в зависимости от суточной подачи, характера перекачиваемых стоков, глубины заложения подводящего коллектора и гидрогеологических условий. Канализационные насосные станции бывают двух типов: совмещенного и с отдельным приемным резервуаром (рис.1).

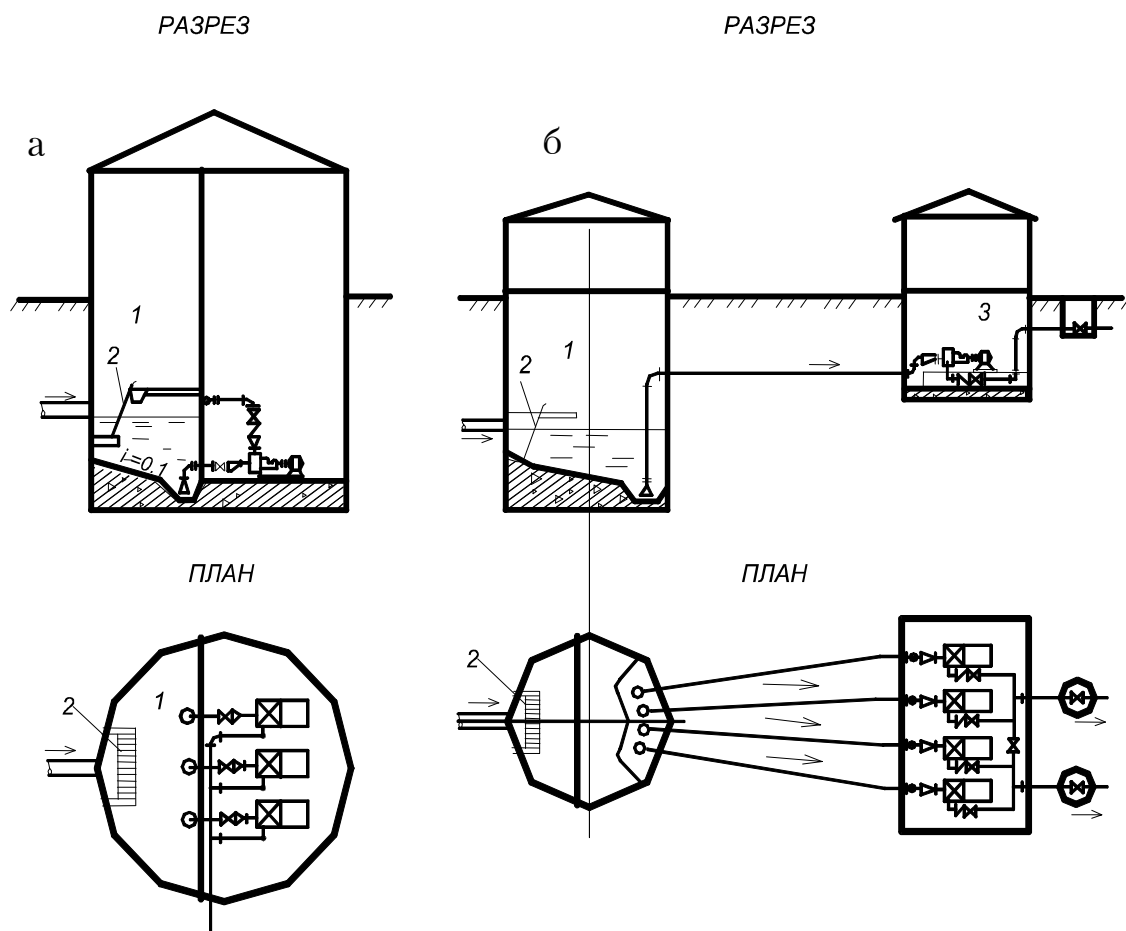


Рис. 1. Схемы канализационных насосных станций:
 а – совмещенного типа; б – с отдельным резервуаром;
 1 – приемный резервуар; 2 – сороудерживающая решетка;
 3 – машинное отделение

Станции с отдельно расположенным приемным резервуаром целесообразно принимать при большой глубине заложения подводящего коллектора, при этом приемный резервуар устраивается на расстоянии 5–8 м от здания или при перекачке сточных вод, в составе которых могут находиться ядовитые вещества.

Для большинства канализационных насосных станций приемлем совмещенный тип станций, в которых приемный резервуар и машинный зал расположены в одном здании, но разделены глухой водонепроницаемой перегородкой. Форма здания в плане может быть прямоугольной при неглубоком залегании подводящего коллектора (до 3–4 м) и строительстве открытым способом в сухих устойчивых грунтах. Глубокие станции целесообразно строить опускным способом с подземной шахтой круглой формы.

В станциях совмещенного типа насосы, как правило, располагаются под самозаливом, т.е. ось насоса размещается ниже горизонта воды в резервуаре.

В состав помещений насосной станции входят: приемный резервуар с решетками и дробилками, машинное отделение, где размещены насосные агрегаты, и производственно-вспомогательные и бытовые помещения. Помещение решеток и машинное отделение оборудуются подъемно-транспортными средствами. В насосных станциях предусматривается приточно-вытяжная вентиляция.

2. ВЫБОР МАРКИ И КОЛИЧЕСТВА НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

2.1. Определение расхода насосной станции

Для этого необходимо выписать значения часового водопритока в соответствии с заданным или выбранным коэффициентом неравномерности и составить таблицу режима водопритока по часам суток.

Канализационная насосная станция (КНС) должна обеспечивать отведение расчетного (максимального) притока сточных вод к насосной станции.

Для определения максимального часового притока сточных вод сначала находится среднесуточный расход $Q_{сут}$, м³/сут, по формуле

$$Q_{сут} = \frac{q_{ж} \cdot N}{1000}, \quad (2.1)$$

где $q_{ж}$ – норма водоотведения, л/чел.-сут, определяемая в зависимости от степени благоустройства зданий и климатических условий населенного пункта;

N – расчетное количество жителей в населенном пункте.

Зная среднесуточный расход, определяют средний часовой, м³/ч, и средний секундный, л/с, расходы по зависимостям:

$$q_{ср.ч} = \frac{Q_{сут}}{24}; \quad (2.2)$$

$$q_{ср.с} = \frac{q_{ср.ч} \cdot 1000}{3600}. \quad (2.3)$$

По среднему секундному расходу определяется общий коэффициент неравномерности притока сточных вод к насосной станции $\kappa_{общ}$ (прил. 1) и по данным примерного среднесуточного распреде-

ления бытовых сточных вод (прил. 2) строится ступенчатый график притока сточных вод к канализационной насосной станции. С учетом $\kappa_{\text{общ}}$ находится максимальный часовой приток стоков $q_{\text{max.ч}}$, м³/ч, по формуле

$$q_{\text{max.ч}} = \kappa_{\text{общ}} \cdot q_{\text{ср.ч}} \quad (2.4)$$

Расчетный секундный расход $q_{\text{расч}}$, л/с, вычисляется по формуле

$$q_{\text{расч}} = \frac{q_{\text{max.ч}} \cdot 1000}{3600} \quad (2.5)$$

Расчетная производительность насосной станции, л/с, принимается равной максимальному секунднему притоку или несколько превышает его, т.е.

$$Q_{\text{н.с}} \geq \frac{Q_{\text{макс}} \cdot 1000}{3600}, \quad (2.6)$$

где $Q_{\text{макс}}$ – максимальный часовой приток, м³/ч;

$Q_{\text{н.с}}$ – расчетная производительность насосной станции, л/с.

2.2. Выбор количества рабочих насосов и определение режима работы насосов

Для предварительного нахождения количества насосов необходимо проанализировать приток сточной жидкости по часам суток. В этом случае следует минимальный и максимальный притоки сравнить с притоком в другие часы. Затем, принимая за подачу одного насоса минимальный приток, находим необходимое число насосов.

Минимальный приток не всегда является подачей одного насоса. Иногда подача насоса может оказаться больше минимального притока и при этом хорошо согласовываться с графиком водоотведения в другие часы суток.

При определении числа насосов следует стремиться, чтобы число рабочих агрегатов не превышало 4-х.

Выбор количества насосов надлежит производить с учетом их совместной работы с трубопроводами системы. Необходимо иметь в виду, что более мощные насосы обладают также и высоким КПД. Однако, установка на станции малого числа мощных агрегатов влечет за собой увеличение мощности резерва на станции.

В некоторых случаях для определения количества агрегатов может потребоваться проведение графического анализа совместной работы насосов с трубопроводами и рассмотрение разных вариантов оснащения станции рабочими агрегатами, а также их технико-экономическое сравнение.

Для выбора количества рабочих насосов можно придерживаться следующих правил:

1. На канализационных насосных станциях при средней производительности до 25000 м³/сут устанавливают не менее 2-х рабочих насосов; при больших производительностях принимаются к установке 3-4 рабочих насоса – не более;

2. Количество рабочих агрегатов канализационной насосной станции можно также принимать из условия покрытия максимального часового водопритока:

$$n = \frac{P_{\text{ч}}^{\text{max}}}{P_{\text{ч}}^{\text{min}}}, \quad (2.7)$$

где n – число рабочих агрегатов (округляется до целого числа);
 $P_{\text{ч}}^{\text{min}}$ – минимальное часовое водопотребление (водоприток).

