

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОВОДНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

**Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию**

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

Пенза 2013

УДК 628.12(075.8)

ББК 38.761.1я73

П79

*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

Проектирование водопроводной насосной станции:
П79 метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / Л.В. Круглов, С.Л. Круглов, А.В. Чибирева; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 48 с.

Приведены основные положения по расчету и проектированию водопроводной насосной станции второго подъема с использованием типовых проектов и элементов исследований.

Методические указания направлены на усвоение знаний в области проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, включая использование методик инженерных расчетов систем, объектов и сооружений, на овладение способностью вести разработку эскизных, технических и рабочих проектов с применением средств автоматического проектирования.

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.,

Чибирева А.В., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Снабжение многочисленных потребителей водой в достаточном количестве и высокого качества, отведение и очистка загрязненных вод с целью повторного и многократного их использования, охрана и защита природных источников имеют большое значение в жизни людей.

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

Необходимые знания в области конструкций насосов, их выбора, подбора электродвигателей и вспомогательного гидромеханического оборудования насосных станций, условий их размещения в здании и ряда других вопросов, связанных с проектированием и эксплуатацией насосных станций, приобретаются при изучении дисциплины «Насосные и воздуходувные станции».

Изучение этого курса 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, рекомендованной в данных указаниях, специальной литературой и типовыми проектами насосных станций.

1. ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Основная задача курсового проекта – усвоение студентами методики проектирования насосных станций с оптимально подобранным оборудованием и сооружениями.

При разработке курсового проекта должны быть:

- 1) подобраны насосные агрегаты и вспомогательное оборудование;
- 2) определены размеры машинного зала, вспомогательных помещений и произведена компоновка здания насосной станции;
- 3) выполнены необходимые гидравлические, электротехнические и технико-экономические расчеты;
- 4) проведен анализ совместной работы насосных агрегатов с напорными трубопроводами;
- 5) вычерчены необходимые разрезы и план на разных отметках насосной станции;
- 6) составлена спецификация оборудования и экспликация помещений насосной станции;
- 7) установлены технико-экономические показатели насосной станции;
- 8) составлена пояснительная записка к проекту.

2. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Курсовой проект оформляется в составе пояснительной записки и чертежей.

Записка выполняется на белой бумаге формата А-4 (297×210мм).

Чертеж листа формата А-1 (594×841 мм) содержит:

- 1) план и необходимое количество разрезов насосной станции в масштабе 1:50 или 1:100;
- 2) монтажную схему обвязки насосов в машинном зале;
- 3) спецификацию технологического оборудования и экспликацию помещений.

В общем случае количество планов и разрезов насосной станции должно быть таким, чтобы с достаточной ясностью отражать габариты и расположение всего технологического оборудования насосной станции и строительные детали здания станции. Обязательным является разрез станции, в котором показано подключение всасывающих и напорных трубопроводов к патрубкам насоса.

Пояснительная записка оформляется в соответствии с ГОСТом. В начале записки помещается титульный лист на плотной бумаге, выполненный в соответствии с требованиями кафедры. За титульным листом следует задание на курсовой проект и паспорт с основными показателями запроектированной насосной станции. Текстовая часть пояснительной записки общим объемом 20–25 страниц выполняется рукописным способом или набирается на компьютере.

Записка содержит следующие иллюстрации:

- 1) суточный график водопотребления;
- 2) график режима работы насосов в течение суток;
- 3) характеристики $(H - Q, N - Q; \eta - Q, \Delta h - Q)$ подобранных насосов с указанием на них режимных точек совместной работы насосов и трубопроводов;
- 4) установочные схемы основного и вспомогательного оборудования;
- 5) вертикальную схему насосной станции с указанием отметок: наинизшего уровня воды в резервуаре, поверхности земли у насосной станции, наивысшего уровня воды в водонапорной башне, оси насосов, уровня грунтовых вод, пола машинного зала, ввода и вывода трубопроводов;
- 6) монтажную схему расположения насосных агрегатов и трубопроводов в плане с указанием цепочки размеров по длине и ширине машинного зала;
- 7) схему помещений электрической части станции с указанием размеров в плане.

Все иллюстрации должны выполняться в масштабе на миллиметровке, обозначаться Рис..., нумероваться и иметь подрисуночные подписи. В записку включаются также таблицы:

- 1) водопотребления и режима работы насосов;
- 2) расчета совместной работы насосов и трубопроводов;
- 3) расчетов регулирования работы насосов;
- 4) расчета экономических показателей.

Таблицы выполняются на писчей бумаге. Иллюстрации и таблицы в пояснительной записке располагаются по тексту непосредственно после ссылки на них.

В конце записки приводится перечень использованных нормативных и технических литературных источников, справочных и каталожных материалов.

Последовательность и общие указания по выполнению курсового проекта приводятся ниже.

3. ВЫБОР МАРКИ И КОЛИЧЕСТВА НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

3.1. Определение расхода насосной станции

Насосы второго подъема подают воду из резервуаров в сеть потребителя, поэтому режим их работы зависит от графика водопотребления. Графики водопотребления составляют на основе обобщения опыта эксплуатации водопроводной сети населенных пунктов или строят по данным о технологических режимах промышленных предприятий.

Насосные станции второго подъема могут работать в режиме равномерной или ступенчатой подачи. При ступенчатой подаче в различные часы суток работает разное число насосов.

Следует отметить, что графики работы насосов, построенные в виде ломаной линии, условны (особенно при расположении водонапорного бака в конце сети), так как в зависимости от водопотребления изменяются потери напора в сети, а следовательно, и подача насосов. Поэтому фактический график подачи насосов имеет вид волнистой линии. Однако отклонения этой линии от ломаной, как правило, невелики и для расчетов подачи насосов и вместимости бака вполне допустимо принимать подачу насосов за расчетный период постоянной.

Если в системе водоснабжения имеется водонапорная башня (или напорный бак), то в те часы, когда водопотребление меньше подачи насосов, часть воды поступает в бак и в нем аккумулируется запас воды. Этот запас воды расходуется в часы максимального водопотребления, когда подача насосов меньше расхода воды на нужды потребителей.

Расчет насосной станции второго подъема проводится для характерных режимов потребления воды на объекте водоснабжения в сутки максимального водопотребления:

- 1) максимального часового расхода;
- 2) объединенного максимального часового и противопожарного расходов;
- 3) минимального часового расхода при максимальном транзите воды в башню.

Для определения расходов насосной станции необходимо выписать значения часового водопотребления в соответствии с заданным коэффициентом часовой неравномерности (табл. 3.1) и составить таблицу режима водопотребления.

Таблица 3.1

Распределение расходов воды по часам суток, % от $Q_{\text{сут.мах}}$

Часы суток	Коэффициент часовой неравномерности водопотребления										
	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,6	1,7	1,8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	3,6	3,5	3,35	3,2	3,0	2,5	2,0	1,5	1,25	1,0	0,4
1-2	3,6	3,45	3,25	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1,25	1,0	0,9
2-3	3,6	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1,25	1,0	0,9
3-4	3,6	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1,25	1,0	1,0
4-5	3,6	3,4	3,25	3,3	3,5	3,2	2,85	2,5	1,25	2,0	2,35
5-6	3,7	3,55	3,4	3,75	4,1	3,9	3,7	3,5	3,25	3,0	3,85
6-7	4,1	4,0	3,85	4,15	4,5	4,5	4,5	4,5	4,75	5,0	5,2
7-8	4,3	4,4	4,45	4,65	4,9	5,1	5,3	5,5	6,0	6,5	6,2
8-9	4,8	5,0	5,2	5,05	4,9	5,35	5,8	6,25	6,7	6,5	5,5
9-10	4,7	4,8	5,05	5,4	5,6	5,85	6,05	6,25	5,85	5,5	4,85
10-11	4,6	4,7	4,85	4,85	4,9	5,35	5,85	6,25	5,4	4,5	5,0
11-12	4,5	4,55	4,6	4,65	4,7	5,25	5,7	6,25	5,85	5,5	6,5
12-13	4,5	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5,0	5,85	7,0	7,5
13-14	4,4	4,55	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5,0	5,85	7,0	6,7
14-15	4,5	4,6	4,75	4,4	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,5	5,35
15-16	4,5	4,6	4,7	4,55	4,4	4,6	5,3	6,0	5,45	4,5	4,65
16-17	4,5	4,6	4,65	4,5	4,3	4,9	5,4	6,0	5,5	5,0	4,5
17-18	4,2	4,3	4,35	4,25	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	5,5
18-19	4,3	4,25	4,4	4,45	4,5	4,7	4,85	5,0	5,75	6,5	6,3
19-20	4,2	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,75	5,0	5,85
20-21	4,2	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4,0	4,45	4,5	5,0
21-22	4,1	4,15	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3,0	3,1	3,0	3,0
22-23	4,0	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2,0	2,0	2,0	2,0
23-24	3,9	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1,25	1,0	1,0
Итого:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Определить величину максимальной часовой подачи насосной станции, исходя из максимального суточного расхода. При равномерной работе насосов для насосной станции II подъема предварительно ее можно принять на 10 % меньше максимального часового водопотребления, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$Q_{\text{н.с}} = \frac{0,9 \cdot P_{\text{ч}}^{\text{мах}} \cdot Q_{\text{сут}}^{\text{мах}}}{100}, \quad (3.1)$$

где $P_{\text{ч}}^{\text{мах}}$ – максимальное часовое потребление воды водопроводной сетью, %;

100 – переводной коэффициент для %.

При ступенчатой работе насосов $Q_{\text{н.с}}$ определяется с учетом объема регулирующей емкости в пределах 2,5–6,0 % от $Q_{\text{сут}}^{\text{мах}}$.

3.2. Выбор количества рабочих насосов и определение расчетного расхода

Выбор количества насосов надлежит производить с учетом совместной работы насосов с трубопроводами системы. Необходимо иметь в виду, что более мощные насосы обладают также и более высоким КПД. Однако установка на станции малого числа больших 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, рассмотрение разных вариантов оснащения станции рабочими агрегатами и технико-экономическое сравнение.

При выборе количества рабочих насосов на водопроводных насосных станциях II подъема можно придерживаться следующих правил:

а) в час максимального водопотребления величина подачи воды в сеть от башни, как правило, должна составлять 8,0–15,0 % от расхода в данный час;

б) в час подачи насосной станцией максимального количества воды в резервуар башни при работе на станции всех рабочих насосов количество воды, подаваемой в башню, не должно превышать 25,0–30,0 % от расхода воды в данный час;

в) наиболее часто на насосных станциях II подъема принимаются к установке 2–3 рабочих насоса, так как в этом случае обеспечиваются предыдущие два условия и график работы насосов получается с минимальным количеством включений и отключений насосов в течение суток.

Количество рабочих агрегатов водопроводной насосной станции II подъема можно также принимать из условия покрытия максимального часового водопотребления:

$$n = \frac{P_{\text{ч}}^{\text{max}}}{P_{\text{ч}}^{\text{min}}}, \quad (3.2)$$

где n – число рабочих агрегатов (округляется до целого числа);

$P_{\text{ч}}^{\text{min}}$ – минимальное часовое водопотребление.

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, но уменьшается величина кавитационного запаса и возрастает потребляемая мощность.

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, $\text{м}^3/\text{ч}$, с учетом параллельности их работы, определяется по формуле

$$Q_p = \frac{Q_{н.с} \cdot \kappa_{\Pi}}{n}. \quad (3.3)$$

3.2.1. Выбор насосов для водопроводных систем без напорно-регулирующей емкости

В системах водоснабжения крупных городов, где водопотребление сравнительно равномерное, а суточная производительность водопровода велика, напорно-регулирующие емкости теряют свое регулирующее значение, сохраняя роль аварийных емкостей. При регулирующем объеме менее 2% от суточного расхода эффективность использования регулирующей емкости на сети практически сводится к нулю, а затраты на сооружение напорной емкости не оправдываются экономией на мощности двигателей насосов и оптимальным решением становится система водопровода без напорной емкости на сети (безбашенная система водоснабжения).

