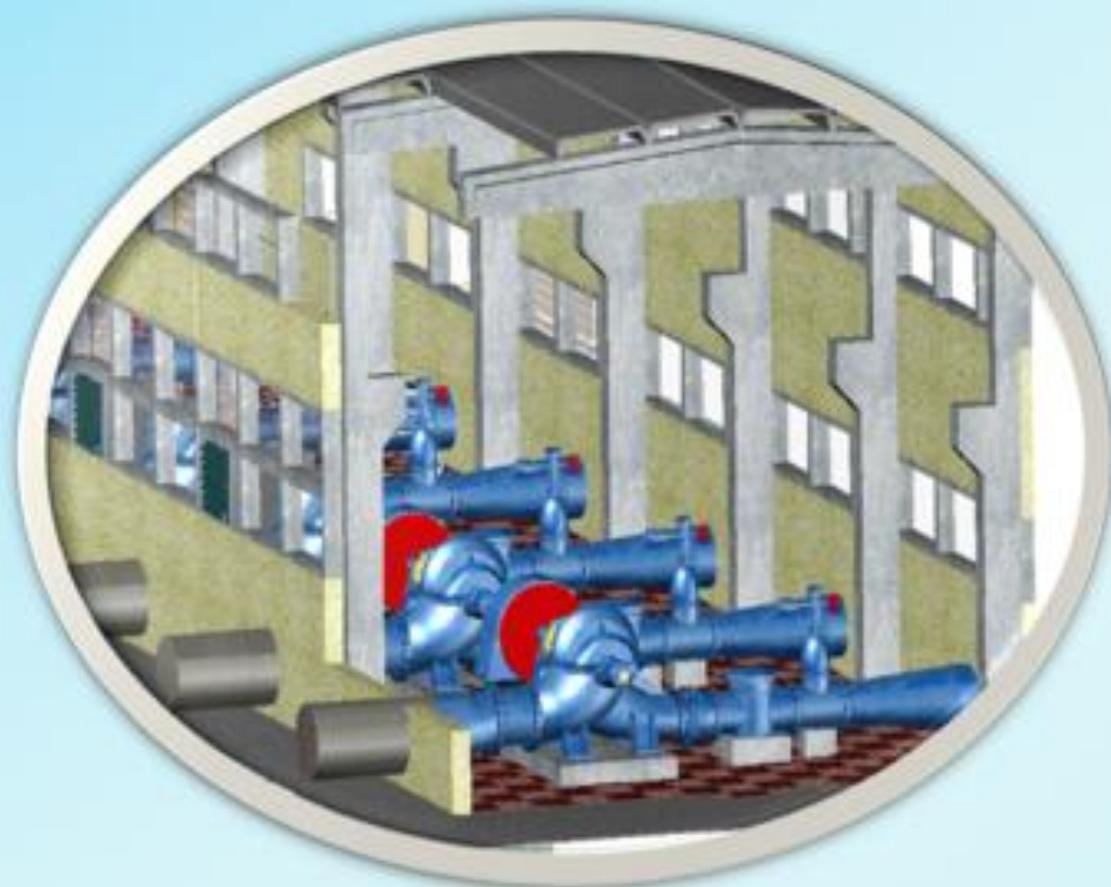


Насосные станции

М.С. Али, Д.С. Бегляров, П.А. Михеев

Учебник



МОСКВА 2022

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

М.С. Али, Д.С. Бегляров, П.А. Михеев

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Учебник

Новочеркасск

Лик

2022

УДК 628.12(075.8)
ББК 31.565.9я73
А 50

Рецензенты:

*Шаганов А.Т., генеральный директор ООО «Экогидропроект»
Ханов Н.В., д-р т. наук, профессор, заведующий кафедрой гидротехни-
ческих сооружений РГАУ-МСХА*

М.С. Али, Д.С. Бегляров, П.А. Михеев

А 50 . Насосные станции: учебник для студентов учреждений высш. проф. об-
разования / М.С. Али, Д.С. Бегляров, П.А. Михеев; ФГБОУ ВО Россий-
ский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Ти-
миряева. – Новочеркасск: Лик, 2022. – 176 с.
ISBN 978-5-907391-95-6

В книге приведены основные конструкции и схемы насосных станций и их составных частей: водозаборных и водовыпускных сооружений, зданий насосных станций, рыбозащитных устройств, трубопроводных коммуникаций. Представлены материалы по гидромеханическому, энергетическому и вспомогательному оборудованию. Рассмотрены вопросы их эксплуатации.