В случае, если число рабочих агрегатов будет больше пяти, рекомендуется принимать к установке 4-5 агрегатов.

При выключении из параллельной работы отдельных центробежных насосов, как правило, подача оставшихся в работе насосов увеличивается, уменьшается величина кавитационного запаса, а потребляемая мощность возрастает.

Рабочие точки подачи насосов при их параллельной и индивидуальной работе могут быть установлены графоаналитическим путем.

Для ориентировочного учета влияния параллельной работы на подачу насосов можно пользоваться следующими значениями коэффициента параллельности:

- а) при работе 2-х насосов и выключении одного – $\kappa_n = 1,11$;
- б) при работе 3-х насосов и выключении двух – $\kappa_n = 1,18$;
- в) при работе 4-х насосов и выключении трех – $\kappa_n = 1,25$.

Расчетная подача насосов с учетом параллельной работы и в зависимости от единиц измерения определяется по формулам:

$$Q_p = \frac{Q_{\text{н.с}} \cdot \kappa_n}{n}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad Q_p = \frac{Q_{\text{н.с}} \cdot \kappa_n}{3600 \cdot n}, \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_p = \frac{Q_{\text{н.с}} \cdot \kappa_n}{3,6 \cdot n}, \text{ л/с}. \quad (2.8)$$

Основой для назначения режима работы насосных станций является график притока сточных вод по часам суток.

При проектировании насосных станций необходимо назначить и просчитать несколько вариантов режима работы насосов, накладывая их на график притока сточных вод. Выбор оптимального режима работы насосов производится по результатам технико-экономического сравнения рассмотренных вариантов.

Оптимальному варианту будет соответствовать минимальная регулирующая емкость приемного резервуара с наименьшей частотой включения и отключения насосов.

Назначать число ступеней и продолжительность работы насосов рекомендуется так, чтобы:

- 1) график работы насосной станции максимально приближался к графику притока сточных вод;
- 2) число ступеней работы насосов было минимальным (2-3);
- 3) подача насосами в каждой ступени не отличалась более чем на 15 %, чтобы обеспечить установку насосов одной марки.

2.3. Установление количества резервных насосов

В канализационных насосных станциях для перекачки бытовых сточных вод надлежит предусматривать установку резервных насосов в зависимости от количества рабочих насосов и категории надежности насосной станции (табл. 2.1).

Т а б л и ц а 2.1

Количество резервных насосных агрегатов
в канализационных насосных станциях

Бытовые и близкие к ним по составу производственные сточные воды				Агрессивные сточные воды	
Количество насосов					
рабочих	резервных при категории надежности насосных станций			рабочих	резервных при всех категориях надежности насосных станций
	I	II	III		
1	2	3	4	5	6
1	2	1	1	1	1 и 1 на складе
2	2	1	1	2...3	2
3 и более	2	2	1 и 1 на складе	4	3
-	-	-	-	5 и более	не менее 50 %

Категория надежности насосных станций устанавливается согласно СНиПу. В курсовом проекте к I категории надежности можно отнести насосные станции с производительностью $Q_{\text{сум}}^{\text{max}} \geq 40000 \text{ м}^3$, ко II категории – $3000 \text{ м}^3 \leq Q_{\text{сум}}^{\text{max}} < 40000 \text{ м}^3$, к III категории – $Q_{\text{сум}}^{\text{max}} < 3000 \text{ м}^3$.

2.4. Определение расчетного напора рабочего насоса

Для выбора насосных агрегатов, кроме подачи, необходимо знать второй параметр насоса H – напор, м, определяемый по формуле

$$H = H_{\Gamma} + h_{\text{вод}} + h_{\text{н.с}} + h_{\text{св}}, \quad (2.9)$$

где H_{Γ} – геометрическая высота подъема жидкости, равная разности отметок максимального уровня воды в приемной камере очистных сооружений подъема сточных вод z_{oc} (верхнем коллекторе) и среднего уровня воды в приемном резервуаре КНС z_p (рис. 2);

$h_{\text{вод}}$ – гидравлические потери напора, м, в напорном трубопроводе, подающем стоки на очистку, равные:

$$h_{\text{вод}} = (1,1 - 1,2) \cdot i \cdot l; \quad (2.10)$$

здесь i – гидравлический уклон (потери напора на единицу длины трубопровода, определяемые для напорного трубопровода, обеспечивающего пропуск расчетного секундного расхода $q_{\text{расч}}$, л/с, со скоростью 1,0–1,5 м/с);

l – длина напорного трубопровода от КНС до приемной камеры очистных сооружений, м;

$h_{\text{н.с}}$ – потери напора по длине и местные во внутренних всасывающих и напорных линиях станции; предварительно эти потери оцениваются в 2–3 м, в дальнейшем они уточняются отдельно для всасывающих и напорных трубопроводов, м;

$h_{\text{с.в}}$ – свободный напор при изливе жидкости из трубопровода в приемную камеру очистных сооружений, принимаемый равным 1,0–1,5 м.

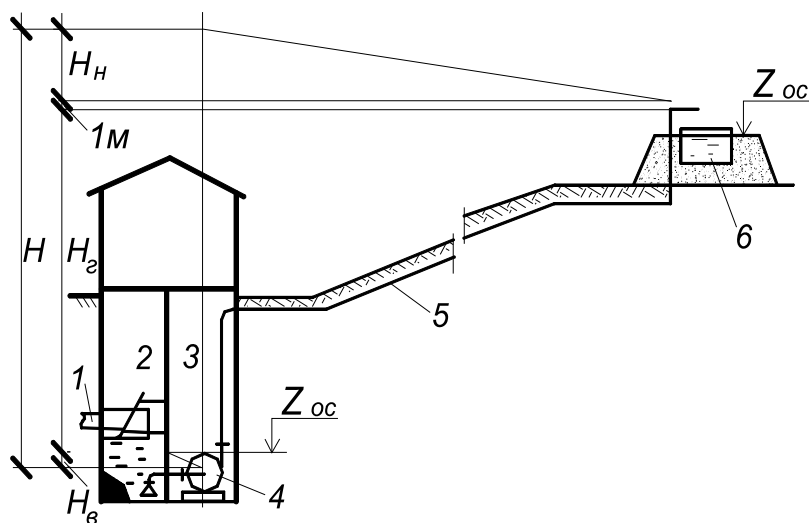


Рис. 2. Определение расчетного напора рабочего насоса:
 1 – подводящий коллектор; 2 – приемный резервуар;
 3 – машинный зал; 4 – насосный агрегат;
 5 – напорные водоводы;
 6 – приемная камера очистных сооружений

При вычислении H_{Γ} за отметку z_{oc} принимают:

- а) отметку верха напорного трубопровода, если он присоединяется к приемному резервуару или к приемной камере очистных сооружений выше горизонта сточных вод в них;
- б) отметку наивысшего расчетного уровня сточных вод в приемной камере (колодце), если напорный трубопровод присоединяется ниже уровня сточных вод в этих сооружениях.

Отметку среднего уровня сточных вод в приемном резервуаре КНС z_p принимают на 1 м ниже отметки лотка самотечного коллектора, подводящего стоки к насосной станции:

$$z_p = z_{л} - 1, \quad (2.11)$$

где $z_{л}$ – отметка лотка самотечного коллектора.

2.5. Выбор типа и марки рабочего насоса

Исходными данными для выбора насоса является расчетный расход и расчетный напор, соответственно Q_p и H_p . Первоначально тип насоса подбирается по сводному графику подач и напоров. На сводном графике нанесены рабочие поля насосов и режимная точка

работы насоса должна лежать в пределах этого поля не выше линии $H-Q$.

Основной рабочий насос должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обеспечивать наиболее точно расчетный напор и режим подачи;
- 2) быть серийного изготовления;
- 3) иметь высокий КПД;
- 4) быть удобным в обслуживании;
- 5) иметь наибольшее число оборотов, что уменьшает вес и стоимость насоса;
- 6) обладать высокими антикавитационными качествами, что обеспечивает минимальный строительный объем станции и минимальное заглубление фундамента, что снижает ее стоимость.

Для канализационных станций применяются центробежные насосы типа СМ, СМС, СД, ЦМК.

Для выбранного типа и марки насоса из пособий, каталогов, справочников снимаются на кальку графические характеристики, установочные чертежи насоса или насосного агрегата и выписываются технические данные. Эти материалы помещаются в пояснительной записке и используются в дальнейшем при графоаналитических расчетах и компоновке здания насосной станции.

Если при заданных условиях не удастся подобрать насос, то принимается насос, поле которого расположено выше и правее режимной точки.

2.6. Выбор и расчет всасывающих и напорных трубопроводов внутри КНС

В машинном зале насосы обвязываются всасывающими и напорными трубопроводами. Обвязка выполняется стальными трубопроводами с применением стальных фасонных частей на сварке и фланцевых соединений для присоединения к патрубкам насосов и арматуре.