Расчетную подачу, $\text{м}^3/\text{ч}$, рабочей группы насосов $Q_{н.ст}$ определяют по максимальному часовому расходу на объекте водоснабжения:

$$Q_{н.ст} = \kappa_{ч} \cdot \frac{Q_{\max \text{сут}}}{24}, \quad (3.4)$$

где $Q_{\max \text{сут}}$ – расчетный расход в сутки максимального водопотребления, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$\kappa_{ч}$ – коэффициент часовой неравномерности.

Расчетные напоры насосов при проектировании насосной станции определяются по формуле

$$H_{\text{н.ст}} = \Pi - z_p + h_{\text{н.ст}}, \quad (3.5)$$

где Π – расчетная пьезометрическая отметка в точке расположения насосной станции;

z_p – расчетная отметка низшего уровня жидкости в резервуаре чистой воды;

$h_{\text{н.ст}}$ – потери напора во всасывающих трубах к насосам и в напорных трубах внутри насосной станции, их величина принимается равной 2–3 м, а далее проверяется расчетом.

По расчетным значениям общей часовой подачи насосов и необходимому напору выбирается группа однотипных насосов, каждый на расчетную подачу, м³/ч, равную:

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{н.ст}}}{n}, \quad (3.6)$$

где n – число рабочих насосов.

Число рабочих насосов выбирается таким образом, чтобы большую часть суток насосы работали при максимальном значении КПД.

Количество насосов должно быть, по возможности, минимальным.

При выборе насосов может возникнуть несколько вариантов. В этом случае оптимальный из вариантов определяется сравнением показателей их экономической эффективности.

При разработке вариантов с различным числом насосов предпочтение должно быть отдано варианту с более высоким средним приведенным КПД:

$$\eta_{\text{прив}} = \eta \cdot \frac{H_{\text{тр}}}{H_{\text{н}}}, \quad (3.7)$$

где η – коэффициент полезного действия насоса;

$H_{\text{н}}$ – напор насоса, м;

$H_{\text{тр}}$ – напор трубопровода, м.

3.2.2. Выбор насосов при принятой напорно-регулирующей емкости на сети

Расчетные подачи насосов рабочей группы и их число для водопроводной сети при ограниченной величине напорной емкости определяются методом совмещения интегральных графиков водопотребления и подачи воды насосами в сутки наибольшего расчетного водопотребления.

Интегральный график водопотребления строится на основе данных таблицы часовых расходов, выраженных в процентах от максимального суточного расхода $Q_{\max \text{ сут}}$, и суммарных расходов (также в процентах от $Q_{\max \text{ сут}}$) от условного часа начала водозабора, составленной в соответствии с заданным коэффициентом часовой неравномерности водозабора $k_{\max \text{ ч}}$.

Интегральный график водопотребления получается в виде ломаной линии в координатах: по оси абсцисс – часы суток; по оси ординат – сумма часовых расходов в процентах от суточного нарастающим итогом за все часы, начиная от начала суток.

Ступенчатый график подачи воды насосами проектируется в виде ломаной линии над графиком водопотребления.

Прямая, соответствующая расчетной подаче рабочей группы насосов, проектируется так, чтобы наибольшая разность ординат графиков расхода и подачи воды соответствовала заданной (ограниченной) величине напорной регулирующей емкости на сети, выраженной в процентах от $Q_{\max \text{ сут}}$.

Наклон этой линии $\text{tg}\beta$ определяется с помощью графического построения: линия проходит через точку m (регулирующий объем равен нулю) и точку n , отстоящую по вертикали от «критической» точки графика водопотребления на величину отрезка A , графически равного заданной (ограниченной) величине регулирующей напорной емкости (рис.1).

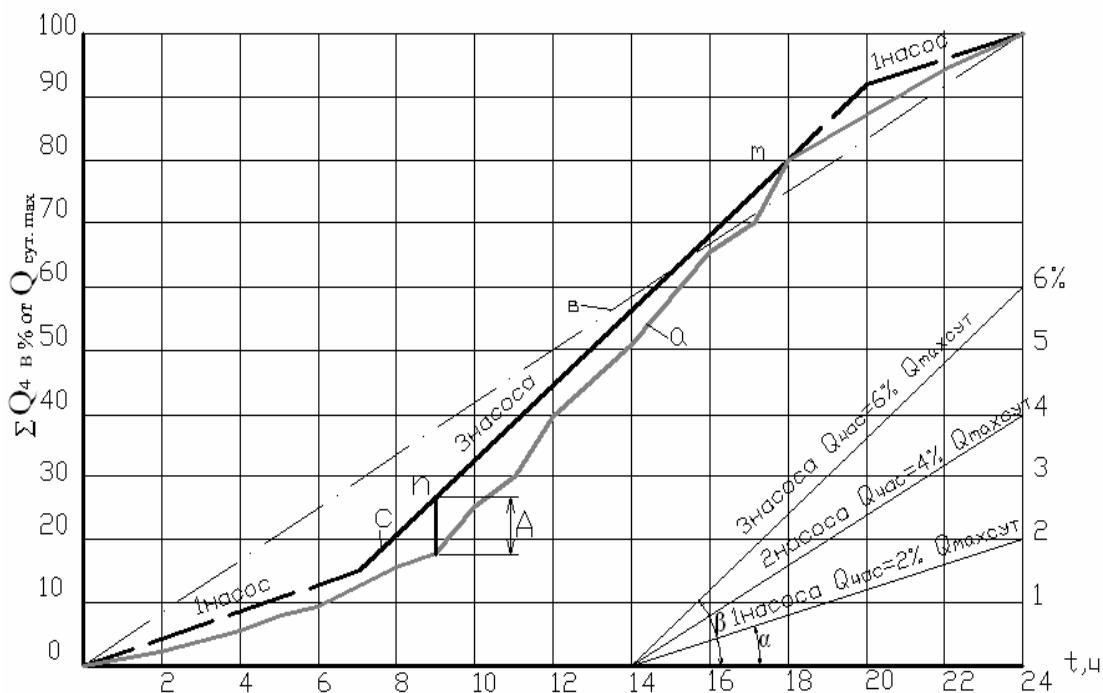


Рис.1. Интегральные графики:
a – водопотребления; *b* – равномерной работы насосов;
c – ступенчатой работы насосов

Наклон линий подачи каждого из однотипных насосов, составляющих рабочую группу, определяется из равенства:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{tg}\beta}{n}, \quad (3.8)$$

где n – число рабочих насосов в группе.

Графически проектирование линий подач насосов, составляющих рабочую группу, решается построением пучка прямых, выходящих из одной точки и проходящих через точки, делящие линию тангенса угла на n равных частей.

Число насосов в рабочей группе должно быть, по-возможности, минимальным: как правило, не более трех.

Построив интегральный график подачи воды насосами, получаем данные о величине подачи одного насоса $Q_1 = \operatorname{tg}\alpha$, величине подачи всей рабочей группы насосов $Q_{н.ст} = \operatorname{tg}\beta$ (величины подач получаем в % от $Q_{\max\text{сут}}$) и данные о числе рабочих насосов.

3.2.3. Выбор насосов при неограниченной напорной емкости на сети

Этот случай характерен для небольших водопроводов с водонапорной башней и для водопроводов любой производительности с подземной напорной емкостью на сети. Отсутствие ограничений в выборе величины объема напорных емкостей дает возможность ориентироваться на равномерную работу насосов насосной станции второго подъема в течение суток или части суток.

В этом случае расчетная подача рабочей группы насосов при хозяйственно-питьевом водопотреблении $Q_{\text{ч}}^{\text{х-п}}$, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{\text{ч}}^{\text{х-п}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{T} \quad (3.9)$$

где T – продолжительность работы насосов в течение суток, ч.

Регулирующая напорная емкость на сети $W_{\text{р}}$, м³, в этом случае определяется наложением интегральных графиков водопотребления и равномерной работы насосов в течение расчетной продолжительности подачи T , ч (рис. 2).

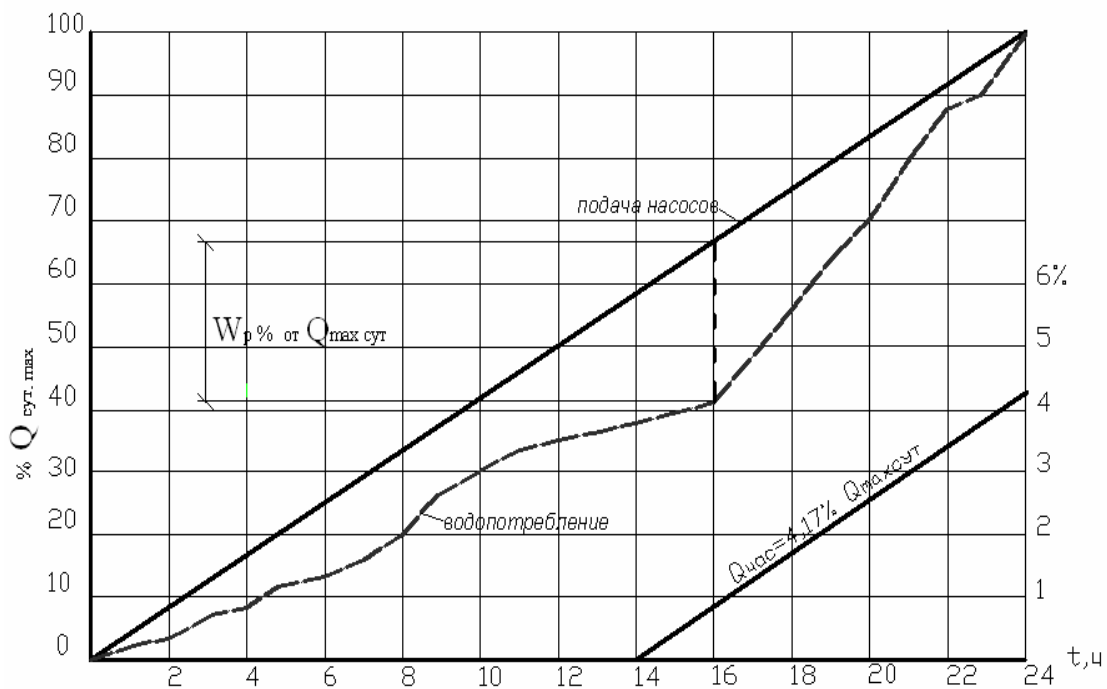


Рис. 2. Определение регулирующей напорной емкости при равномерной работе насосов

3.3. Определение расчетного напора рабочего насоса

Полный напор, который должны развивать насосы второго подъема, зависит от схемы сети и расположения водонапорной башни (или напорного резервуара). Определить полный напор можно только после того, как рассчитана сеть и определена отметка уровня воды в баке водонапорной башни (или в напорном резервуаре).

Различают две основные схемы расположения водонапорной башни: в начале и в конце сети (так называемая схема сети с контррезервуаром).

На рис. 3 показана расчетная схема с пьезометрическими линиями для определения полного напора, который должны развивать насосы второго подъема, работающие в системе с водонапорной башней, расположенной в начале сети. Полный напор в этом случае так же, как и для насосов первого подъема, подающих воду на очистные сооружения, определяется по формуле

$$H = H_{\Gamma} + h_{\text{в}} + h_{\text{н}}. \quad (3.10)$$

Геометрическая высота подъема определяется как разность отметок воды в напорном баке при полном его заполнении и самого низкого уровня воды в приемном резервуаре. Геометрическую высоту подъема можно также найти по формуле

$$H_{\Gamma} = H_{\Gamma.\text{в}} + H_{\text{в}} + H_{\text{г}} + H_{\text{р}}. \quad (3.11)$$

Схема подачи воды насосами второго подъема в сеть с контррезервуаром, то есть при расположении регулирующей емкости в конце сети, показана на рис. 4. На схеме построены пьезометрические линии для двух расчетных случаев – работы в часы максимального водопотребления, когда в расчетную точку одна часть воды подается насосами, а другая – из резервуара, и работы в часы максимального транзита (малого водопотребления), когда насосы подают часть воды транзитом через сеть в регулирующую емкость.