Учебник предназначен для бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» и 08.03.01 «Строительство».

УДК 628.12(075.8)
ББК 31.565.9я73

ISBN 978-5-907391-95-6

© Али М.С., Бегляров Д.С.,
Михеев П.А.
© ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Насосные станции являются основным узлом практически каждой системы водоснабжения и большинства мелиоративных систем.

Широкий спектр факторов, которые необходимо учитывать, значительно усложняет процесс проектирования насосных станций. Параметры, компоновка, типы сооружений и оборудования насосных станций теснейшим образом связаны с топографическими, геологическими, гидрологическими и другими природными условиями местности, вследствие чего они представляют собой ответственные сооружения, как по технической надёжности, так и по воздействию на окружающую среду.

Всё это требует от специалиста по проектированию и строительству насосных станций не только глубоких знаний в области гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования, но и способности решать крупные народнохозяйственные проблемы. Основой процесса подготовки таких специалистов является изучения курса «Насосные станции», базирующегося на знании общетехнических и смежных специальных дисциплин.

Огромное многообразие вопросов возникающих при проектировании насосных станций для машинного орошения и осушения, сельскохозяйственного водоснабжения, водоотлива при гидромелиоративных работах, гидромеханизации не позволяет изложить материал учебника с желаемой степенью детализации. Поэтому в учебнике с приемлемой полнотой рассмотрены основные принципиальные вопросы, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией крупных и мелких насосных станций, приведены сведения, отвечающие по содержанию и объёму программе курса.

При использовании учебника необходимо применять творческий подход, нельзя ограничиваться только тем материалом, который в нем представлен. Из периодических изданий и монографий студенты получают информацию о новейших достижениях науки и техники, на лекциях и практических занятиях рассматривают практические примеры реализации современных проектов водоподдачи.

Материалы учебника структурированы в восьми главах. В первой главе рассмотрены особенности компоновки сооружений насосных станций. Во второй главе приведен анализ состава гидромеханическое и энергетическое оборудование насосных станций. Третья глава посвящена проектированию зданий насосных станций различных типов. В четвертой главе рассмотрены конструкции водозаборных сооружений, их классификация и условия применения. Пятая глава посвящена условиям организации защиты рыб на насосных станциях, конструкциям рыбозащитных сооружений. В шестой главе рассмотрены особен-

ности внутростанционных трубопроводных коммуникаций. В седьмой главе приведен анализ особенностей конструкций напорных трубопроводов. В восьмой главе приведены сведения о водовыпускных сооружениях.

В учебнике приведен список литературы, которая рекомендуется для расширения и углубления знаний по изучаемым вопросам, а также при выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Авторы надеются, что настоящее издание поможет широкому кругу читателей найти ответы на вопросы, связанные с работой систем водоподдачи и насосных станций.

1. КОМПОНОВКА СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

1.1. Классификация насосных станций

Насосными станциями называют комплексы гидротехнических сооружений и оборудования, обеспечивающие забор воды из источника, транспортировку и подъем ее к месту потребления. В состав насосных станций могут входить [6]:

- водозаборные сооружения;
- водоподводящие каналы, трубопроводы, в том числе сифонные, транспортирующие воду от водозаборных сооружений до аванкамер, отстойники (при специальном обосновании);
- аванкамеры, сопрягающие водоподводящие сооружения с водоприемниками, сороудерживающие сооружения (СУС);
- водоприемники, забирающие воду из аванкамер и подающие ее во всасывающие трубы насосов;
- всасывающие или самотечные трубопроводы, подающие воду к насосам;
- здания насосных станций, в которых устанавливают основные агрегаты и вспомогательное гидромеханическое, электротехническое и механическое оборудование;
- напорные трубопроводы, подающие воду от основных насосов к выпускным сооружениям;
- водовыпускные сооружения, обеспечивающие плавный выпуск воды из напорных трубопроводов в отводящий канал или водоприемник.