К каждому насосу, как правило, необходимо подводить и самостоятельный всасывающий трубопровод. Число напорных трубопроводов от насосной станции следует принимать не менее двух. Диаметр трубопроводов определяется гидравлическим расчетом с учетом пропуска по трубам расчетных расходов жидкости с рекомендуемыми скоростями.

Диаметры всасывающих трубопроводов и напорных от каждого насоса определяются по наибольшей расчетной подаче одного насоса.

Скорость движения сточных вод во всасывающих трубопроводах надлежит принимать 0,7–1,2 м/с при диаметрах до 250 мм и 1,2–1,5 м/с при диаметрах более 250 мм.

Скорость движения сточных вод в напорных трубопроводах надлежит принимать 1–2 м/с для труб диаметром до 250 мм и 2–2,5 м/с для труб диаметром более 250 мм.

Диаметр напорного коллектора рассчитывается на пропуск расчетного расхода станции.

На напорных трубах каждого из насосов устанавливаются концентрические переходы, обратные клапаны и задвижки; на всасывающих трубах – эксцентрические (косые) переходы к всасывающим патрубкам насоса.

Длины фасонных частей, задвижек и обратных клапанов, используемых при обвязке насосов, следует показать в пояснительной записке на аксонометрической схеме технологических трубопроводов внутри КНС, составленной в соответствии с принятым типовым проектом КНС и габаритными размерами приемного резервуара и машинного зала (рис. 3).

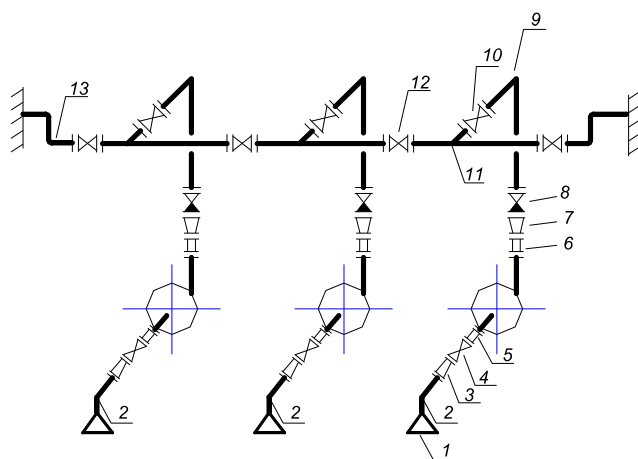


Рис. 3. Аксонометрическая схема обвязки насосных агрегатов:
 1 – всасывающая воронка; 2, 9, 13 – отвод 90°;
 3 – эксцентрический переход; 4, 10, 12 – задвижки;
 5, 6 – монтажные патрубки; 7 – концентрический переход;
 8 – обратный клапан; 11 – тройник

С учетом принятых диаметров трубопроводов и подобранных длин фасонных частей и арматуры комплектуется оборудование насосной станции (рис. 4).

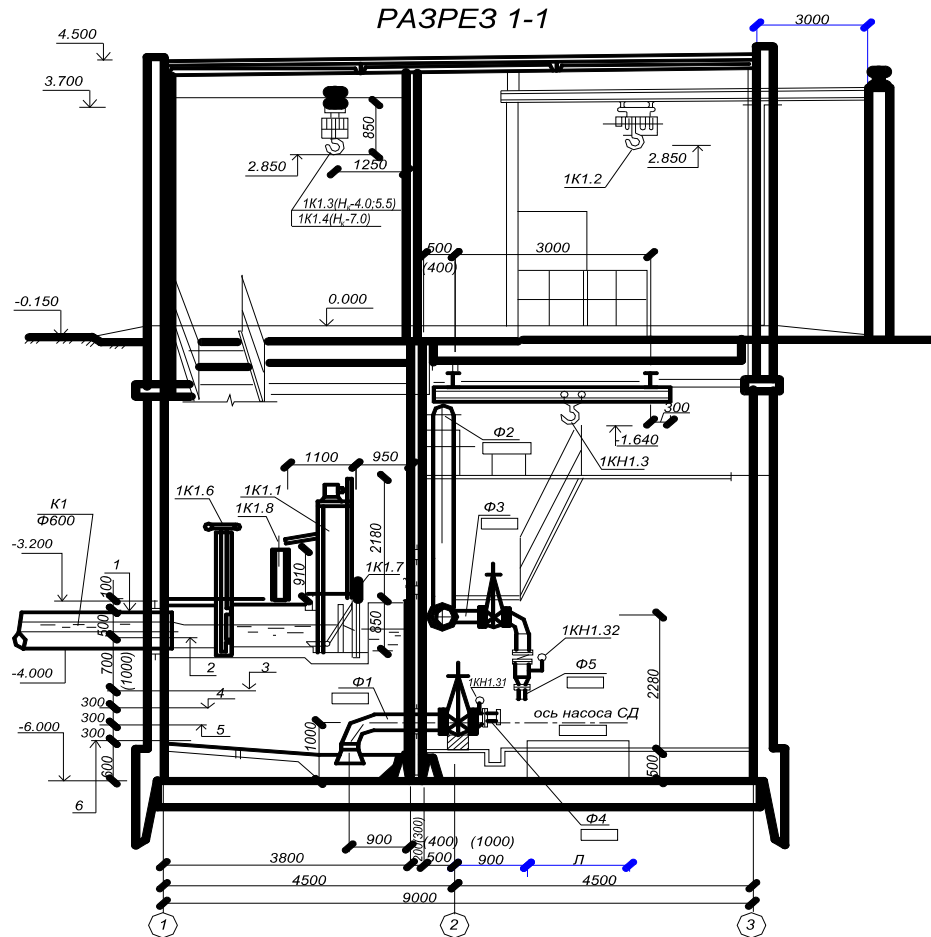


Рис. 4. Компоновка оборудования

Чтобы избежать образования газовых мешков, всасывающие трубы укладывают с подъемом $0,03-0,05$ от входной воронки к корпусу насоса.

Обратные клапаны на всасывающих трубах не устанавливают, так как в результате налипания на клапан загрязнений, содержащихся в сточной жидкости, засоряется входное отверстие. Ставить в приемном резервуаре подставку под входную воронку запрещается.

Выход всасывающего трубопровода в резервуар должен быть минимальным, а расстояние от кромки входной воронки до стены резервуара не должно превышать допустимого.

Всасывающие и напорные трубопроводы в помещении насосной станции рекомендуется укладывать открыто на полу и по стенам машинного зала, что упрощает эксплуатацию трубопроводов и создает лучшие санитарные условия.

2.7. Изменение характеристики насоса при изменении частоты вращения или геометрических размеров рабочего колеса

Номенклатура насосов, особенно насосов типа СД и СМ, выпускаемых промышленностью, ограничена. Область применения насосов может быть значительно расширена за счет срезки рабочих колес центробежных насосов или изменения частоты вращения рабочего колеса. При этом характеристики $Q-H$, $Q-N$ и $Q-\eta$ изменяются. При перерасчете рабочих характеристик, установленных при частоте вращения n , для перехода на другую частоту вращения рабочего колеса n_1 при $D = const$ используются формулы закона подобия центробежных насосов:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}; \quad \frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2; \quad \frac{N}{N_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^3. \quad (2.12)$$

По зависимостям (5.12), имея одну опытную характеристику $Q-H$ при частоте вращения n , можно построить ряд характеристик насоса в широком диапазоне изменения частоты вращения и подобрать характеристику с такой частотой вращения n_1 , которая бы удовлетворяла расчетным параметрам. При этом следует иметь в виду, что режим работы насоса с пониженной частотой вращения допускается, но повышение частоты вращения в каждом случае следует согласовывать с заводом-изготовителем.

В случае, если не удастся подобрать насос непосредственно по каталогу или изменить частоту вращения, производится срезка рабочего колеса, то есть уменьшается его диаметр при сохранении ширины колеса b_2 .

Практика и исследование работы насосных агрегатов показали, что при допустимом уменьшении диаметра рабочего колеса незначительно снижается КПД насоса, но довольно широко изменяются подача и напор.

Перерасчет характеристики насоса $Q-H$ при срезке рабочего колеса производится по зависимостям, полученным из закона подо-

бия, при условии, что частота вращения $n=const$ и ширина колеса $b=const$:

$$\frac{H_{cp}}{H} = \frac{Q_{cp}}{Q} = \left(\frac{D_{cp}}{D} \right)^2, \quad (2.13)$$

где Q, H, D – соответственно, подача насоса, его напор и номинальный диаметр рабочего колеса насоса;

Q_{cp}, H_{cp}, D_{cp} – то же, при срезанном рабочем колесе насоса.