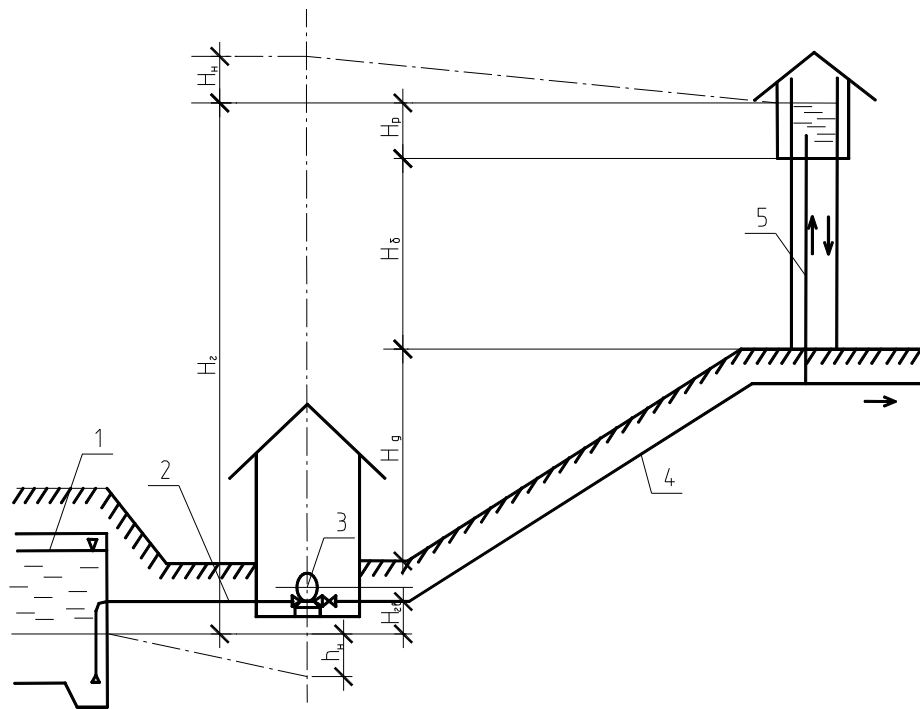


Рис. 3. Схема подачи воды насосами второго подъема при расположении водонапорной башни в начале сети:
 1 – резервуар; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – насос;
 4 – водовод; 5 – водонапорная башня

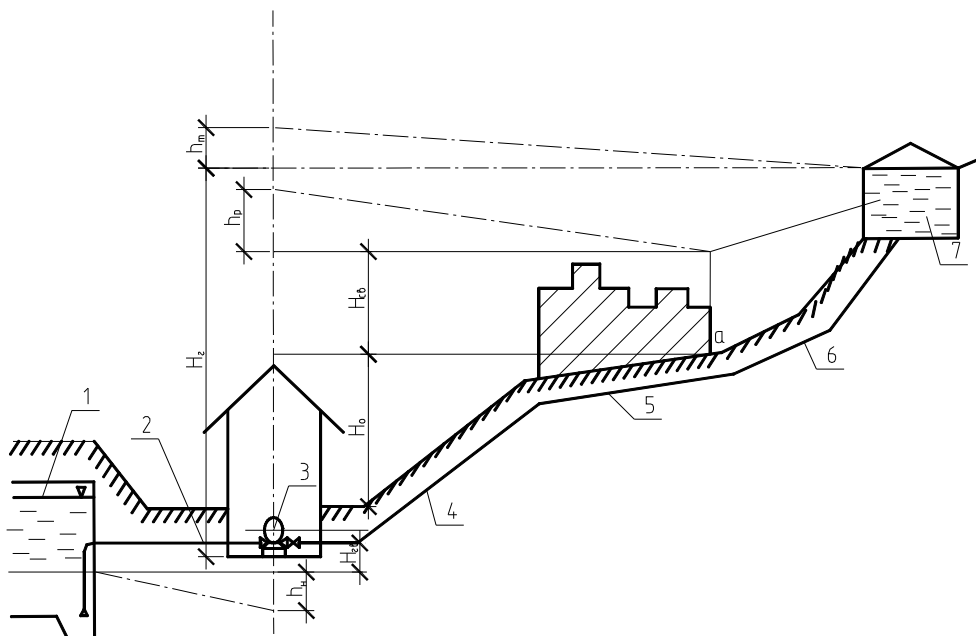


Рис. 4. Схема подачи воды насосами второго подъема при расположении регулирующей емкости в конце сети:
 1 – резервуар; 2 – всасывающая линия; 3 – насос; 4 – водовод;
 5 – разводящая сеть; 6 – подводящий трубопровод; 7 – резервуар

При максимальном водопотреблении полный напор, развиваемый насосами, вычисляют по формуле

$$H = H_0 + H_{\text{св}} + H_{\text{г.в}} + \sum h_p + h_b, \quad (3.12)$$

где H_0 – разность отметок оси насоса и поверхности земли в точке схода a , которая определяется по расчетной схеме сети;

$H_{\text{св}}$ – свободный напор в расчетной точке;

$\sum h_p$ – сумма потерь напора в водоводах и сети, определяемая расчетом;

h_b – потери напора во всасывающей линии;

$H_{\text{г.в}}$ – геометрическая величина всасывания.

При минимальном водопотреблении напор, развиваемый насосами, исходя из необходимости подачи воды транзитом через сеть в регулируемую емкость (башню), определяют по формуле

$$H = H_r + H_{\text{св}} + \sum h_p + h_b. \quad (3.13)$$

Значение H_r определяют как разность отметок максимального уровня воды в регулирующей емкости и уровня воды в резервуаре, а потери напора $\sum h_p$ находят, рассчитывая сеть на случай подачи воды транзитом в регулируемую емкость. Расчетным будет наибольший из напоров, определенных для этих двух случаев.

Если в системе водоснабжения имеется несколько станций второго подъема, питающих сеть в разных точках, то определение полного напора для каждой станции значительно усложняется. Как правило, в таких случаях прибегают к расчету системы водоснабжения на электронно-вычислительных машинах.

3.4. Выбор типа и марки рабочего насоса. Резервные насосы

Исходными данными для выбора насоса являются 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 коэффициент полезного действия;
- 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 для снижения ее стоимости.

Для водопроводных насосных станций рекомендуется применять лопастные насосы типа К, Д, О, ЭЦВ и АТН.

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.

После этого производят перерасчет характеристики насоса по формулам динамического или геометрического подобия.

В соответствии с расчетной подачей насоса Q_p из рабочих характеристик определяются соответствующие значения H , N , η и Δh выбранного насоса.

Кроме рабочих насосов, на насосной станции устанавливаются резервные насосы. Число резервных насосов принимается в зависимости от категории надежности станции и числа рабочих агрегатов по прил. 1.

Резервные насосы принимаются с характеристикой, соответствующей характеристике наибольшего насоса, установленного на насосной станции.

Насосные станции противопожарных и хозяйственно-противопожарных или производственно-противопожарных водопроводов по надежности действия следует относить к 1-й категории; при наличии емкостей с соответствующим необходимым напором – ко 2-й категории.

Центробежные насосы комплектуются с электродвигателями в электронасосные агрегаты, устанавливаемые на общей раме и фундаменте.

Схема размещения электронасосного агрегата на фундаменте и монтажная схема насоса должны быть показаны в чертежах проекта. Схема расположения электронасосных агрегатов в помещении машинного зала станции должна быть обоснована. Обычно при небольшом числе насосов с двухсторонним подводом воды к рабочему колесу (насосы марок Д) принимается размещение агрегатов в ряд по одной оси; при значительном их числе (4 и более) – шахматное расположение; для насосов марок К, КМ рекомендуется однорядное расположение агрегатов параллельно продольной оси станции.

3.5. Особенность расчета подачи и напора, развиваемых пожарными насосами

Хозяйственно-питьевые, а иногда и производственные водопроводы чаще всего объединяют с противопожарными водопроводами. В некоторых случаях на предприятиях отдельно устраивают противопожарные водопроводы.

Пожарные насосы обычно устанавливают на насосных станциях второго подъема и лишь в редких случаях устраивают отдельные противопожарные насосные станции. Подачу пожарных насосов и напор, развиваемый ими, устанавливают исходя из расчетных расхода и напора воды на пожаротушение. Расход воды на пожаротушение регулируется нормами в зависимости от числа жителей и этажности зданий в населенном пункте или от категории производства по пожарной опасности и объема зданий промышленных предприятий.

Подача пожарных насосов зависит от того, какая система пожаротушения принята для данного водопровода – высокого или низкого давления. При системе пожаротушения высокого давления подачу пожарных насосов выбирают из расчета обеспечения всего расхода (максимальный хозяйственный плюс противопожарный), а при системе пожаротушения низкого давления их подачу устанавливают из расчета совместной работы пожарных и хозяйственных (рабочих) насосов при обеспечении всего расхода. В населенных пунктах чаще всего устраивают противопожарный водопровод низкого давления.

Напор, который должны развивать насосы в противопожарных водопроводах низкого давления, при расчете сети устанавливается из условия, что свободный напор над уровнем земли в месте тушения пожара должен быть не менее 10 м.

В противопожарных водопроводах высокого давления напор, развиваемый насосами, должен обеспечить высоту компактной струи не менее 10 м на отметке наивысшей точки самого высокого здания.

Число пожарных насосов выбирают в зависимости от системы пожаротушения, расхода воды, требуемого на тушение пожара, и числа резервных насосов. Как правило, должно быть не менее двух пожарных насосов.

В некоторых случаях пожарные насосы устанавливают и на насосных станциях первого подъема. Эти насосы предназначены для увеличения подачи насосной станции первого подъема в периоды пополнения противопожарного запаса, если хозяйственные насосы не могут обеспечить нужной подачи воды. В зависимости от степени огнестойкости зданий и пожарной опасности производства нормами установлены сроки пополнения противопожарного запаса воды – от 24 до 72 ч.

Подача рабочей группы насосов при пожаре, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{н.ст}} + 3,6 \cdot q_{\text{пож}}, \quad (3.14)$$

где $q_{\text{пож}}$ – увеличение подачи воды при пожаре, л/с;

$Q_{\text{н.ст}}$ – расчетная подача рабочей группы насосов, м³/ч, для условий обеспечения максимального хозяйственно-питьевого водопотребления.

Напор при пожаре определяется по формуле

$$H_{\text{пож}} = H_{\text{ст.пож}} + H_{\text{св}} + h_{\text{вс}} + h_{\text{сн}}, \quad (3.15)$$

где $H_{\text{ст.пож}}$ – статический напор при пожаре, то есть разность отметок земли в расчетной точке пожара и расчетного пожарного уровня в резервуаре;

$H_{\text{св}}$ – свободный напор в расчетной точке возникновения пожара;

$h_{\text{вс}}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе;

$h_{\text{сн}}$ – потери напора в водоводе и сети от насосной станции до места пожара.

Свободный напор в момент возникновения пожара в расчетной точке должен быть не менее 10 м.

При проектировании напор при пожаре $H_{\text{пож}}$ определяется по формуле (3.14) при известной расчетной пьезометрической отметке при пожаре в точке расположения насосной станции.

Напор при пожаре $H_{\text{пож}}$ может оказаться больше, равным или меньше необходимого напора при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении $H_{\text{х-п}}$.