Состав сооружений насосных станций, их взаимное расположение и конструктивное исполнение зависят от множества факторов: назначения, подачи и напоров, природных условий (рельеф местности, колебания уровней воды в верхнем и нижнем бьефах, объем твердого стока, инженерно-геологические условия), очередности ввода, наличия местных строительных материалов, технического оснащения строительной-монтажной организации и др.

Насосные станции подразделяют:

по назначению – на оросительные (подающие воды на орошение), осушительные (откачивающие воду, поступившую с осушаемой территории), канализационные (перекачивающие ливневые, бытовые или промышленные стоки) и сельскохозяйственного водоснабжения (подающие воду сельскохозяйственным потребителям);

Насосные станции мелиоративных и водохозяйственных систем агропромышленного комплекса подразделяют на оросительные, осушительные, сельскохозяйственного водоснабжения, канализационные, дренажные (для по-

нижения уровня грунтовых вод), перекачивающие стоки животноводческих комплексов.

по месту расположения на трассе водоподачи – на головные (расположенные в начале магистрального водовода системы), перекачивающие (подающие воду из одного канала в другой) и подкачки (подающие воду в закрытую сеть). Классификация насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения по месту расположения на трассе водоподачи несколько иная: головные насосные станции называют станциями I подъема, перекачивающие и подкачки станциями II и последующих подъемов;

по конструктивным признакам – на русловые (здания которых совмещены с водоприемниками и водовыпускными сооружениями и с плотинами, участвующими в создании напорного фронта) и деривационные (в состав которых, кроме каналов и здания станции, входят напорные трубопроводы и отдельно стоящие водовыпускные сооружения). В практике водохозяйственного строительства тип насосной станции иногда отождествляют с конструкцией здания, например, деривационные насосные станции, основное оборудование которых установлено на понтонах, поплавках или специальных передвижных платформах, называют плавучими или передвижными. Насосные станции, забирающие подземные воды, размещают на скважинах или трубчатых колодцах;

по условиям использования – на постоянные и временные (используют в период строительства или в экстренных случаях при ремонте постоянных станций, авариях). Постоянные сооружения насосных станций могут быть основными (авария или ремонт, которых приводит к полной остановке насосной станции или катастрофе) и второстепенными (авария и ремонт которых не влечет за собой остановку насосной станции);

по надежности подачи воды – систем водоснабжения на три категории:

Категория I. Насосные станции предназначены для подачи и отведения воды в крупных населенных пунктах, численность жителей которых превышает 50 тысяч человек. Перерыв в работе станций не может превышать десять минут. За это время обслуживающий персонал должен успевать производить замену неисправных модулей на резервные комплекты, допускается снижение производительности насосной станции на период не более трех суток. При этом уменьшение подачи воды не должно превышать 30 %.

Категория II. Обеспечивают водоподведение в населенных пунктах среднего размера. Количество жителей варьируется от 5 до 50 тысяч человек. Перерыв на проведение ремонтно-восстановительных работ не может превышать шесть часов. Снижение уровня подачи воды не допускается более чем на десять суток.

Категория III. Насосные станции обеспечивают водоснабжение и водоот-

ведение небольших поселков, с количеством жителей не более 500 человек. Перерыв в водообеспечении может достигать величины в одни сутки, а максимальный период уменьшения уровня подачи – 15 суток.

Мелиоративные насосные станции, категории I относят насосные станции, остановка которых может повлечь за собой опасность для жизни людей или значительный ущерб народному хозяйству, откачивающие воду с территории предприятий и населенных пунктов, огражденных защитными дамбами, подающие воду на поля, засеянные сельскохозяйственными культурами, не допускающими перерывов в орошении более суток; к категории II насосные станции, не подходящие под определение категории I, многоступенчатых каскадов, не имеющих достаточных регулирующих емкостей или сбросных сооружений, подающие воду на поля, засеянные сельскохозяйственными культурами, не допускающими перерывов в орошении более двух суток, осушительные, остановка которых на период до двух суток ведет к затоплению полей и гибели урожая; к категории III насосные станции, которые можно остановить на период более двух суток и не подходящие под определения категории I и II.