Для центробежных насосов, имеющих коэффициент быстроходности $n_s < 150$, лучшее соответствие расчетных величин Q_{cp} и H_{cp} опытным данным получается при расчете срезки колеса по формулам:

$$\frac{H_{cp}}{H} = \left(\frac{D_{cp}}{D} \right)^2; \quad \frac{Q_{cp}}{Q} = \frac{D_{cp}}{D}. \quad (2.14)$$

Срезка колес насосов позволяет значительно расширить область их применения при незначительном снижении КПД.

3. АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ И ТРУБОПРОВОДОВ

Фактический расход сточной жидкости, подаваемой КНС, определяется графическим способом путем наложения рабочих характеристик $Q-H$ одного, двух, трех и т.д. насосов (при параллельной их работе) на графическую характеристику системы трубопроводов $Q-H_{тр}$, на которую работают насосы.

Характеристики $Q-H$ и $Q-\eta$ выбранных насосов берутся из каталога насосов, а характеристики при их параллельной работе строятся в соответствии с принятыми правилами.

Характеристика системы трубопроводов $Q-H_{тр}$ строится по уравнению

$$H_{тр} = H_{Г} + S \cdot Q^2, \quad (3.1)$$

где $H_{тр}$ – требуемый напор в системе, м;

$H_{Г}$ – геометрическая высота подъема жидкости, м;

Q – подача насосной станции, м³/с;

S – гидравлическое сопротивление системы, с²/м⁵, равное:

$$S = \frac{h_{\text{вод}} + h_{\text{н.с}} + h_{\text{св}}}{Q^2}; \quad (3.2)$$

здесь $h_{\text{вод}}$ – потери напора в водоводе за пределами КНС;
 $h_{\text{н.с}}$ – потери напора внутри насосной станции по наиболее длинному пути движения жидкости, м, определяемые по формуле

$$h_{\text{н.с}} = h_{\text{вс}} + h_{\text{нап}}; \quad (3.3)$$

здесь $h_{\text{вс}}$ – потери напора, м, во всасывающем трубопроводе:

$$h_{\text{вс}} = i \cdot l_{\text{вс}} + \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{v_{\text{вс}}^2}{2 \cdot g}; \quad (3.4)$$

здесь i – гидравлический уклон;

$l_{\text{вс}}$ – длина всасывающей линии, м;

$\sum \xi_{\text{м}}$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений на всасывающей линии;

$v_{\text{вс}}$ – скорость движения жидкости во всасывающей трубе при принятом диаметре и расчетном расходе, м/с.

Потери напора в напорном трубопроводе $h_{\text{нап}}$, м, определяются по формуле

$$h_{\text{нап}} = i \cdot l_{\text{н}} + \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{v_{\text{н}}^2}{2 \cdot g}, \quad (3.5)$$

где $l_{\text{н}}$ – длина напорного трубопровода внутри НС, м;

i – гидравлический уклон;

$\sum \xi_{\text{м}}$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений на напорной линии;

$v_{\text{н}}$ – скорость движения жидкости в напорных трубопроводах, м/с;

$h_{\text{св}}$ – напор на свободный излив жидкости, принимаемый равным 1,0–1,5 м.

Вычисление местных потерь напора в коммуникациях насосной станции удобно выполнять в табличной форме.

После определения численных значений $h_{\text{вод}}$ и $h_{\text{н.с}}$ вычисляется S при пропуске максимального расхода стоков, а затем по уравнению определяются координаты точек кривой $Q-H_{\text{тр}}$ при изменении расхода стоков от нуля до его максимального значения. Расчеты по определению координат ряда точек кривой $Q-H_{\text{тр}}$ выполняются в табличной форме (табл. 3.1).

Построение характеристики трубопровода $Q-H_{\text{тр}}$

Номер точек	Q , л/с	Q , м ³ /с	Q^2 , (м ³ /с) ²	H_{Γ} , м	$H_{\text{тр}}=H_{\Gamma}+S \cdot Q^2$, м
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Значения Q и $H_{\text{тр}}$ наносят на характеристику насосов и, соединив их плавной кривой, получают соответствующую характеристику трубопровода $H_{\text{тр}} = f(Q)$ (рис. 5).

Пересечение характеристики насоса и трубопровода называется рабочей, или режимной точкой.

Правильно подобранные насосы должны иметь режимные точки, по возможности, не выходящие за пределы рабочей зоны насоса (зоны максимальных КПД, обычно ограниченной на характеристике $H-Q$ волнистыми линиями).

Используя график совместной работы насосов в систему водоводов, проводят анализ режимов работы насосов. Анализируются только те режимы, которые соответствуют графику работы насосов в течение суток.

Анализ совместной работы насосов и водоводов с построением характеристик проводится для всех расчетных случаев.

Так при отключении одной нитки напорного канализационного коллектора в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03–85 вторая нитка должна пропустить все 100 % расхода сточных вод. При этом допускается использовать резервные насосы.

Если насосная станция не обеспечивает необходимую подачу при аварии, то необходимо предусмотреть устройство переключений между водоводами. Число переключений между водоводами определяют путем построения характеристик водоводов с выключенными участками и наложения их на характеристику $Q-H$ насосной станции.

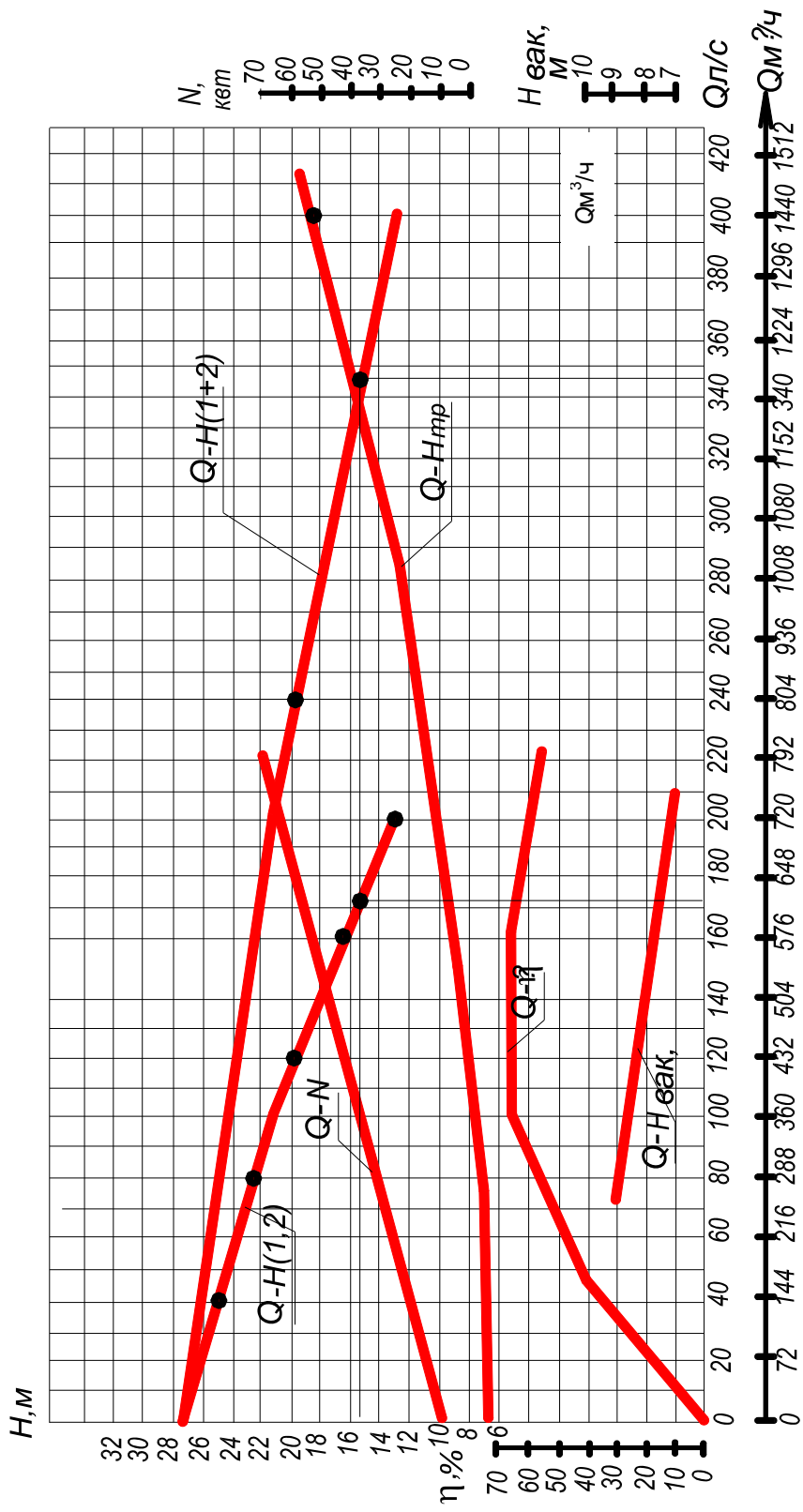


Рис. 5. Совмещенная характеристика работы насосов и трубопровода

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ ПРИЕМНОГО РЕЗЕРВУАРА И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

4.1. Определение емкости приемного резервуара

Для обеспечения оптимального режима работы насосов КНС устраиваются приемные резервуары. Емкость приемного резервуара КНС следует принимать в зависимости от графика притока сточных вод, производительности насосов и принятого режима их работы, но не менее пятиминутной максимальной производительности одного из насосов.