1. В случае, если $H_{\text{пож}} > H_{\text{х-п}}$, на насосной станции следует устанавливать противопожарные насосы требуемого напора $H_{\text{пож}}$ и подачи $Q_{\text{пож}}$, которые обеспечат максимальный и противопожарный расходы. В момент пожара при работе пожарных насосов хозяйственные насосы выключают.

2. В случае, если $H_{\text{пож}} = H_{\text{х-п}}$, на насосной станции устанавливают противопожарные насосы такого же напора, как и хозяйственные, с подачей, равной расходу, требуемому исключительно для тушения пожара. Поэтому подача суммарного хозяйственно-питьевого и противопожарного расходов обеспечивается параллельной работой хозяйственно-питьевых и противопожарных насосов.

3. В случае, если $H_{\text{пож}} < H_{\text{х-п}}$, требуемый суммарный расход при необходимой высоте подъема воды обеспечивается хозяйственными насосами за счет снижения расчетного напора насосов на случай пожаротушения (рис. 5).

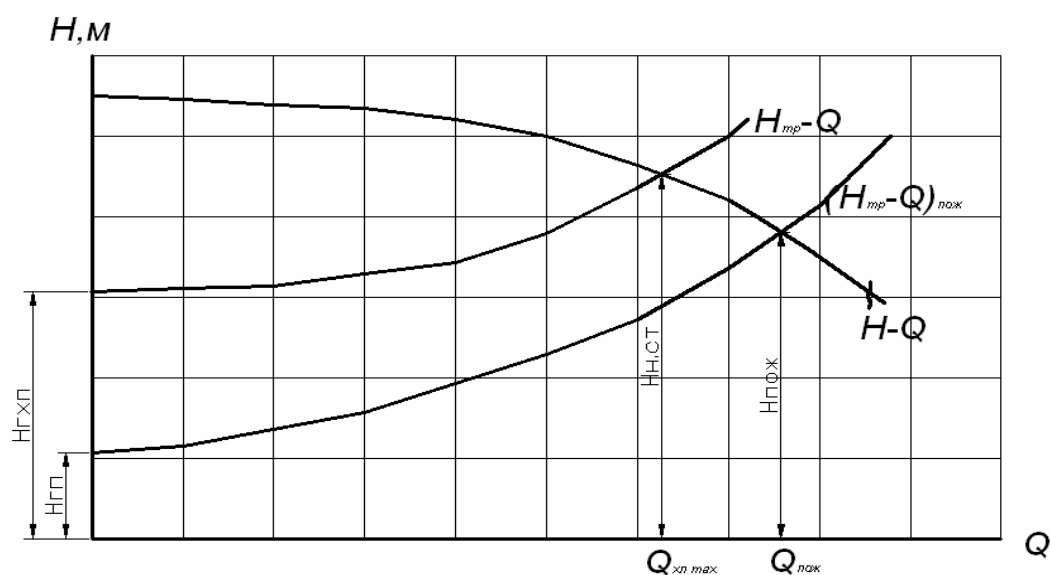


Рис. 5. Совмещенные характеристики насосов и системы трубопроводов:
 $H-Q$ – суммарная характеристика рабочей группы насосов;
 $H_{\text{тр}}-Q$ – характеристика трубопровода при хозяйственно-питьевом водопотреблении; $(H_{\text{тр}}-Q)_{\text{пож}}$ – характеристика трубопровода при пожаре

В виду кратковременности пожаротушения допускается работа насосов вне рекомендуемой рабочей части характеристики с некоторым снижением коэффициента полезного действия. При этом необходимо помнить о недопустимости работы насоса в зоне кавитации.

На насосной станции может быть установлен один рабочий и один противопожарный насосы. Однако в практике проектирования применяют большее количество рабочих противопожарных насосов, если это не приводит к увеличению площади машинного зала или сильному его стеснению.

При n одинаковых рабочих противопожарных насосах подача каждого из них вычисляется по формуле

$$Q_i \approx \frac{(1 + 0,05 \cdot n) \cdot (Q_{\text{ч.мах}} + Q_{\text{пож}})}{n}, \quad (3.16)$$

где $Q_{\text{пож}}$ – расчетный расход воды на пожаротушение, м³;

$Q_{\text{ч.мах}}$ – расход воды в час максимального водопотребления.

Независимо от количества рабочих противопожарных насосов предусматривают один резервный противопожарный агрегат.

При этом необходимо иметь в виду, что в одну группу насосов включают все насосы, подающие воду в одну и ту же систему. Таким образом, хозяйственно-питьевые и противопожарные насосы относятся к одной группе насосов независимо от их типоразмеров. Рабочие противопожарные насосы-агрегаты входят в общее число рабочих, а резервный противопожарный – в общее число резервных насосов.

При установке в одной группе насосов с разными характеристиками в качестве резервных агрегатов принимают насосы большей подачи, а резервный насос меньшей подачи хранят на складе.

Как уже отмечалось, в общее число резервных насосных агрегатов входит один резервный противопожарный агрегат. Это значит, что в период отказа (планового отключения) рабочего хозяйственно-питьевого насоса воду в систему водоснабжения подает резервный противопожарный насос. При этом желательно, чтобы его подача немного превышала подачу заменяемого хозяйственно-питьевого насоса и при этом КПД был достаточно высоким. Для достижения этого применяют не один рабочий противопожарный насос, а несколько.

3.6. Определение объема регулирующих емкостей: резервуара чистой воды, бака водонапорной башни

Полную емкость резервуара чистой воды (РЧВ), м³, определяют как сумму регулирующей емкости, запасов воды на промывку фильтров и неприкосновенного трехчасового пожарного запаса:

$$W_{\text{РЧВ}} = W_{\text{Р}} + W_{\text{Ф}} + W_{\text{П}}, \quad (3.17)$$

где $W_{\text{Р}}$ – регулирующая емкость, при равномерной работе насосной станции II подъема 8,0–5,0 % от $Q_{\text{с}}^{\text{max}}$;

$W_{\text{Ф}}$ – запас на промывку фильтров, принимаемый равным 1,0–2,0 % от $Q_{\text{с}}^{\text{max}}$;

$W_{\text{П}}$ – пожарная емкость резервуара, м³, принимаемая равной:

$$W_{\text{П}} = 3 \cdot Q_{\text{П}} + \sum Q_{\text{max}} - 3 \cdot Q_{\text{н.с}}, \quad (3.18)$$

где $3 \cdot Q_{\text{П}}$ – полный объем воды за 3 часа тушения пожара (3 ч – расчетная продолжительность тушения пожара);

$\sum Q_{\text{max}}$ – суммарный расход за 3 часа наибольшего водопотребления, м³;

$3 \cdot Q_{\text{н.с}}$ – объем воды, поступающий за 3 часа от насосной станции I подъема.

Полная емкость бака водонапорной башни (БВБ) насосной станции II подъема должна включать регулирующий и неприкосновенный противопожарный объем воды. Регулирующий объем должен определяться на основании таблиц и графиков водопотребления и подачи насосами. Противопожарный объем воды для населенных пунктов рассчитывается на 10-минутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожаров при одновременном наибольшем расходе на другие нужды.

Размеры бака назначают по полной емкости из соотношения:

$$\frac{h_{\text{б}}}{D_{\text{б}}} = 0,6 - 0,7, \quad (3.19)$$

где $h_{\text{б}}$ – высота бака, м;

$D_{\text{б}}$ – диаметр бака, м.

4. ВЫБОР И РАСЧЕТ ВСАСЫВАЮЩИХ И НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В машинном зале насосы обвязываются всасывающими и напорными трубопроводами. Обвязка выполняется стальными трубами, с применением стальных фасонных частей на сварке и фланцевых соединений для присоединения к патрубкам насосов и к арматуре. В заглубленных станциях трубы прокладываются на опорах по полу, в наземных – в каналах или подвальных помещениях. Коллекторы с задвижками переключения допускается выносить за пределы машинного зала.

Число всасывающих линий вне насосной станции должно быть не менее двух. Каждая из линий рассчитывается на пропуск полного расчетного расхода воды станцией, то есть на наибольшую расчетную подачу воды станцией для удовлетворения хозяйственно-питьевого водопотребления с проверкой на пропуск расхода при пожаре. На пропуск этих же расходов рассчитывается всасывающий коллектор.

Диаметры подводок к насосам определяются по наибольшей расчетной производительности насоса.

Скорости движения воды во всасывающих трубопроводах следует принимать по прил. 2. Зная расчетный расход и допустимую скорость движения жидкости, подбирают диаметр трубопровода d и гидравлический уклон i .

Число внешних напорных трубопроводов (водоводов) должно быть не менее двух. Каждая из напорных линий, а также напорный коллектор рассчитываются на пропуск не менее 70 % расчетного расхода воды станцией. Диаметры подводок к насосам определяются по наибольшей расчетной производительности насоса; значения допустимых скоростей в напорных трубопроводах принимаются по прил. 2.

На напорных трубах каждого из насосов устанавливаются концентрические переходы, обратные клапаны и задвижки; на всасывающих трубах – эксцентрические (косые) переходы к всасывающим патрубкам (рис. 6).

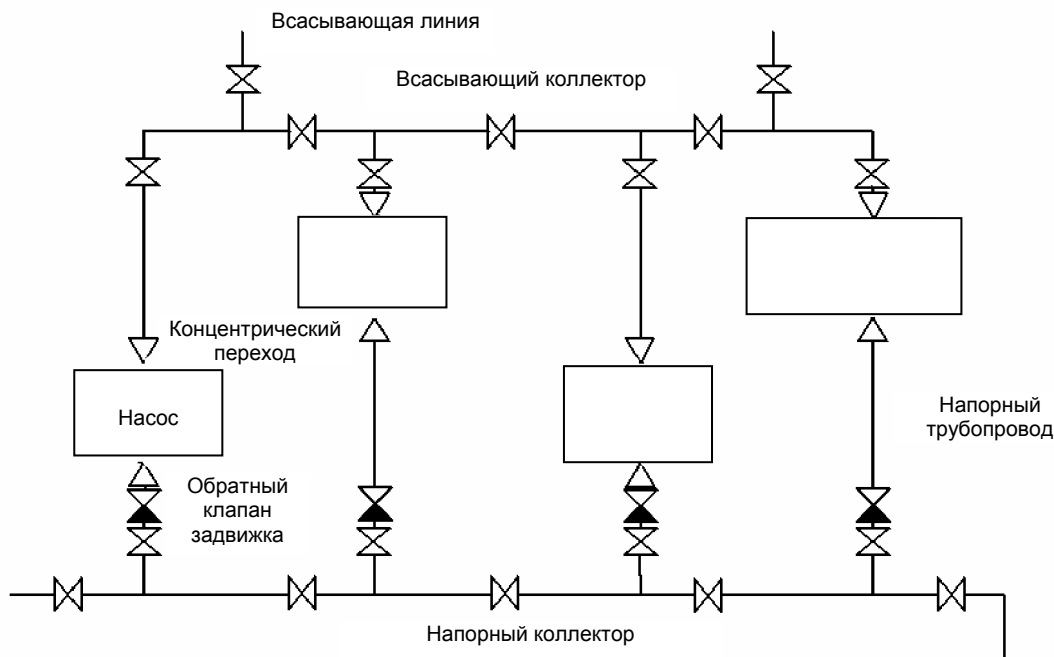


Рис. 6. Схема обвязки насосных агрегатов

Задвижки на коллекторах всасывающих и напорных трубопроводов следует размещать так, чтобы при ремонте любого насоса, обратного клапана, а также задвижки была обеспечена подача воды на хозяйственно-питьевые нужды в размере не менее 70 % от расчетной.

Длины фасонных частей, задвижек и обратных клапанов, используемых при обвязке насосов, следует показать в пояснительной записке на аксонометрической схеме или в плане насосной станции.

5. АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ И ТРУБОПРОВОДОВ

На общий график необходимо нанести характеристики насосов при их индивидуальной и параллельной работе и характеристику той трубопроводной сети, на которую работают эти насосы, а также рассмотреть случаи аварии на одном из участков напорного трубопровода и период тушения пожара.

Необходимо иметь в виду, что в случае отключения одного трубопровода или его участка при аварии подачу воды допускается снижать не более чем на 30 % от расчетного расхода.

Число камер переключений с задвижками можно принимать равным $n_{\text{тр}}^2$ с длиной участков не более 5 км, где n – число ниток трубопровода.

Построение характеристики трубопровода, м, производится по формуле

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{г}} + S \cdot Q^2, \quad (5.1)$$

где S – сопротивление трубопровода, $\text{с}^2/\text{м}^5$.

Приведенное сопротивление трубопровода определяется по выражению:

$$S_{\text{тр}} = \frac{\sum h}{Q_{\text{р}}}, \quad (5.2)$$

где $\sum h$ – суммарные потери напора, м, определяются по выражениям:

$$\begin{aligned} \sum h &= h_{\text{в}} + h_{\text{н}} + h_{\text{ст}}; \\ h_{\text{в}} &= h_{\text{лв}} + h_{\text{мв}}; \quad h_{\text{н}} = h_{\text{лн}} + h_{\text{мн}}, \end{aligned} \quad (5.3)$$

где $h_{\text{в}}$, $h_{\text{н}}$ – потери напора во всасывающих и напорных водоводах, м;

$h_{\text{ст}}$ – потери напора в коммуникациях внутри станции и водомере, м;

$h_{\text{лв}}$, $h_{\text{лн}}$ – линейные потери напора во всасывающих и напорных водоводах, м, определяются по выражениям:

$$h_{\text{л}} = i \cdot L \text{ или } h_{\text{л}} = S \cdot q^2; \quad S = A \cdot L, \quad (5.4)$$

где i – единичные потери напора, м;

L – длина водовода, м;

S – полное гидравлическое сопротивление водовода;

A – удельное гидравлическое сопротивление водовода;

$h_{\text{мв}}$, $h_{\text{мн}}$ – местные потери напора во всасывающих и напорных водоводах, м, определяются по формуле

$$h_{\text{м}} = \sum \varphi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \quad (5.5)$$

где $\sum \varphi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

$Q_{\text{р}}$ – расчетный расход, л/с.

Производится расчет потерь напора h_1 при произвольно выбранных значениях Q_i по формуле

$$h_1 = S_{\text{тр}} \cdot Q^2.$$

Для каждого случая (индивидуальной, параллельной, аварийной работ и в период тушения пожара) вычисляются значения сопротивлений трубопровода S . Затем, задаваясь значениями Q , по формуле (5.1) вычисляются соответствующие значения напора трубопровода $H_{\text{тр}}$. Значения Q и $m_{\text{тр}}$ наносят на характеристику насосов и, соединив их плавной кривой, получают соответствующую характеристику трубопровода: $m_{\text{тр}} = f(Q)$.

Пересечение характеристики насоса и трубопровода называется рабочей, или режимной точкой. Путем умножения абсцисс на число параллельно работающих насосов строится суммарная характеристика насосов (рис.7).

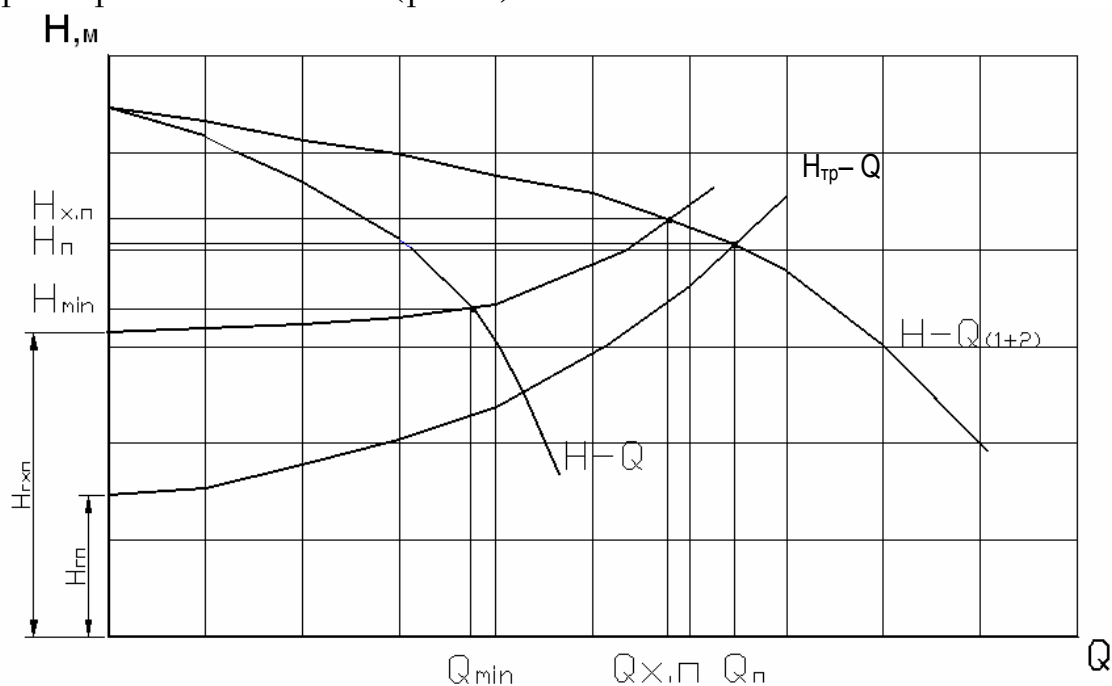


Рис. 7. Выбор насосов для параллельной работы по характерным режимам водопотребления

На чертеже необходимо указать режимные точки работы насосов при нормальных условиях, аварии и тушении пожара.

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).

6. ВЫСОТНОЕ РЕШЕНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В проекте должно быть обосновано высотное решение насосной станции, то есть определены условные отметки оси насосов, пола машинного зала, высоты надземной части здания.

6.1. Определение отметки оси насоса

Допустимая (наибольшая) отметка оси насосов определяется по формуле

$$z_0 = z_p + H_{\text{вак.доп}} - h_{w\text{вс}}, \quad (6.1)$$

где z_0 – отметка оси насоса, м;

z_p – расчетная (низшая) отметка уровня воды в резервуаре чистой воды, м;

$H_{\text{вак.доп}}$ – допустимая вакуумметрическая высота всасывания насосов, определяемая по характеристике $Q - H_{\text{вак.доп}}$ выбранного насоса при расчетной наибольшей подаче, м;

$h_{w\text{вс}}$ – потери напора во всасывающей линии, м.

Потери напора во всасывающей линии складываются из потерь напора по длине $h_{l\text{вс}}$ и потерь напора на преодоление местных сопротивлений $h_{\text{м.вс}}$ в фасонных частях и арматуре.

Потери напора определяются для всасывающей линии, имеющей наибольшую протяженность; аксонометрическая схема расчетной всасывающей линии с показом длин, диаметров, фасонных частей и арматуры должна быть приведена в пояснительной записке или на листах чертежей.

Потери напора во всасывающей линии, м, определяются по формуле

$$h_{w\text{вс}} = h_{l\text{вс}} + h_{\text{м.вс}}. \quad (6.2)$$

Потери по длине, м, определяются по формуле

$$h_{l\text{вс}} = i \cdot l, \quad (6.3)$$

где i – гидравлический уклон (или потери напора на единице длины трубопровода);

l – расчетная длина участка.

Местные потери, м, определяются по формуле

$$h_{\text{м.вс}} = \sum \zeta \frac{v^2}{2g}, \quad (6.4)$$

где v – скорость движения воды на расчетном участке, м/с;
 g – ускорение силы тяжести, м/с²;
 ζ – величина коэффициента местного сопротивления.

6.2. Определение отметки пола машинного зала насосной станции

Отметка пола машинного зала насосной станции определяется по значению расчетной отметки оси насосов с учетом расстояния от оси насоса до лап (по каталогу насосов) и высоты выступа фундамента над полом $H_{\text{ф}}$:

$$z_{\text{п.расч}} = z_0 - h_{\text{н}} - m_{\text{ф}}, \quad (6.5)$$

где $z_{\text{п.расч}}$ – расчетная отметка пола машинного зала.

Значение $H_{\text{ф}}$ (включая высоту рамы насоса) назначается с учетом обеспечения удобства подключения к патрубкам насосов всасывающих и напорных трубопроводов, но не менее 0,15–0,20 м.

Принимаемая в проекте отметка пола при соответствующем обосновании может быть взята меньше по сравнению с расчетной $z_{\text{п.расч}}$. Основаниями для заглубления пола насосной станции до отметки, меньше расчетной, могут быть:

- 1) стремление повысить надежность работы насосов уменьшением геометрической высоты всасывания по сравнению с предельно допустимой величиной, принятой в расчетах;
- 2) размещение насосов под заливом.

При неблагоприятных гидрологических условиях (скальные грунты, высокое положение уровня грунтовых вод и т.п.) отметка заглубления машинного зала обычно принимается максимальной, т.е. в соответствии с расчетом.

Если отметка пола по расчету получается больше отметки земли, то отметка пола принимается на уровне земли.

6.3. Определение высоты наземной части машинного зала

Высота верхнего строения машинного зала определяется типом грузоподъемного оборудования (таль ручная, кран-балка подвесная, кран мостовой или электрическое крановое оборудование), а также размерами перемещаемого оборудования (электронасосный агрегат и др.), с учетом длины строп и удобного перемещения оборудования.

В зданиях станций, оборудованных стационарными грузоподъемными механизмами, высота верхнего строения определяется расчетом.

Помещение, оборудованное подвесной кран-балкой (рис. 8), должно иметь высоту

$$m_{\text{верхн.стр.}} \geq h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0,5, \quad (6.6)$$

где $m_{\text{верхн.стр.}}$ – необходимая высота верхнего строения насосной станции, м;

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

h_2 – минимальная высота от крюка до низа монорельса, м;

h_3 – высота строповки груза, принимаемая равной 0,5–1 м;

h_4 – высота груза, м;

0,5 – минимальная высота от груза до пола или до установленного оборудования, м.

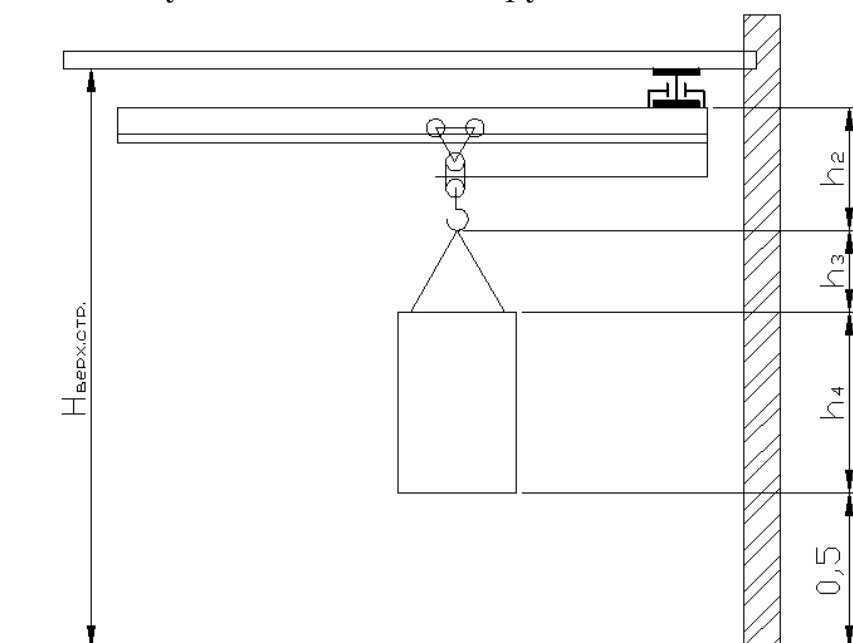


Рис. 8. Определение высоты зданий насосных станций.
Здание, оборудованное подвесной кран-балкой

Верхнее строение насосной станции, оборудованной мостовым краном (рис. 9), определяется по формуле

$$m_{\text{верхн.стр}} \geq 0,1 + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + 0,5 + h_{\text{обор}}, \quad (6.7)$$

где h_1 – высота крана над головкой подкранового рельса, м;
 h_2 – минимальная высота от крюка до головки рельса, м;
 0,1 – минимальное расстояние по высоте от низа перекрытия до верха балки или грузовой тележки крана, м;
 $h_{\text{обор}}$ – высота установленного оборудования, м.