- **по производительности** – различают насосные станции малые ($Q \leq 1 \text{ м}^3/\text{с}$), средние ($1 \text{ м}^3/\text{с} \leq Q \leq 10 \text{ м}^3/\text{с}$), крупные ($10 \text{ м}^3/\text{с} \leq Q \leq 100 \text{ м}^3/\text{с}$) и уникальные ($Q > 100 \text{ м}^3/\text{с}$),

- **по напору** – низконапорные ($H \leq 20 \text{ м}$), средненапорные ($20 \text{ м} \leq H \leq 60 \text{ м}$) и высоконапорные ($H > 60 \text{ м}$).

1.2. Оросительные насосные станции

Для оросительных насосных станций характерны следующие особенности [23]:

– работают в теплое время года (4...9 мес.). Исключение составляют станции, подающие воду в водохранилища сезонного регулирования и работающие практически круглый год с небольшими перерывами для профилактических ремонтов;

– допускают перерывы в работе в зависимости от категории надежности подачи воды;

– не требуют специальной очистки воды от плавающих предметов и наносов (задерживаются только те предметы и наносы, которые могут вызвать поломку рабочего колеса насоса). Исключение составляют станции, подающие воду к дождевальным машинам типа «Фрегат» и «Волжанка», где предусматривается пропуск воды через специальные мелкие сетки или фильтры.

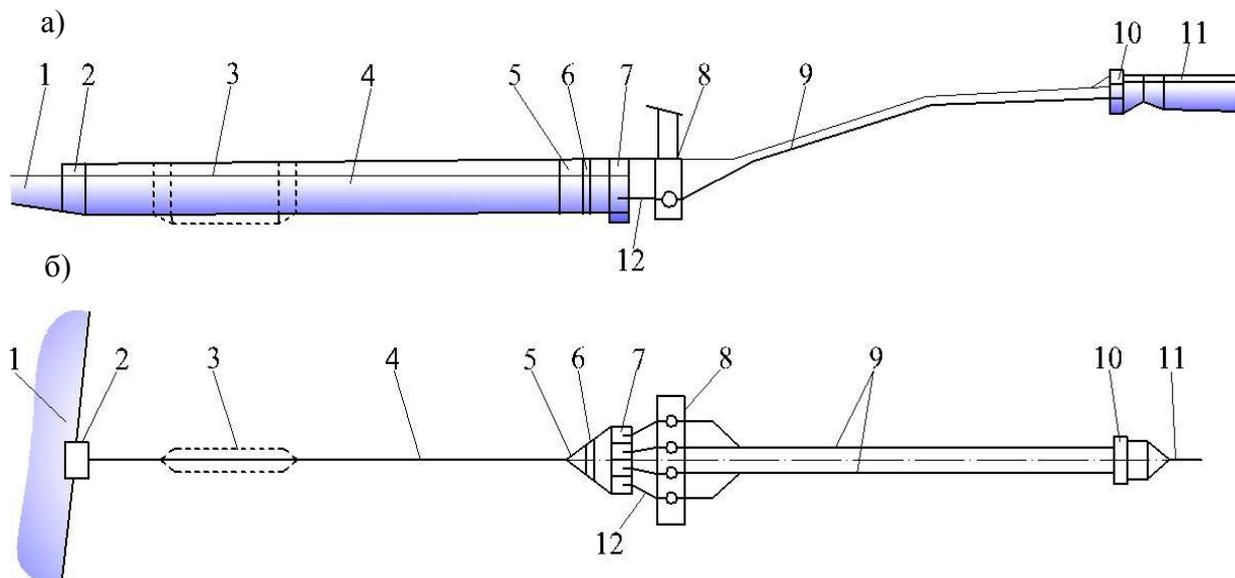
Сезонность работы таких насосных станций позволяет существенно упростить конструкции зданий, снизить требования к оборудованию и тепло-

стойкости ограждающих конструкций. Здания насосных станций наземного типа разрешается не отапливать. В помещениях (подземные камеры, блоки), в которых нет людей, можно поддерживать температуру воздуха 5°C.