В часы минимального и среднего притоков сточных вод подача насосов превышает приток жидкости и их приходится часто выключать и включать.

Большое количество включений усложняет эксплуатацию насосной станции и оказывает неблагоприятное влияние на электроаппаратуру управления насосами и систему энергоснабжения, поэтому при ручном управлении станцией насосы следует включать не более 3-х раз, а при автоматическом – не более 5-ти раз в течение одного часа.

Поэтому график режима откачки стремятся приблизить к графику притока сточных вод с тем, чтобы получить минимальную вместимость приемного резервуара и тем самым уменьшить стоимость насосной станции. Однако максимальное приближение режима откачки к режиму притока сточной жидкости может быть обеспечено путем установки большого количества рабочих насосов, что, в свою очередь, увеличивает стоимость насосной станции. Поэтому необходимо найти такое решение, чтобы суммарные затраты на строительство и эксплуатацию насосной станции с учетом ее расширения по очередям строительства были минимальными. Таким образом, выбор режима откачки сточных вод и количества рабочих насосов – единая задача.

Минимальная регулирующая вместимость приемного резервуара, m^3 , при заданном числе включений насосов в час минимального притока может быть определена аналитически по формуле

$$W_{\min} = \frac{Q_{\text{пр}}}{n} \cdot \left(1 - \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{н.с}}} \right), \quad (4.1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – минимальный часовой приток, $m^3/ч$;

n – число включений за 1 час;

$Q_{н.с}$ – подача насосной станции, м³/ч.

В практике резервуар, имеющий достаточную вместимость для накопления сточной жидкости, позволяет вести откачку более равномерно с использованием полной подачи насоса, несмотря на неравномерность притока сточной жидкости в течение суток. Правильно определенная вместимость приемного резервуара позволяет максимально использовать установленные насосные агрегаты и повышать КПД насосной станции.

Резервуар, совмещенный с насосной станцией, должен быть отделен от машинного зала глухой воздухо- и водонепроницаемой стеной с тщательно выполненной гидроизоляцией торкетбетоном. В местах прохода трубопроводов через стенки резервуара устанавливают сальниковые устройства.

Глубина рабочей части приемного резервуара принимается не менее 1,5 – 2 м для станций малой и средней производительности и 2,5 м – для большой (свыше 100 тыс. м³/сут), считая от лотка подводящего коллектора до дна приямка резервуара.

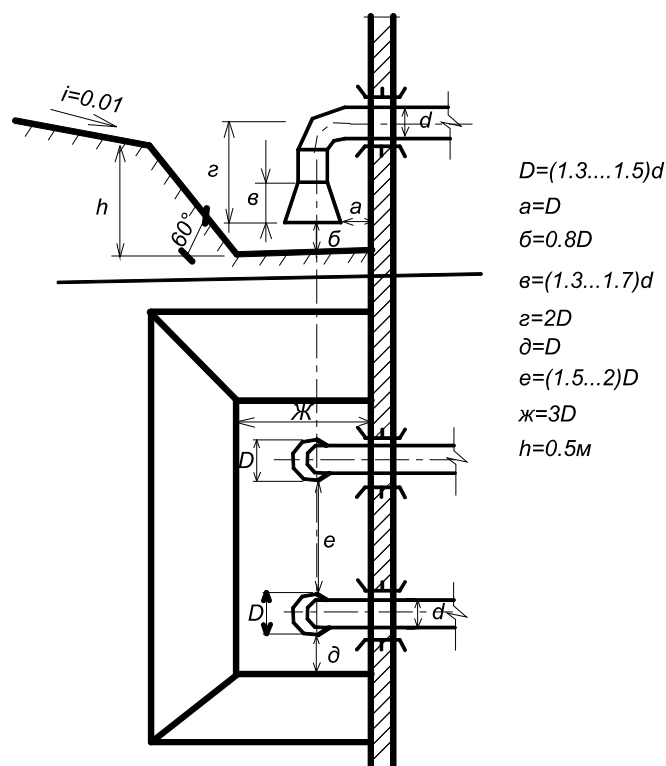


Рис. 6. Размеры всасывающей воронки и приямка КНС

Дну приемного резервуара придается уклон от наружных стен к приямку не менее 0,1. В приямке размещаются всасывающие трубопроводы насосов. Размеры приямка зависят от размеров и количества всасывающих трубопроводов, каждый из которых оканчивается воронкой. Габаритные размеры всасывающих воронок и приямка приведены на рис. 6.

Взмучивание осадка рекомендуется осуществлять через систему выпусков – труб, располагаемых у входных воронок всасывающих труб. Воду в систему взмучивания подают из напорного трубопровода сточной жидкости.

Минимальный диаметр трубопроводов для взмучивания осадка – два дюйма (50 мм).

Наивысший уровень воды в приемной резервуара принимается равным отметке лотка подводящего коллектора во избежание подпоров и отложения осадка в коллекторе.

4.2. Выбор типа решеток

Для предотвращения засорения и повреждения насосов приемный резервуар оборудуется решетками с механизированными граблями или решетками-дробилками, рассчитанными на задержание крупных примесей. Ширина прозоров в решетках принимается в зависимости от марки насоса. Если же насосная станция перекачивает сточную жидкость непосредственно на очистные сооружения, то независимо от марки насосов принимают решетку с шириной прозоров 16 мм.

Скорость движения жидкости в прозорах решеток при максимальном притоке надлежит принимать: в прозорах механизированных решеток – 0,8–1 м/с; в прозорах решеток-дробилок – 1,2 м/с.

В насосных станциях с механизированными решетками необходимо предусмотреть установку дробилок. Кроме решеток дробилок (РД), в практике нашли применения круглые решетки-дробилки типа КРД, радиальные решетки-дробилки РРД и вертикальные решетки-дробилки типа ВРД.

Технические характеристики решеток-дробилок приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Технические характеристики решеток-дробилок

Марка решетки-дробилки	Производительность по воде, м ³ /ч	Размеры решетки, мм	Ширина щели, мм	Суммарная площадь щелей, см ²	Мощность электродвигателя, кВт	Вес, кг
РД – 200	600	180	8	190	0,6	320
РД – 600	2000	635	10	450	1,0	1800
КРД	2000	760	16	8350	4,6	750
РРД – 1	3000	1400x900	16	9600	17,6	2635
РРД – 2	6000	2(1400x900)	16	19200	18,2	3500
РРД – 1*	3000x4000	102x1640	16	7000	14,5	2430
РРД – 2*	3500x5000	102x2040	16	9000	16,0	1880

При количестве отбросов менее $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ допускается использовать решетки с ручной очисткой. Ширину прозоров решеток необходимо принимать на $10\text{--}20$ мм меньше диаметров проходных сечений устанавливаемых насосов.

Объем отбросов, $\text{м}^3/\text{сут}$, снимаемых с решеток, определяется по формуле

$$W_{\text{отб}} = \frac{a_{\text{отб}} \cdot N}{1000 \cdot 365}, \quad (4.2)$$

где $a_{\text{отб}}$ – количество отбросов, снимаемых с решеток, на 1 человека, л/год;

N – количество жителей в населенном пункте.

В зависимости от ширины прозоров и пропускной способности решеток подбирается тип механизированной решетки.

При механизированных решетках следует предусматривать установку дробилок для измельчения отбросов и подачи измельченной массы в сточную воду перед решеткой. Для выбора типа дробилок определяется вес снимаемых с решеток отбросов:

$$G_{\text{отб}} = \gamma_{\text{отб}} \cdot W_{\text{отб}}, \quad (4.3)$$

где $\gamma_{\text{отб}}$ – удельный вес отбросов, равный $750 \text{ кг}/\text{м}^3$.

При незначительном количестве отбросов (не более $300 \text{ кг}/\text{м}^3$) принимаются дробилки молоткового типа.

При количестве отбросов до $5 \text{ т}/\text{сут}$ допускается вывоз отбросов в герметичных контейнерах на городские полигоны или мусороперерабатывающие заводы.

4.3. Определение отметки оси насоса

В канализационных насосных станциях отметку оси насоса определяют из условия размещения корпуса насоса под средним уровнем воды в приемном резервуаре:

$$z_{\text{он}} = z_{\text{пр}} + \frac{H_{\text{пр}}}{2} - a, \quad (4.4)$$

где $z_{\text{пр}}$ – отметка дна приемного резервуара, м;

$H_{\text{пр}}$ – рабочая глубина приемного резервуара, измеряемая от дна резервуара до лотка подводящего коллектора;

a – расстояние от оси до верха корпуса насоса.

Вычисленные отметки оси насосов должны быть проверены на обеспечение допустимой вакуумметрической высоты всасывания $H_{в.доп}$ или допустимого кавитационного запаса Δh_d , приведенных в каталогах или паспортах насосов. Для этого сравнивают максимальную геометрическую высоту всасывания насоса при минимальном расчетном уровне воды в приемном резервуаре с максимально допустимой геометрической высотой всасывания.