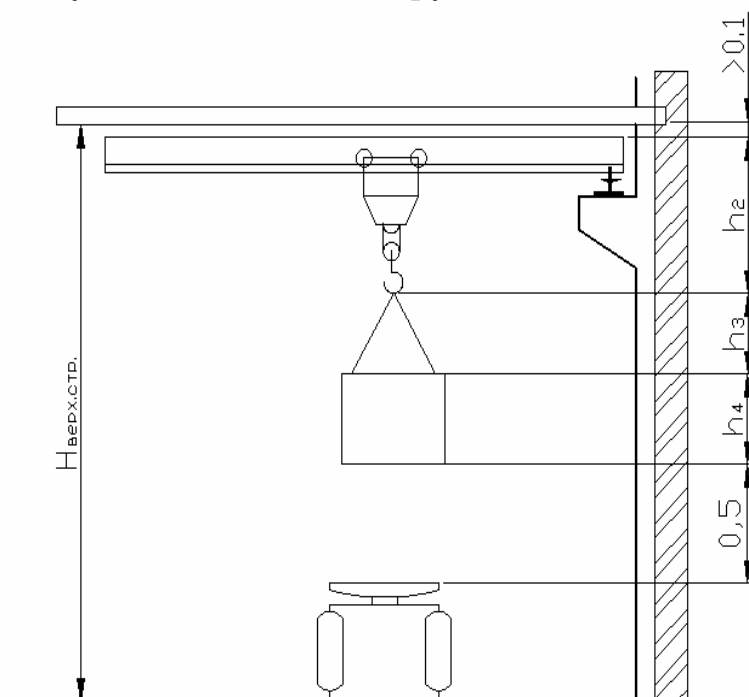


Рис. 9. Определение высоты зданий насосных станций.
 Здание, оборудованное мостовым краном

Остальные обозначения те же, что и ранее. При доставке груза (насоса, электродвигателя) на монтажную площадку насосной станции $m_{\text{верхн.стр.}}$ увеличивается на $h_{\text{трансп}}$ ($h_{\text{трансп}}$ – высота от пола до грузовой платформы машины, м).

Кран-балки подвешиваются к балкам двутаврового сечения, которые, в свою очередь, прикрепляются к балкам перекрытия. Мостовые краны опираются ходовой частью на подкрановые пути (рельсы), уложенные на консоли колонн или пилястры стен.

Окончательные размеры машинного здания насосной станции как в плане, так и по высоте устанавливаются технико-экономическими расчетами.

7. РАСПОЛОЖЕНИЕ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Насосные станции второго подъема располагаются на некотором расстоянии от резервуаров чистой воды.

По положению пола машинного зала относительно поверхности земли насосные станции бывают поверхностными и заглубленными. В плане они имеют форму прямоугольника. Для определения размеров машинного зала необходимо знать:

- размеры насосного агрегата с фундаментной плитой;
- диаметры трубопроводов;
- размеры арматуры (задвижек, обратных клапанов, водометров);
- размеры фасонных частей для соединения арматуры, насосов с трубопроводами (отводов, тройников, переходов, крестовин).

Компоновку насосных агрегатов, трубопроводов и арматуры рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- 1) определяются размеры фундамента под насосный агрегат;
- 2) выбирается схема размещения агрегатов;
- 3) размещаются фундаменты агрегатов в плане;
- 4) наносятся всасывающие и напорные трубопроводы насосных агрегатов и проводится гидравлический расчет труб с определением их диаметров;
- 5) подбираются арматура и фасонные части, которые размещаются на соответствующих трубопроводах;
- 6) определяются общие размеры машинного зала в плане;
- 7) выбираются типы электrorаспределительных устройств (трансформаторы, распределительные щиты) и размещаются на плане насосной станции;
- 8) размещаются подсобные и бытовые помещения.

Размеры фундамента в плане под агрегат определяются габаритными размерами насосного агрегата. Если насосный агрегат смонтирован на общей фундаментной плите, то ширину и длину фундамента принимают равной ширине и длине фундаментной плиты насоса плюс 50–150 мм. Высота фундамента над уровнем пола машинного зала принимается от условий удобства монтажа всасывающих и напорных трубопроводов, но не менее 150–200 мм. Глубина заложения подошвы фундамента зависит от мощности

монтируемого агрегата, глубины промерзания грунтов и их физических свойств.

В глинистых грунтах, подверженных пучению, глубину фундамента принимают не менее 1250 мм, в песчаных же грунтах значительно меньше, но не менее 500–700 мм.

Схема размещения агрегатов зависит от числа и размеров оборудования, а также формы здания в плане. Для прямоугольных насосных станций могут быть приняты следующие схемы: однорядная, двухрядная, шахматная. Однорядная схема предпочтительна при малом числе агрегатов (до 3-х); двухрядная – при большом числе крупных агрегатов.

При определении площади производственных помещений ширину проходов следует принимать не менее:

- между насосами или электродвигателями – 1 м;
- между насосами или электродвигателями и стеной в заглубленных помещениях – 0,7 м; в прочих – 1 м; при этом ширина прохода со стороны электродвигателя должна быть достаточной для демонтажа ротора;
- между компрессорами или воздухоувками – 1,5 м;
- между ними и стеной – 1 м;
- между неподвижными выступающими частями оборудования – 0,7 м;
- перед распределительным электрическим щитом – 2 м.

При определении размеров машинного зала необходимо учитывать размеры монтажной площадки и площадок обслуживания. Монтажная площадка служит для размещения на ней оборудования при разгрузке и погрузке в транспорт. Она располагается на одной отметке с порогом входа в здание. Размеры монтажной площадки должны быть такими, чтобы на ней разместился наибольший агрегат насосной станции, при этом около него должен быть свободный проход шириной не менее 0,7 м. Доставка оборудования и арматуры на монтажную площадку производится через ворота такелажными средствами или только на монорельсе, выходящем из здания, а в обоснованных случаях – транспортными средствами. Размеры ворот или дверей принимают, исходя из максимальных габаритов оборудования или транспортного средства с грузом. Пример компоновки насосной станции приведен в прил. 3.

Трубопроводы в зданиях и сооружениях, как правило, укладываются над поверхностью пола (на опорах или кронштейнах на высоте не менее 0,15 м при $d = 400$ мм и 0,25 м при $d = 400$ мм) с

устройством мостиков над трубопроводами и обеспечением подхода и обслуживания оборудования и арматуры. Допускается укладка трубопроводов в каналах, перекрываемых съемными плитами, или в подвалах. Размеры каналов принимаются:

– при диаметре труб до 400 мм – ширина $d + 600$ мм, глубина $d + 400$ мм;

– при диаметре труб 500 мм и выше – ширина $d + 800$ мм, глубина $d + 600$ мм.

В местах установки фланцевой арматуры ширина канала увеличивается на 300 мм при $d \leq 500$ мм; при d труб от 500 до 600 мм – на 600 – 700 мм.

8. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

К вспомогательному оборудованию относятся вакуум-насосы, дренажные насосы, подъемно-транспортное оборудование и расходомеры. Вакуум-насосы и дренажные насосы располагаются на полу машинного зала у стены здания. Размеры этих агрегатов небольшие и специальной площадки для них не требуется.

8.1. Вакуум-насосы

Вакуум-насосы подбираются по расчетной производительности воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$, и необходимому вакууму, соответствующему наибольшей геометрической высоте всасывания основных насосов, м вод. ст.:

$$m_{\text{г.вс}} = m_{\text{вак}}^{\text{доп}} - h_{\text{вс}} - \frac{v_{\text{вс}}^2}{2 \cdot g}. \quad (8.1)$$

Требуемая производительность, $\text{м}^3/\text{мин}$, вакуум-насоса:

$$Q_{\text{в}} = \frac{(W_{\text{тр}} + W_{\text{н}}) \cdot m_1}{T \cdot (m_1 - m_{\text{г.вс}})} \cdot \kappa_1, \quad (8.2)$$

где $Q_{\text{в}}$ – производительность вакуум-насоса, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$W_{\text{тр}}$ – объем воздуха во всасывающем трубопроводе, м^3 :

$$W_{\text{тр}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l; \quad (8.3)$$

- здесь d – диаметр всасывающего трубопровода центробежного насоса, м;
- l – наибольшая длина всасывающего трубопровода центробежного насоса, м;
- $W_{\text{н}}$ – объем воздуха в корпусе центробежного насоса, принимаемый равным 0,1–0,5 м³;
- m_1 – высота столба жидкости, соответствующая барометрическому давлению, м, принимаемая равной 10 м (при атмосферном давлении);
- T – время, необходимое для заливки системы (3–5 мин);
- $m_{\text{г.вс}}$ – геометрическая высота всасывания центробежного насоса, считая от оси насоса до низшего уровня воды в резервуаре, м вод. ст.;
- k – коэффициент запаса, учитывающий возможность попадания воздуха через неплотности и сальники, принимаемый равным 1,05–1,1

По расчетным значениям $Q_{\text{в}}$ и $m_{\text{г.вс}}$ производится выбор марки вакуум-насосов. Число вакуум-насосов на станции должно быть равно 2. Промышленностью выпускаются следующие марки вакуум-насосов:

Тип КВН – консольный вакуум-насос;

ВВН – водокольцевой вакуум-насос;

РМК – ротационная машина-компрессор (работает как вакуум-насос и компрессор).

Вакуумная установка состоит из рабочих вакуум-насосов, резервных и циркуляционного бачка.

8.2. Дренажные насосы

Дренажные насосы устанавливаются в машинном зале заглубленных насосных станций для откачки воды, накапливающейся в результате утечек через сальники насосов, при фильтрации грунтовых вод через стены и пол здания, при ремонтах или авариях на трубопроводах. Для сбора просачивающейся воды предусматривается сборный колодец объемом на 10–15-минутную производительность дренажного насоса. Вода с пола отводится к сборному колодцу дренажными лотками, откуда дренажные насосы откачивают воду, а полу придается уклон к ним 0,002–0,005.

Производительность дренажных насосов назначается в зависимости от мощности станции: для станций производительностью 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 качестве дренажных широко используются насосы типа К, самовсасывающие вихревые и центробежно-вихревые насосы марок ВС и СЦВ (один рабочий, другой резервный).

8.3. Подъемно-транспортное оборудование

Подъемно-транспортное оборудование обеспечивает монтаж и демонтаж оборудования, арматуры и трубопроводов в насосной станции. Тип его определяют, исходя из максимальной массы устанавливаемого оборудования (насоса и электродвигателя), высоты, ширины и длины здания станции в плане. Подъемно-транспортное оборудование принимается: при массе груза до 5 т – таль ручная или кран-балка подвесная; при массе груза более 5 т – кран мостовой ручной; при подъеме груза на высоту более 6 м или при длине подкранового пути более 18 м – электрическое крановое оборудование. Для размещения оборудования и арматуры массой до 0,3 т допускается применение такелажных работ.