Компоновка сооружений оросительных насосных станций, в большинстве случаев забирающих воду из поверхностных источников, весьма разнообразна.

Наиболее типичная компоновка основных сооружений изображена на рисунке 1.1.

Кроме основных сооружений в состав оросительных насосных станций, могут входить вспомогательные здания, дороги, мосты, водопроводы, канализационные и тепловые сети, каналы для сбора ливневых вод, пристанционные площадки, подпорные стенки и т. д.



а — разрез; б — план;

1 — поверхностный водоисточник; 2, 6, 10- сооружения соответственно водозаборное, сороудерживающее и водовыпускное; 3- отстойник; 4, 11- подводящий и отводящий каналы; 5- аванкамера; 7- водоприемник; 8- здание насосной станции; 9, 12- напорные и всасывающие трубопроводы

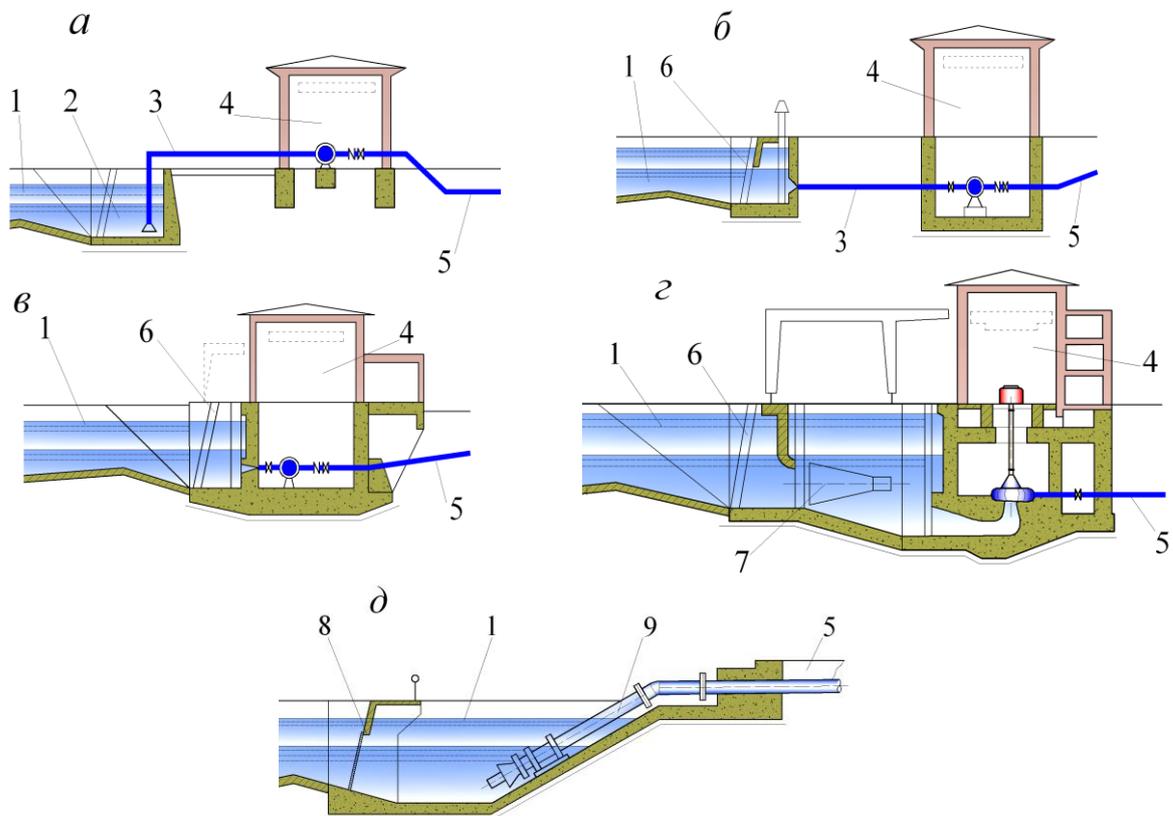
Рисунок 1.1 – Схема сооружений насосной станции с водозабором из поверхностного источника