Максимальную геометрическую высоту всасывания определяют как разницу отметок оси насоса $z_{он}$ и минимального уровня воды в нижнем бассейне $z_{мув}$:

$$H_{s. max} = z_{он} - z_{мув}. \quad (4.5)$$

Для канализационных насосных станций минимальная отметка уровня сточных вод совпадает с отметкой дна приемного резервуара:

$$z_{мув} = z_{пр}.$$

Обычно для обеспечения автоматизации канализационных насосных станций, а также для обеспечения большой надежности в работе предусматривают установку насосов под залив. С этой целью корпус насоса располагают на 0,3–0,4 м ниже отметки уровня стоков в приемном резервуаре, при котором включается в работу первая ступень (или первый насос). Эта отметка, m , вычисляется по формуле

$$z_{вк} = z_{max} - 0,2 \cdot m, \quad (4.6)$$

где $z_{вк}$ — отметка включения в работу первого насоса;
 z_{max} — отметка максимального уровня в резервуаре;
 m — количество ступеней откачки.

После этого, пользуясь установочным чертежом насоса, определяют отметку оси насоса, всасывающего и напорного патрубков, фундамента и другие отметки.

5. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ КНС

5.1. Выбор электродвигателей

В качестве привода центробежных канализационных насосов применяются асинхронные или синхронные электродвигатели переменного тока, имеющие постоянную нормальную частоту вращения, поэтому пересчет характеристик насосов следует производить на частоту, указанную в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1
Частота вращения электродвигателей

Число пар полюсов	Частота вращения двигателя в минуту	
	синхронных	асинхронных
1	3000	2890 – 2970
2	1500	1450 – 1480
3	1000	970 – 985
4	750	730 – 730
5	600	585 – 590
6	500	485 – 495

В дальнейшем, после пересчета характеристик насосов, строят совмещенный график работы насосов и трубопроводов. В случае, если режимные точки не будут соответствовать рабочей зоне насоса, его характеристики изменяют путем обточки рабочего колеса.

Как правило, заводы-изготовители поставляют насосы, укомплектованные электродвигателями. Однако следует проверить правильность комплектации. Для этого сначала определяют мощность, кВт, потребляемую насосом, по формуле

$$N_{\text{н}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{\text{нас}} \cdot m_{\text{р}}}{1000 \cdot \eta_{\text{к}}}, \quad (5.1)$$

где ρ – плотность перекачивания жидкости (для сточных вод $\rho=1050-1150$ кг/м³);

$Q_{\text{нас}}$ – производительность одного насоса, м³/с;

$H_{\text{р}}$ – расчетный напор, м, при $Q_{\text{нас}}$;

$\eta_{\text{н}}$ – КПД насоса берется из характеристики насоса для $Q_{\text{нас}}$.

Мощность электродвигателя, кВт, определяется по формуле

$$N_{\text{дв}} = \kappa \cdot \frac{N_{\text{н}}}{\eta_{\text{дв}}}, \quad (5.2)$$

где κ – коэффициент запаса на возможные перегрузки (см. табл. 5.2);

$\eta_{\text{дв}}$ – КПД при отсутствии данных о комплектующих электродвигателя его подбирают по справочнику.

Т а б л и ц а 5.2

Определение коэффициента запаса κ

$N_{\text{н}}$, кВт	До 20	От 20 до 50	От 50 до 300	Свыше 300
κ	1,25	1,2	1,15	1,10

Марка электродвигателя подбирается по мощности $N_{\text{дв}}$, числу оборотов, типу и исполнению (горизонтальному или вертикальному). Число оборотов насоса и двигателя должно совпадать и соответствовать стандартному числу оборотов.

По возможности, следует подбирать асинхронные электродвигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором как более простые конструктивно и дешевые по стоимости.

При больших мощностях можно подбирать асинхронные электродвигатели с фазным ротором, а при мощности свыше 400 кВт – синхронные электродвигатели.

Тип электродвигателя насоса, его мощность и рабочее напряжение, частота вращения ротора приведены в прил. 3.

5.2. Выбор трансформаторов и схемы электроснабжения

Для обеспечения электроэнергией насосных агрегатов, электрифицированных задвижек и другого оборудования КНС вблизи нее или непосредственно в наземной части насосной станции размещается трансформаторная подстанция. В состав оборудования подстанции входят силовые трансформаторы, распределительные устройства высокого и низкого напряжений и ряд вспомогательных устройств.

Расчетная мощность силового трансформатора, кВ·А, определяется по формуле

$$N_T = \kappa_c \cdot \sum \frac{N_{дв}}{\eta_{дв} \cdot \cos\varphi} + N_{доп}, \quad (5.3)$$

где N_T – мощность трансформатора, кВ·А;

κ_c – коэффициент спроса, зависящий от количества рабочих агрегатов станции и принимаемый по табл. 5.3;

$N_{дв}$ – расчетная мощность электродвигателя рабочего насоса, кВт;

$\eta_{дв}$ – КПД электродвигателя;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности, зависящий от типоразмера электродвигателя, значение которого меняется от 0,80 до 0,92;

$N_{доп}$ – дополнительная мощность, кВт, используемая на освещение, работу электроприводов задвижек, дренажных насосов, механизированных граблей и других потребителей (для КНС эта величина находится в пределах 5–15 кВт).

В сумму мощностей электродвигателей не входит мощность резервных агрегатов.

Т а б л и ц а 5.3

Коэффициент спроса

Число электродвигателей	1–2	3	4	5
Коэффициент спроса	1,0	0,9	0,8	0,7

По мощности трансформатора N_T , кВ·А, напряжению в линии электропередачи и напряжению принятых двигателей выбираются силовые трансформаторы: один рабочий, другой резервный, типы и размеры которых принимаются по прил. 4.

Силовые трансформаторы устанавливаются в отдельных помещениях, размеры которых определяются размерами трансформаторов и проходов, необходимых для осмотра, монтажа и демонтажа трансформаторов, то есть размеры помещения под трансформатор принимаются больше размера трансформатора на 0,5-0,7 м.

Для включения и выключения силовых трансформаторов, управления электродвигателями насосных агрегатов, задвижками и другим оборудованием КНС в трансформаторной подстанции или непосредственно в КНС размещаются распределительные устройства (РУ). В состав распределительных устройств входят: распределительные щиты, измерительные приборы высокого и низкого напряжений, трансформаторы тока и напряжения, масляные выключатели.

6. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ

В насосной станции, помимо рабочих насосных агрегатов, должны также размещаться дренажные насосы и насосы для гидроуплотнения, грузоподъемное устройство и водоизмерительные приборы.

Дренажные насосы устанавливаются в машинном зале. Они используются при удалении жидкости, накапливающейся в сборном колодце в результате утечки воды через сальники рабочих насосов и задвижек, при фильтрации через стены и пол здания, ремонтах или авариях на трубопроводах внутри КНС. Подача дренажных насосов назначается в зависимости от мощности станций: для станций с подачей до 3000 м³/сут – 3,6 м³/ч; до 30000 м³/сут – 14,5–18 м³/ч; более 30000 м³/сут – 28,5–36 м³/ч. Напор этих насосов принимается в пределах 10–20 м в зависимости от глубины здания, то есть определяется обычным способом – по сумме геометрической высоты и потерь напора.

Насосы гидроуплотнения предназначены для подачи воды питьевого качества с целью охлаждения валов, а также на гидравлические уплотнения сальников рабочих центробежных насосов; для смыва дробленого мусора из дробилок и питания их водой, а также периодической промывки импульсных трубок дифманометров.

Подача этих насосов колеблется от 5 до 30 м³/ч в зависимости от объема расходуемой воды. Напор же диктуется требуемым напором для гидроуплотнения сальников и обычно принимается на 2–3 м выше напора, развиваемого рабочими насосами. В качестве дренажных насосов и насосов гидроуплотнения чаще всего используются самовсасывающие вихревые и центробежно-вихревые насосы марок ВС и СЦВ (один рабочий, один резервный).

На станции небольшой производительности откачка дренажных вод проводится с помощью основных насосов либо ручных насосов типа БКФ.

Грузоподъемное устройство обеспечивает монтаж и демонтаж оборудования КНС. Тип его определяется максимальным весом устанавливаемого оборудования (насоса и двигателя) и конфигурацией здания станции в плане. При весе груза до 1000 кг применяются кошка и таль по монорельсу. Кошки предназначены для подвешивания тали и перемещения груза по подвесному пути, рельсом которого служит двутавровая балка. При весе груза до 5000 кг используются кран–балки подвесные ручные, а свыше 5000 кг – краны мостовые ручные. При подъеме груза на 6 м и

выше или при длине машинного зала 18 м и более, а также весе груза свыше 5000 кг применяется электрическое подъемно-транспортное оборудование.