8.4. Расходомеры

Расходомеры устанавливаются на каждом напорном водоводе для учета количества воды, подаваемой насосной станцией.

В проекте должен быть произведен выбор типа расходомера и намечено место расположения водомера или его элементов. Применяются следующие типы расходомеров (водомеров): скоростные, труба Вентури, сопло Вентури, диафрагмовые и колено-расходомер. Расходомеры с сужающими устройствами имеют значительные преимущества перед скоростными. Как правило, именно они должны применяться на водопроводных насосных станциях. Диафрагмы, трубы Вентури и сопла Вентури в качестве сужающих устройств могут быть применены на трубах диаметром от 50 до 1400 мм, но на крупных станциях (диаметр водоводов 500 мм и более) следует отдавать предпочтение трубам Вентури.

Сужающие устройства и первичные приборы устанавливаются в специальных колодцах, которые должны быть показаны на генплане

станции. Длины прямых участков перед сужающими устройствами должны быть не менее 25–30 диаметров трубопровода, за ними – не менее 5 диаметров.

Вторичные приборы – дифманометры устанавливаются на щите управления.

9. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

9.1. Подбор электродвигателей

К насосам, принятым к установке, подбираются электродвигатели по необходимой мощности и частоте вращения ротора, которые соответствуют частоте вращения рабочего колеса.

Необходимая мощность электродвигателя, кВт, определяется по формуле

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{н}} \cdot \kappa_3, \quad (9.1)$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность электродвигателя, кВт;

$N_{\text{н}}$ – мощность насоса, кВт;

κ_3 – коэффициент запаса на возможные перегрузки, принимаемый по табл. 9.1.

Таблица 9.1

Коэффициент запаса мощности электродвигателя

N , кВт	До 20	От 20–50	От 50–300	Свыше 300
κ_3				

$$N_{\text{н}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta_{\text{н}}}, \quad (9.2)$$

где γ – объемный вес жидкости, кг/м³ (для воды 1000 кг/м³);

Q – расчетная подача насоса, м³/с;

H – расчетный напор насоса, м;

$\eta_{\text{н}}$ – КПД насоса, принимаемый по характеристике $Q-\eta$ для оптимального режима работы насосов (в долях единицы).

Если хозяйственно-питьевые насосы одновременно являются и противопожарными, то учитывается режим работы насосов при

пожаротушении; так как при пожаротушении подача насосов увеличивается, это приводит к повышению потребляемой мощности электродвигателя.

9.2. Трансформаторы и схемы электроснабжения

Для обеспечения электроэнергией приводных электродвигателей насосов, электрифицированных задвижек и другого вспомогательного электрооборудования насосные станции имеют электрическое хозяйство, основными элементами которого являются: силовые трансформаторы, масляные выключатели, разъединители, изоляторы, токоведущие части, силовые кабели, измерительные трансформаторы и предохранители.

Силовые трансформаторы со всей аппаратурой образуют трансформаторную подстанцию (ТП), а оборудование, предназначенное для приема и распределения электрической энергии, входит в состав распределительных устройств (РУ).

Расчетная мощность силового трансформатора, кВ А, определяется по формуле

$$N_T = \kappa_c \cdot \sum \frac{N_{дв}}{\eta_{дв} \cdot \cos\varphi} + N_{осв}, \quad (9.3)$$

где N_T – мощность трансформаторов, кВ А;

κ_c – коэффициент спроса, зависящий от количества рабочих агрегатов станции, принимаемый по табл. 9.2;

$N_{дв}$ – 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;

$N_{осв}$ – суммарная мощность осветительной нагрузки, кВт, принимаемая от 5 – 10 кВт.

Т а б л и ц а 9.2

Коэффициент спроса

Количество рабочих электродвигателей	1–2	3	4	5
Коэффициент спроса κ_c	1,0	0,9	0,8	0,7

В сумму мощностей электродвигателей мощность резервных агрегатов не входит.

По мощности трансформатора, кВ А, и напряжению в линии электропередачи выбираются силовые трансформаторы (один рабочий, другой резервный), типы и размеры которых принимаются по прил. 4.

Силовые трансформаторы устанавливаются в трансформаторных подстанциях. Трансформаторные подстанции проектируются: закрытые отдельно стоящие, пристроенные к зданию насосной станции или же встроенные в него. Закрытое размещение силовых трансформаторов насосных станций экономически оправдывается при напряжении линии электропередачи (ЛЭП) до 10 кВ включительно.

Размеры помещений под трансформатор принимаются больше размера трансформатора: на 0,6 м до стен; перед дверьми – 0,8 м; до перекрытия 1,0 м; дверной проем – на 0,2 м больше ширины или его длины (в зависимости от условия его выкатки – широкой или длинной стороной).

Распределительные устройства (РУ) насосных станций, у которых напряжение приводных электродвигателей основных насосов не превышает 10 кВ, устраивают в помещениях, пристроенных к зданию, или внутри него. Распределительные устройства высокого напряжения комплектуются из типовых стальных шкафов (КРУ) размерами 1300×1300×4100 мм, с односторонним обслуживанием. Ширина коридора при 6 кВ должна быть не менее 1500 мм. Количество шкафов РУ принимается по электрической схеме соединений.

В курсовом проекте число шкафов принимается ориентировочно от 1 до 4 на каждый высоковольтный ввод.

Распределительные щиты низкого напряжения (220–380 В) выпускаются с односторонним и двухсторонним обслуживанием, размерами 90×500×2100 мм. Число щитов ориентировочно можно принять равным:

- по одному щиту на каждый насос;
- один-два на вспомогательное оборудование (вакуум-насосы, дренажные насосы и грузоподъемные механизмы);
- один щит на каждые 4-5 электродвигателей к задвижкам;
- один-два на другое оборудование.

Помещение РУ проектируется на уровне монтажной площадки.

Допускается устройство входа в помещение РУ из машинного зала. Помещения для РУ и ТП проектируются без окон, с искусственным освещением.

На небольших насосных станциях ячейки КРУ и распределительные щиты устанавливаются непосредственно в машинном зале; расстояние вдоль их фронта до стен – не менее 1,5 м; до установленного оборудования – не менее 2,0 м.

Для управления работой электродвигателей используются пускатели или контакторы, размещаемые на стенах машинного зала. При автоматизации управления электродвигателями применяются станции автоматического управления, размещаемые в металлических ящиках вблизи электродвигателей, имеющих размеры: фасад 600–900 мм, глубина 500–600 мм, высота до 2250 мм.

Щиты управления размещаются в диспетчерской, в помещении рядом с РУ, или непосредственно в машинном зале вдоль стен. Размеры щита управления (панели) – 800×550×2360 мм. Число панелей определяется по 2–2,5 панели на каждый электродвигатель, вспомогательное оборудование. Проход за щитом должен быть не менее 1000 мм, перед фронтом – не менее 1800 мм. Схема компоновки электрического оборудования приведена на рис. 10 (с двигателями низкого напряжения).

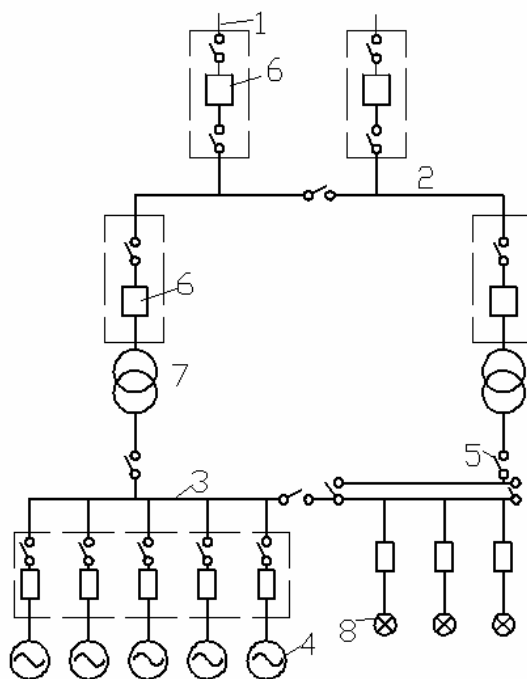


Рис. 10. Схема электрических соединений насосной станции с двигателями низкого напряжения:
 1 – линия электропередачи (ЛЭП); 2 – система шин высокого напряжения (6 кВ); 3 – шины низкого напряжения (0,38 кВ);
 4 – электродвигатель; 5 – разъединитель; 6 – масляный выключатель;
 7 – силовой трансформатор марки ТМ; 8 – мелкая нагрузка и освещение

В пояснительной записке к курсовому проекту приводится принятая схема электроснабжения насосной станции с описанием выбранного электрооборудования. При выполнении дипломного проекта дополнительно разрабатывается автоматизация основных технологических операций при эксплуатации насосной станции.

10. РАЗРАБОТКА ГЕНПЛАНА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

При выполнении строительной части насосной станции разрабатываются планы и разрезы здания вместе с технологическими чертежами. При конструировании зданий насосных станций, прямоугольных в плане, определяются пролет и длина, которые необходимо увязать с размерами унифицированных типов прямоугольных станций и типовых проектов.

Генеральный план площадки насосной станции разрабатывается с размещением на нем, кроме основного здания насосной станции, всех сооружений, необходимых для надежной работы насосной станции, а именно: резервуаров чистой воды, обвалованных грунтом; камер переключения всасывающих и напорных трубопроводов; подземных коммуникаций (всасывающих и напорных трубопроводов) с колодцами на них для размещения оборудования (задвижек, водомеров, предохранительных клапанов и т.п.) и наблюдения за эксплуатацией.

Территория насосной станции 2-го подъема, как правило, является частью территории очистных сооружений, вокруг которой должна быть создана санитарная зона, размещены сторожевая охрана и технические средства охраны. Площадка насосной станции ограждается глухим забором высотой 2,5 м; предусматривается запретная зона шириной 5–10 м вдоль внутренней стороны периметра площадки, ограждаемая колючей или гладкой проволокой на высоту 1,2 м, с тропой наряда шириной 1 м, расположенной на расстоянии 1 м от ограждения запретной зоны; столбы-указатели, обозначающие границы запретной зоны, устанавливаются через каждые 50 м, не более. По периметру ограждения устраивается охранное освещение (прил. 5).

Внешнее ограждение должно быть установлено от здания насосной станции резервуаров чистой воды на расстоянии не менее 30 м.

На площадке насосной станции сооружаются подъездные асфальтированные дороги шириной 3,0 м с площадками для разгрузки или погрузки оборудования.

11. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕМАТИКЕ УНИРС

С целью расширения кругозора студентов в состав проекта по рекомендации преподавателя могут быть введены элементы научного исследования как составной части учебной научно-исследовательской работы студентов (УНИРС), в соответствии с учебным планом специальности.