Состав сооружений выбирают в зависимости от конкретных условий. Например, головные шлюзы-регуляторы на входе в подводящие каналы предусматривают только в тех случаях, если есть необходимость в регулировании их уровней или осушении для ремонта облицовки, водоприемника или иных сооружений, расположенных ниже уровней воды в канале. С головным шлюзом-регулятором обычно совмещают рыбозащитные устройства. Отстойники вводят в состав насосных станций только в тех случаях, если вода, перекачиваемая насосами, содержит взвешенные наносы и абразивные частицы в боль-

шем объеме, чем это разрешается. Техническими условиями на поставку насосов или условиями незаиляемости оросительной сети. Для очистки воды от наносов в состав сооружений насосной станции включают на насосоперехватывающие или наносоулавливающие сооружения и устройства (гравииловки, песколовки), каналы-отстойники.

Необходимость строительства и длину подводящего канала, строительства отдельно стоящего водовыпускного сооружения, выбор места здания насосной станции, длину и конструкцию напорного трубопровода обосновывают технико-экономическим расчетом.

Наиболее распространенный тип оросительных насосных станций на трассах магистральных каналов – перекачивающие. Схемы основных сооружений таких насосных станций приведены на рисунке 1.2.



а – типовая компоновка аванкамеры, отдельно стоящего водоприемника с ручной очисткой решеток, всасывающих труб, здание насосной станции наземного типа; *б, в* – высотная компоновка сооружений насосной станции, здание камерного типа; *в* – высотная компоновка сооружений насосных станций, здание блочного типа, оборудованное вертикальными центробежными насосами; *д* – компоновка насосной станции, оборудованной погружными электронасосами; 1 – аванкамера; 2 – водоприемник камерного типа; 3, 5 – всасывающий (или самотечный) и напорный трубопроводы; 4 – здание насосной станции; 6 – сороудерживающая решетка; 7 – конусное рыбозащитное устройство; 8 – отдельно стоящее сороудерживающее сооружение; 9 – погружной насос

Рисунок 1.2 – Сооружения перекачивающих насосных станций на канале

Отдельно стоящие водоприемники камерного типа (рис. 1.2, б, в) сооружают в тех случаях, когда необходимо уменьшить габаритные размеры аванкамеры для предотвращения заиливания или по конструктивным соображениям (повышение устойчивости здания на сдвиг и прочности стен, собранных из сборных железобетонных элементов и имеющих балки-распорки).

При водозаборе из источников с большими амплитудами колебаний уровней воды малые и средние оросительные насосные станции, как правило, проектируют по тем же правилам, что и водозаборные сооружения систем водоснабжения.

Когда нет поверхностных источников воды, для нужд орошения можно использовать подземные. Компоновка оросительных насосных станций, забирающих подземные воды, аналогична компоновке насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения.

1.3. Осушительные насосные станции

Осушительные насосные станции применяют для перекачки воды из открытых каналов-дрен, скважин вертикального дренажа, котлованов, строящихся в обводненных грунтах [26].

Станции, откачивающие паводковые и ливневые воды, работают периодически, иногда несколько дней в году, а откачивающие грунтовые воды, как правило, круглый год. Для всех осушительных насосных станций характерны:

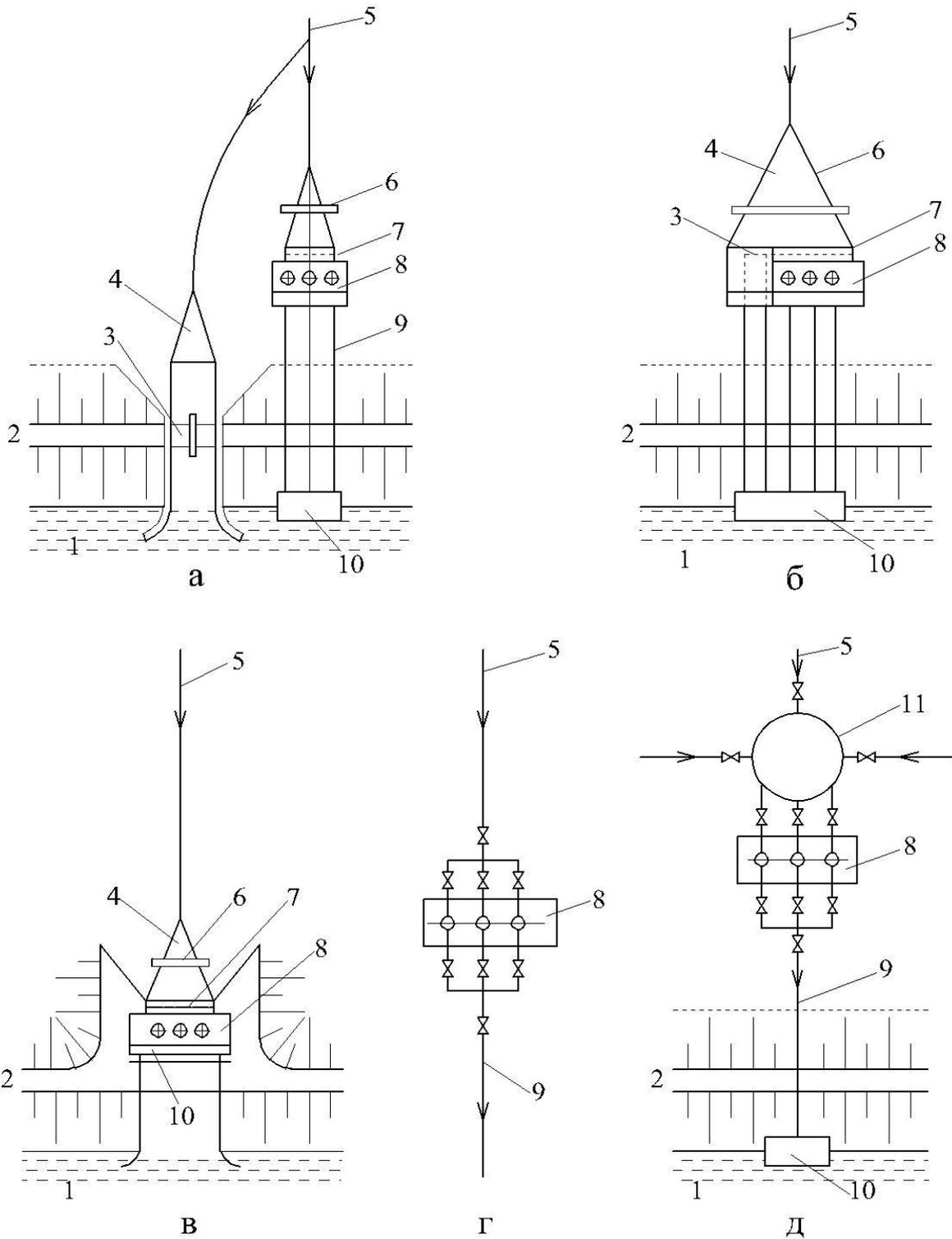
- большая неравномерность подачи. Это связано со значительными колебаниями поверхностного и грунтового стока. Так, в западных областях европейской части РФ отношение среднегодового модуля стока к расчетному максимальному колеблется в пределах от 1:6 до 1:28, а отношение среднемеженного (за вегетационный период) модуля стока к максимальному от 1:12 до 1:64;

- возможность перерывов в работе. Продолжительность их зависит от вместимости регулирующих емкостей и допускаемой продолжительности подтопления сельскохозяйственных угодий;

- зависимость графиков работы (расходов воды) от фильтрационных и сбросных расходов, объема паводков (в периоды таяния снега, ливней) и вместимости естественных и искусственных емкостей (если они есть).

Обобщенные схемы сооружений осушительных насосных станций приведены на рисунке 1.3. Состав сооружений зависит от параметров станции и природных условий.

При относительно малых напорах (до 5 м) и применении крупных насосов ОПВ здание осушительной насосной станции можно совмещать с водовыпускным сооружением (рисунок 1.3, в).