В качестве водоизмерительных приборов на КНС используются труба и сопло Вентури, коленоводомеры и индукционные расходомеры. Подбор их производится в зависимости от вида перекачиваемой жидкости и ее количества, температуры и pH .

Необходимо учесть, что труба и сопло Вентури, как правило, устанавливаются в отдельном измерительном колодце (камере), расположенном за пределами здания КНС, а вторичные приборы-дифманометры – на щите управления в здании КНС. Следует иметь в виду, что для любого типа водоизмерительного устройства длина прямолинейного участка до места установки расходомера должна быть в пределах $(5-10) D$, а за ним – не менее $5 \cdot D$ (D – диаметр трубопровода, на котором установлен расходомер).

7. КОМПОНОВКА ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

7.1. Выбор типа здания насосной станции

Выбор типа здания насосной станции основывается на технико-экономическом сравнении вариантов. На выбор типа здания станции оказывают влияние: мощность станции, геологические и гидрогеологические условия, тип принятых насосов, заглубление насосной станции.

Здания насосных станций, имеющих подачу до 160 тыс. м³·сут, следует принимать круглыми в плане. Надземную часть здания выполняют, как правило, прямоугольной формы. Насосные станции в большинстве случаев строятся совмещенного типа.

Станции с отдельно расположенным резервуаром целесообразно принимать при большой глубине заложения подводящего коллектора, при этом приемный резервуар устраивается на расстоянии 5–8 м от здания или перекачки сточных вод, в составе которых могут находиться ядовитые вещества.

7.2. Расположение насосных агрегатов и определение основных размеров здания насосной станции

Обычно насосные агрегаты в канализационных станциях рекомендуется располагать в один ряд, что позволяет сохранить до минимума длину всасывающих трубопроводов. Кроме того, при однорядном расположении агрегатов возможна прямолинейная трассировка всасывающих трубопроводов, что очень удобно при эксплуатации насосов.

Однорядное расположение агрегатов может быть применено в насосных станциях как совмещенных с приемным резервуаром, так и раздельного типа.

Расположение насосов ниже уровня воды в приемном резервуаре обеспечивает быстрый и простой пуск насоса.

При невозможности установки центробежных насосов под заливом для их пуска приходится устанавливать вакуум-насосы.

На станциях с глубоким заложением приточного коллектора рекомендуется принимать вертикальные центробежные насосы. При установке таких насосов становится более компактным оборудование станции, сокращается кубатура и уменьшается строительная стоимость здания. Кроме того, что особенно важно, создаются лучшие условия для работы электродвигателей, так как они располагаются наверху, в сухом помещении; улучшаются и условия работы персонала станции.

Здание насосной станции состоит из следующих помещений: машинного зала, приемного резервуара и вспомогательных помещений.

Размеры машинного зала в плане определяются размерами насосных агрегатов, трубопроводов, арматуры, фасонных частей и проходами.

Определение основных размеров здания насосной станции с вертикальными насосами показано на рис. 7.

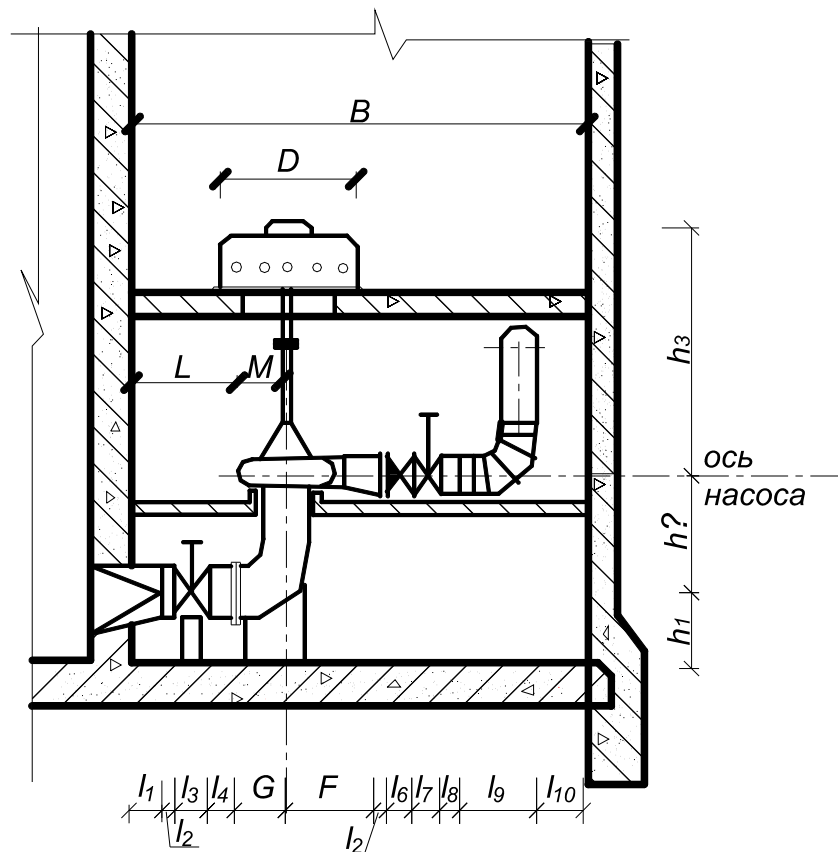


Рис. 7. Схема к определению размеров здания насосной станции

Ширина машинного отделения «В» определяется из условия размещения всасывающих и напорных трубопроводов.

Из условия размещения насосного оборудования ширину машинного отделения, м, определяют по формуле

$$B_1 = l_0 + M + F + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9 + l_{10}, \quad (7.1)$$

где l_0 – расстояние от стенки до корпуса насоса, м;

l_6 – длина монтажной вставки, м;

l_5, l_8 – длина обратного клапана, м;

M и F – габаритные размеры насоса, м;

l_7 – длина задвижки, м;

l_9 – колено стандартное сварное, м;

l_{10} – монтажный проход не менее 0,8 м.

Из условия размещения всасывающих и напорных коммуникаций ширина отделения определяется по выражению:

$$B_2 = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + G + F + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9 + l_{10}, \quad (7.2)$$

где l_1 – монтажное расстояние фланца от стенки, принимаемое равным 0,2–0,4 м;

l_2 – длина монтажной вставки, 0,2 м;

l_3 – длина задвижки, м;

l_4 – длина косоугольного перехода, м;

G – габаритный размер насоса, м.

Длина машинного отделения определяется по условиям размещения насосов, двигателей, проходов и монтажной площадки.

Расстояние между осями агрегатов, м, вычисляется по формулам:

$$l'_{oc} = D_{дв} + l_{дв} \quad \text{или} \quad l^H_{oc} = D_H + l_H, \quad (7.3)$$

где $D_{дв}$ – диаметр электродвигателя, м;

$l_{дв}$ – монтажный проход между двигателями, м;

D_H – габаритные размеры насосов, м;

l_H – монтажный проход между насосами, м.

Длина машинного отделения, м, находится из выражения:

$$Z = l_{oc} \cdot (n - 1) + l_0 + l'_0 + D_{дв}, \quad (7.4)$$

где n – количество устанавливаемых агрегатов;

l_{oc} – расстояние между осями агрегатов (принимается большее из l^H_{oc} и l'_{oc});

l_0 – расстояние от двигателя до стенки здания насосной станции, м;

l'_0 – длина монтажной площадки, которая складывается из размера наиболее крупной детали и двух монтажных проходов.

Глубина подземной части машинного зала станции совмещенного типа определяется глубиной подземной части приемного резервуара, а станции раздельного типа – конструктивно, с учетом высоты всасывания насосов.

Исходя из длины типовых конструкций железобетонных балок для перекрытий, размер насосных станций в осях следует принимать: 6, 9, 12, 15 и 18 м.

Определение высоты помещений, м, оборудованных подвесной кран-балкой, производится по формуле

$$H \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0,5, \quad (7.5)$$

где h_1 – высота монорельса кран-балки с учетом конструкции крепления его к перекрытию, м;

h_2 – минимальная высота от крюка до низа монорельса;

h_3 – высота строповки груза (0,5–1,0), м;

h_4 – высота груза (по наибольшему значению габарита с учетом подвески к крюку).

Если груз доставляется непосредственно на монтажную площадку насосной станции, то подсчитанная по формуле (10.5) высота верхнего строения должна быть увеличена на высоту грузовой платформы. Полученную высоту округляют до 0,5 м. При этом высоту верхнего строения рекомендуется принимать не менее 5,0 м.

8. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Проектирование насосных станций ведется с соблюдением принципов комплексного использования водных ресурсов и охраны природы.

Место расположения насосных станций в системе водоотведения выбирают с учетом планировочных, санитарных, гидрологических и топографических условий местности на основании технико-экономического сравнения рассматриваемых вариантов.

Канализационные насосные станции целесообразно размещать на свободной территории вблизи промышленных предприятий, складских помещений или на зеленых массивах. На застроенной территории города станции следует располагать в глубине квартала.