В качестве тем для УНИРС в составе проекта могут быть предложены следующие:

1. Разработка дополнительного варианта выбора насосов с технико-экономическим сравнением разработанных вариантов.
2. Выбор насосов с учетом возможности регулирования частоты вращения рабочих колес насосов.
3. Разработка дополнительного варианта залива насосов водой перед пуском в работу и сравнение с основным вариантом.
4. Расчет сужающего устройства расходомера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.02–85*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М.: Стройиздат, 1996.
2. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб [Текст]: справ. пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1995. – 176 с.
3. Справочник монтажника. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации [Текст] / под ред. А.К. Перешивкина. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
4. Строительный каталог. Раздел 86. Насосы центробежные типов К, КМ, ЦВЦ, 1Д, СМ, СМС, СД, ЦМК [Текст]. – М.: ГПИ СантехНИИпроект, 1991, 1992, 1999.
5. Турк, В.И. Насосы и насосные станции [Текст]: учебник для вузов / В.И. Турк, А.В. Минаев, В.Я. Карелин. – М.: Стройиздат, 1976. – 340 с.
6. Лобачев, П.В. Насосы и насосные станции [Текст] / П.В. Лобачев. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
7. Репин, Б.Н. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения [Текст] / Б.Н. Репин, С.С. Запорожец, В.Н. Ереминов. – М.: Высшая школа, 1995. – 431 с.
8. Абрамов, Н.Н. Водоснабжение [Текст] / Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
9. Карасев, В.В. Насосы и насосные станции [Текст] / В.В. Карасев. – Минск: Высшая школа, 1979. – 286 с.
10. Рычагов, В.В. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок [Текст] / В.В. Рычагов, А.А. Третьяков, М.М. Флоринский. – М.: Колос, 1971. – 320 с.
11. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок [Текст] / под ред. В.Ф. Чебаевского. – М.: Колос, 1982. – 320 с.
12. Справочник по гидравлическим расчетам [Текст] / под ред. П.Г. Киселева. – М.: Энергия, 1974. – 313 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Количество резервных агрегатов
в насосных станциях для рабочей группы насосов

Количество рабочих агрегатов одной группы	Количество резервных агрегатов в насосных станциях для категории		
	I	II	III
До 6	2	1	1
Свыше 6 до 9	2	1	–
9	2	2	–

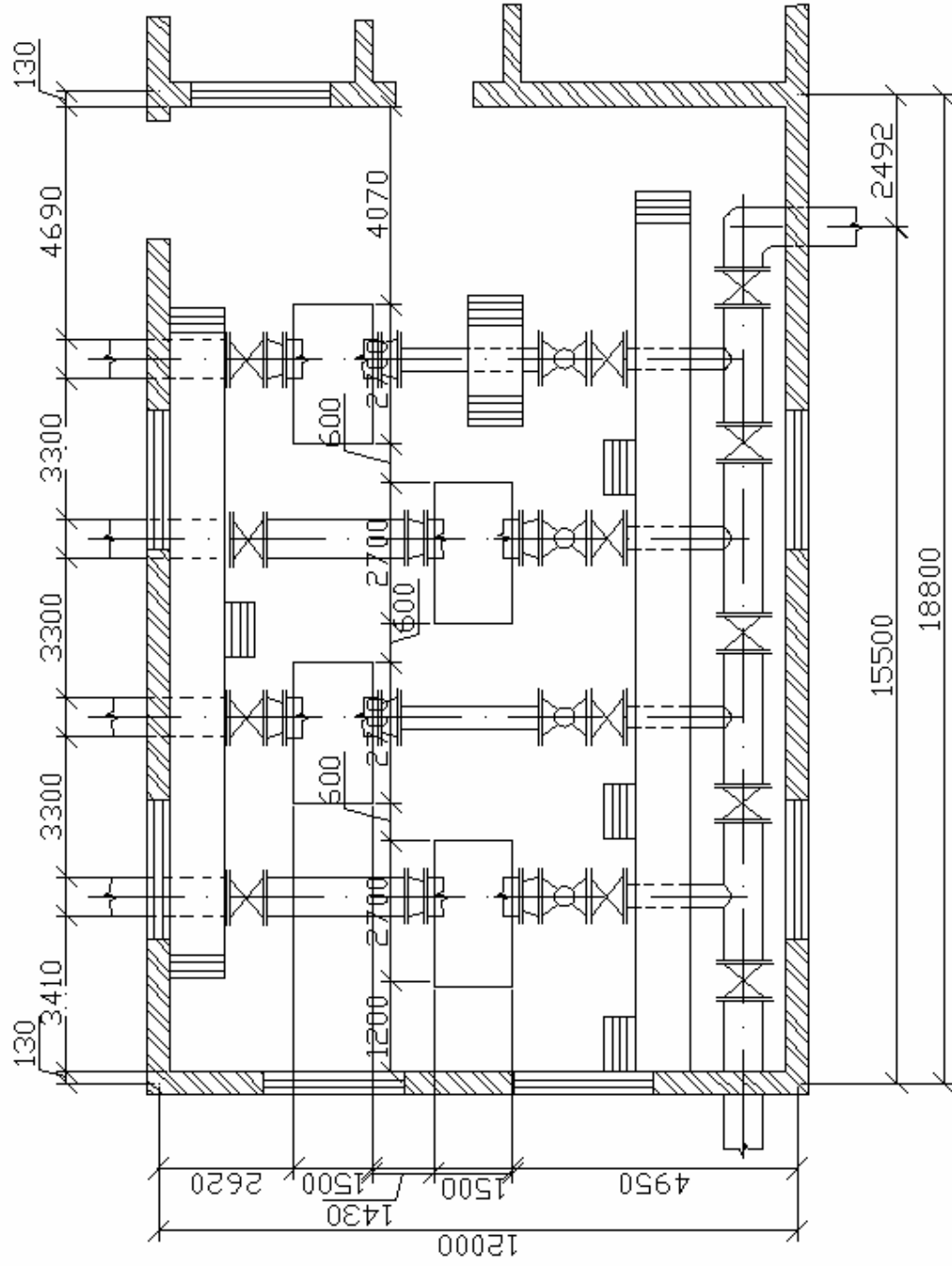
Приложение 2

Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций

Диаметр труб, мм	Скорость движения воды в трубопроводах насосных станций, м/с	
	всасывающие	напорные
До 250	0,6 – 1	0,8 – 2
Свыше 250 до 800	0,8 – 1,5	1 – 3
Свыше 800	1,2 – 2	1,5 – 4

Приложение 3

Размещение оборудования и определение размеров машинного зала



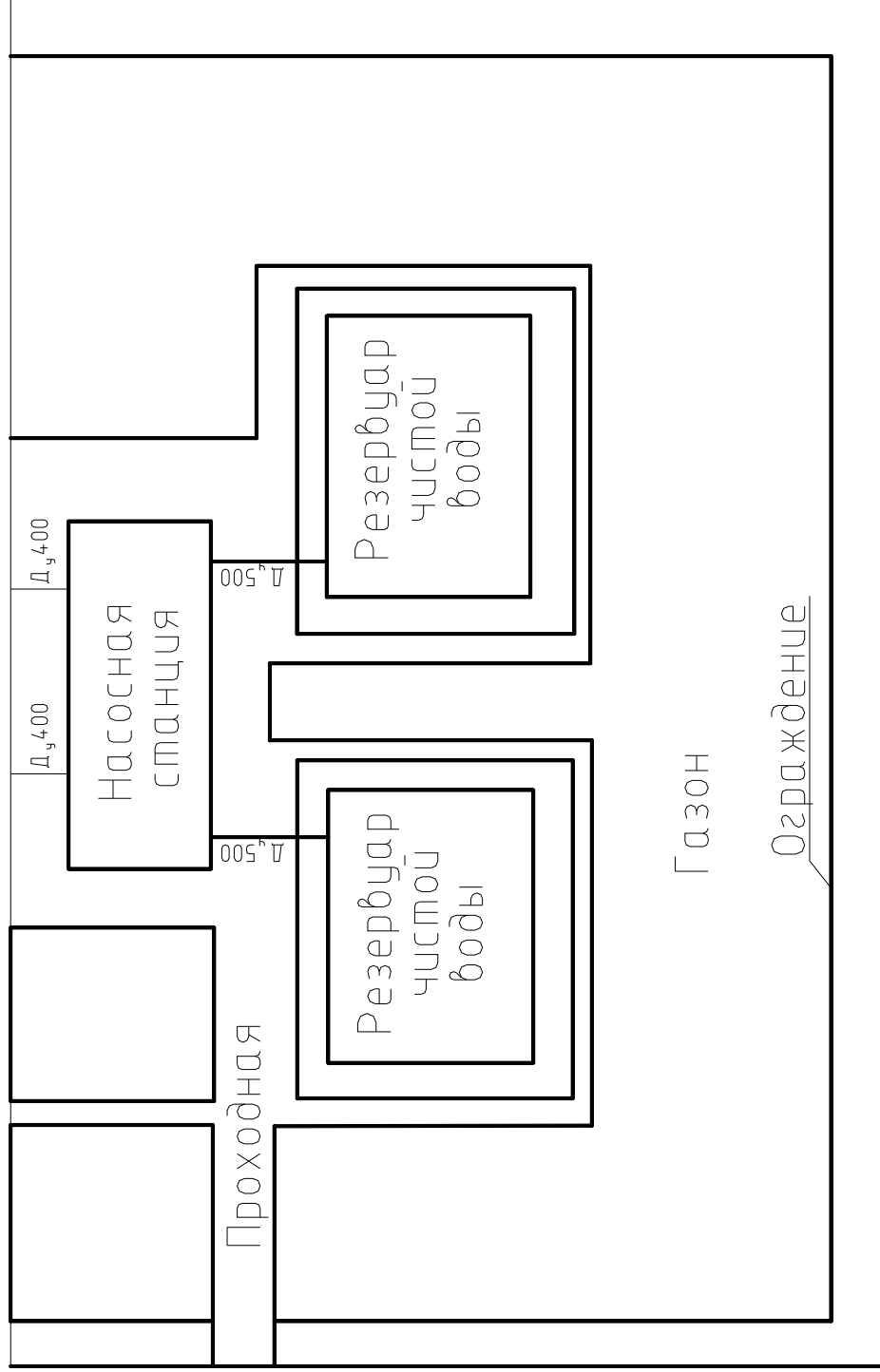
Габаритные размеры трансформаторов

Тип трансформатора	Размеры, мм		
	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
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

Марка – трансформатор масляный; 25 – мощность, кВ А; 6–10 – напряжение высокой стороны, кВ; напряжение низкой стороны для 6 и 10 кВ – 0,4 и 0,23 кВ соответственно.

Приложение 5

Генплан насосной станции второго подъема



ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
2. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА	4
3. ВЫБОР МАРКИ И КОЛИЧЕСТВА НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ	6
3.1. Определение расхода насосной станции	6
3.2. Выбор количества рабочих насосов и определение расчетного расхода	8
3.2.1. Выбор насосов для водопроводных систем без напорно-регулирующей емкости	9
3.2.2. Выбор насосов при принятой напорно-регулирующей емкости на сети	11
3.2.3. Выбор насосов при неограниченной напорной емкости на сети	13
3.3. Определение расчетного напора рабочего насоса	14
3.4. Выбор типа и марки рабочего насоса. Резервные насосы.	16
3.5. Особенность расчета подачи и напора, развиваемых пожарными насосами	18
3.6. Определение объема регулирующих емкостей: резервуара чистой воды, бака водонапорной башни	22
4. ВЫБОР И РАСЧЕТ ВСАСЫВАЮЩИХ И НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	23
6. ВЫСОТНОЕ РЕШЕНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	27
6.1. Определение отметки оси насоса	27
6.2. Определение отметки пола машинного зала насосной станции	28
6.3. Определение высоты наземной части машинного зала	29
7. РАСПОЛОЖЕНИЕ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ЗДАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	31
8. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	33
8.1. Вакуум-насосы	33
8.2. Дренажные насосы	34
8.3. Подъемно-транспортное оборудование	35
8.4. Расходомеры	35

9. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	36
9.1. Подбор электродвигателей	36
9.2. Трансформаторы и схемы электроснабжения.....	37
10. РАЗРАБОТКА ГЕНПЛАНА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ.....	40
11. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕМАТИКЕ УНИРС	41
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	42
ПРИЛОЖЕНИЯ	43

Учебное издание

Круглов Леонид Васильевич

Круглов Сергей Леонидович

Чибирева Алевтина Викторовна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОВОДНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Методические указания

к курсовому и дипломному проектированию

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

Редактор М.А. Сухова

Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 16.12.13. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл. печ.л. 2,79. Уч.-изд.л. 3,0. Тираж 80 экз.

Заказ № 273.

Издательство ПГУАС.

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