По санитарным условиям канализационные насосные станции располагают в отдельных зданиях на расстоянии не менее 20–30 м от жилых и общественных зданий. При отсутствии свободной территории это расстояние может быть уменьшено по согласованию с органами Государственного санитарного надзора. По периметру территории насосных станций необходимо устраивать защитную зеленую зону шириной не менее 10,0 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.03 – 85*. Канализация. Наружные сети и сооружения. Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1996. – 72 с.
2. Федоров Н.Ф. Таблицы гидравлического расчета канализационных сетей / Н.Ф. Федоров, Л.Е. Волков. – М.: Стройиздат, 1976. – 250 с.
3. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1995. – 176 с.
4. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации: Справочник монтажника / Под ред. А.К. Перешивкина. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
5. Строительный каталог. Разд. 86. Насосы центробежные типов: К, КМ, ЦВЦ, 1Д, СМ, СМС, СД, ЦМК. – М.: ГПИ СантехНИИпроект, 1991, 1992, 1999.
6. Турк В.И. Насосы и насосные станции: Учебник для вузов / В.И. Турк, А.В. Минаев, В.Я. Карелин. – М.: Стройиздат, 1976. – 340 с.
7. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
8. Репин Б.Н. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения / Б.Н. Репин, С.С. Запорожец, В.Н. Ереснов. – М.: Высшая школа, 1995. – 431 с.
9. Прегер Е.А. Проектирование водопроводных и канализационных насосных станций: Учебное пособие / Е.А. Прегер, А.И. Кораблев. – Л.: ПИСИ, 1979. – 63 с.
10. Яковлев С.В. Канализация. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
11. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. – М.: Энергия, 1974. – 313 с.
12. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов [Текст] / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. – М.: АСВ, 2006.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Общие коэффициенты неравномерности притока бытовых сточных вод от города

Общие коэффициенты неравномерности	Значения коэффициентов при средних расходах сточных вод $\bar{q}_{\text{ср.с}}$, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
Максимальный $K_{\text{общ}}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Минимальный $K'_{\text{общ}}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Приложение 2

Распределение среднесуточного расхода
бытовых сточных вод по часам суток

Часы суток	Расход сточных вод, %, от среднесуточного при $K_{общ} / K'_{общ}$					
	1,7/0,55	1,6/0,59	1,55/0,62	1,5/0,66	1,47/0,69	1,44/0,71
0 – 1	2,3	2,5	2,6	2,75	2,9	2,96
1 – 2	2,3	2,5	2,6	2,75	2,9	2,96
2 – 3	2,3	2,5	2,6	2,75	2,9	2,96
3 – 4	2,3	2,5	2,6	2,75	2,9	2,96
4 – 5	2,3	2,5	2,6	2,75	2,9	2,96
5 – 6	3,5	4,3	4,31	4,15	4,0	3,8
6 – 7	4,8	5,5	5,32	5,15	5,0	4,9
7 – 8	6,1	5,5	5,22	5,05	4,9	4,9
8 – 9	7,1	6,7	6,46	6,3	6,13	6,0
9 – 10	7,1	6,7	6,46	6,3	6,13	6,0
10 – 11	7,1	6,7	6,46	6,3	6,13	6,0
11 – 12	5,4	4,5	4,6	4,5	4,41	4,24
12 – 13	3,5	3,9	4,0	4,15	4,0	3,84
13 – 14	3,5	3,5	4,8	4,75	4,5	4,94
14 – 15	3,5	5,5	5,32	5,3	5,1	4,94
15 – 16	4,8	5,5	5,32	5,3	5,1	4,94
16 – 17	6,0	5,3	5,32	5,2	5,1	4,94
17 – 18	6,0	5,3	5,32	5,2	5,1	4,94
18 – 19	6,0	4,1	4,31	4,35	4,3	4,64
19 – 20	4,3	3,5	3,0	3,05	4,0	3,9
20 – 21	2,9	3,5	3,0	2,95	2,9	3,5
21 – 22	2,3	2,5	2,6	2,75	2,9	2,96
22 – 23	2,3	2,5	2,6	2,75	2,9	2,96
23 – 24	2,3	2,5	2,6	2,75	2,9	2,96

Технические данные асинхронных электродвигателей
с короткозамкнутым ротором

Марка электродвигателя	Рабочее напряжение В	Мощность, кВт	Число оборотов, об./мин	КПД, %	cosφ	Вес насосного агрегата, кг
АО 2 – 11 – 6	220/380	0,4	915	68,0	0,65	
31 – 6		1,5	950	79,0	0,75	
22 – 4		1,5	1400	80,0	0,81	140
31 – 4		2,2	1430	82,5	0,83	140
41 – 8		2,2	720	79,5	0,69	
41 – 6		3,0	960	81,5	0,78	
32 – 2		4,0	2880	85,5	0,89	150
А – 100 – 4		4,0	1430	84,0	0,84	160
АО 2 – 52 – 8		5,5	725	85,0	0,72	
51 – 4		7,5	1450	88,5	0,87	270
52 – 6		7,5	970	90,0	0,90	540
61 – 8		7,5	725	86,5	0,81	
61 – 6		10,0	970	88,0	0,89	575
52 – 4		10,0	1450	88,5	0,87	285
51 – 2		10,0	2900	88,0	0,89	215
52 – 2		13,0	2920	90,0	0,92	230
62 – 4		17,0	1450	88,0	0,89	375
71 – 4		22,0	1455	90,0	0,90	740
71 – 2		22,0	2900	88,0	0,90	365
62 – 2		22,0	2900	89,0	0,88	290
72 – 2		22,0	2900	88,0	0,90	360
72 – 4		30,0	1455	91,0	0,91	770
81 – 4		40,0	1460	91,5	0,91	790
82 – 6		40,0	980	91,0	0,91	1125
91 – 6		55,0	985	92,5	0,92	1190
92 – 6		75,0	985	92,5	0,92	1290
3 – 355 – 6		100	985	93,0	0,90	2605
3 – 315 М – 6	380/660	132	1000	93,5	0,90	2360

Габаритные размеры трансформаторов

Тип трансформатора	Размеры, мм			Вес, кг
	ширина	длина	высота	
ТМ 25/6 – 10	440	1120	1210	
ТМ 40/6 – 10	465	1075	1250	
ТМ 63/6 – 10	530	1075	1385	
ТМ 100/6 – 10	800	1150	1445	890
ТМ 160/6 – 10	1000	1250	1585	
ТМ 250/6 – 10	1040	1265	1720	
ТМ 400/6 – 10	1120	1345	1800	
ТМ 630/6 – 10	1275	1750	1950	
ТМ 1000/6 – 10	1260	1850	2270	
ТСМ 60/6 – 10	905	995	1040	350
ТСМ 100/6 – 10	925	1065	1105	440
ТСМ 180/6 – 10	965	1580	1365	710
ТСМ 320/6 – 10	1120	1820	1645	1005
ТСМ 560/6 – 10	1250	2020	2030	1520
ТМН 560/10	2035	2060	2315	2670
ТМН 750/10	2135	2290	2570	3770
ТМН 1000/10	2135	2570	3160	4410
ТМН 560/35	1280	3720	3470	3700

Примечание. Маркировка трансформаторов следующая: ТМ 400/6 – 10: ТМ – трансформатор масляный; 400 – мощность, кВА; 6 – 10 – напряжение высокой стороны, кВ. Напряжение низкой стороны для 6 и 10 кВ – 0,4 кВ; для 35 кВ – 10,5 и 6,3 кВ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. НАЗНАЧЕНИЕ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ	4
2. ВЫБОР МАРКИ И КОЛИЧЕСТВА НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ	6
2.1. Определение расхода насосной станции	6
2.2. Выбор количества рабочих насосов и определение режима работы насосов	7
2.3. Установление количества резервных насосов	9
2.4. Определение расчетного напора рабочего насоса	10
2.5. Выбор типа и марки рабочего насоса	11
2.6. Выбор и расчет всасывающих и напорных трубопроводов внутри КНС	12
2.7. Изменение характеристики насоса при изменении частоты вращения или геометрических размеров рабочего колеса ...	15
3. АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ И ТРУБОПРОВОДОВ	16
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ ПРИЕМНОГО РЕЗЕРВУАРА И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ	20
4.1. Определение емкости приемного резервуара	20
4.2. Выбор типа решеток	22
4.3. Определение отметки оси насоса	23
5. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ КНС	25
5.1. Выбор электродвигателей	25
5.2. Выбор трансформаторов и схемы электроснабжения	26
6. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ	28
7. КОМПОНОВКА ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	29
7.1. Выбор типа здания насосной станции	29
7.2. Расположение насосных агрегатов и определение основных размеров здания насосной станции	30
8. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	33
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	34
ПРИЛОЖЕНИЯ	35

Учебное издание

Круглов Леонид Васильевич
Круглов Сергей Леонидович
Ежов Александр Германович

**РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ**
Методические указания
по выполнению самостоятельной работы

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Редактор В.С. Кулакова
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 5.12.06. Формат 60×84/16.
Бумага офисна «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ.л. 2,33. Уч.-изд.л. 2,5. Тираж 80 экз.
Заказ № 275.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.