а, б – раздельная и совмещенная компоновки здания насосной станции и шлюза самотечного сброса; в – компоновка насосной станции без шлюза самотечного сброса; г – насосная станция расположена на трубчатом коллекторе; д – насосная станция забирает воду из сбросного колодца; 1 – река (или водохранилище); 2 – дамба; 3 – шлюз самотечного сброса; 4 – аванкамера; 5 – подводящий канал; 6, 10 – сороудерживающее и водовыпускное сооружения; 7 – водоприемник здания насосной станции; 8 – здание насосной станции; 9 – напорные трубопроводы; 11 – приемный колодец

Рисунок 1.3 – Схема сооружений осушительных насосных станций

Часто воду к осушительным насосным станциям подводят по трубопроводам. Когда трубопроводы выполняют функции транспортной магистрали, насосную станцию проектируют как обычную станцию подкачки (II подъема). Если же трубопроводы будут работать в постоянном режиме без подтопления дрен, то перед зданием станции предусматривают регулируемую емкость, максимальный уровень воды в которой принимают ниже центра трубы-коллектора (рисунок 1.3, з, д).

Расчетную подачу основных насосов осушительных насосных станций выбирают с учетом возможного кратковременного затопления местности. Поэтому верхняя часть их подземных зданий и пол наземных должны быть расположены не менее чем на 0,5 м выше средних отметок местности, прилегающей к ним, или максимального расчетного уровня воды с учетом ветровых или нагонных волн.

В тех случаях, когда воду из осушительного коллектора в какой-то период времени можно сбросить самотеком, необходимо рассматривать целесообразность строительства самотечного сброса отдельно стоящего, если сбрасываемый расход воды значительно больше подачи насосной станции, или совмещенного с ее зданием, если этот расход не превышает подачу насосной станции и не требуется расширения подземной части здания. Чтобы откосы сбросных каналов не разрушались, подачи насосных станций должны изменяться плавно. Это требование выполняется на насосных станциях, оборудованных большим числом основных или разменных насосов, или насосами с приводом, способным изменять частоту вращения.

Каналы-коллекторы, как правило, несут большое количество мусора травы, ветки деревьев, топляки, водоросли, торфяные острова, поэтому осушительные насосные станции следует оборудовать надежными сороочистными устройствами.

1.4. Насосные станции сельскохозяйственного водоснабжения

Насосными станциями сельскохозяйственного водоснабжения называют здания, в которых установлены основные и вспомогательные насосы и другое оборудование. Их подразделяют по положению на трассе водоподдачи – на головные I подъема и перекачиваемые II и последующих подъемов; по назначению – на хозяйственно-питьевые и технические; по технологическим особенностям – на береговые и русловые; по конструктивным особенностям – на отдельные и совмещенные.

Насосные станции сельскохозяйственного водоснабжения работают

круглый год. Поэтому их водоприемники следует проектировать с учетом зимней эксплуатации (ледостава, ледохода, прохождения шуги и сала), а здания-отапливаемыми с утепленными ограждающими конструкциями [14].

Такие насосные станции должны:

- иметь высокую степень надежности. Поэтому их оснащают резервными насосными и вспомогательными устройствами:
- удовлетворять высоким санитарно-гигиеническим требованиям. Вокруг насосных станций предусматривают зоны санитарной охраны, внутри зданий- санитарные узлы (унитаз, раковина) и помещения для дежурного персонала;
- быть автоматическими (подавать воду по требованию – при изменении давления в сети или уровней воды в водонапорных башнях).

Подача насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения относительно небольшая, поэтому их трубопроводы прокладывают из труб малого диаметра, что позволяет большинство трубопроводных переключений выполнять внутри зданий. Состав таких насосных станций может изменяться в зависимости от природных условий. Поэтому, как правило, оптимальную их компоновку выбирают в результате технико-экономического сравнения различных вариантов.

Забор воды из поверхностных источников. Наиболее сложные компоновку и водозаборные сооружения имеют головные насосные станции I подъема, возводимые на слабых водонасыщенных грунтах оснований в поймах рек и водохранилищ при больших колебаниях уровней воды (рисунок 1.4).

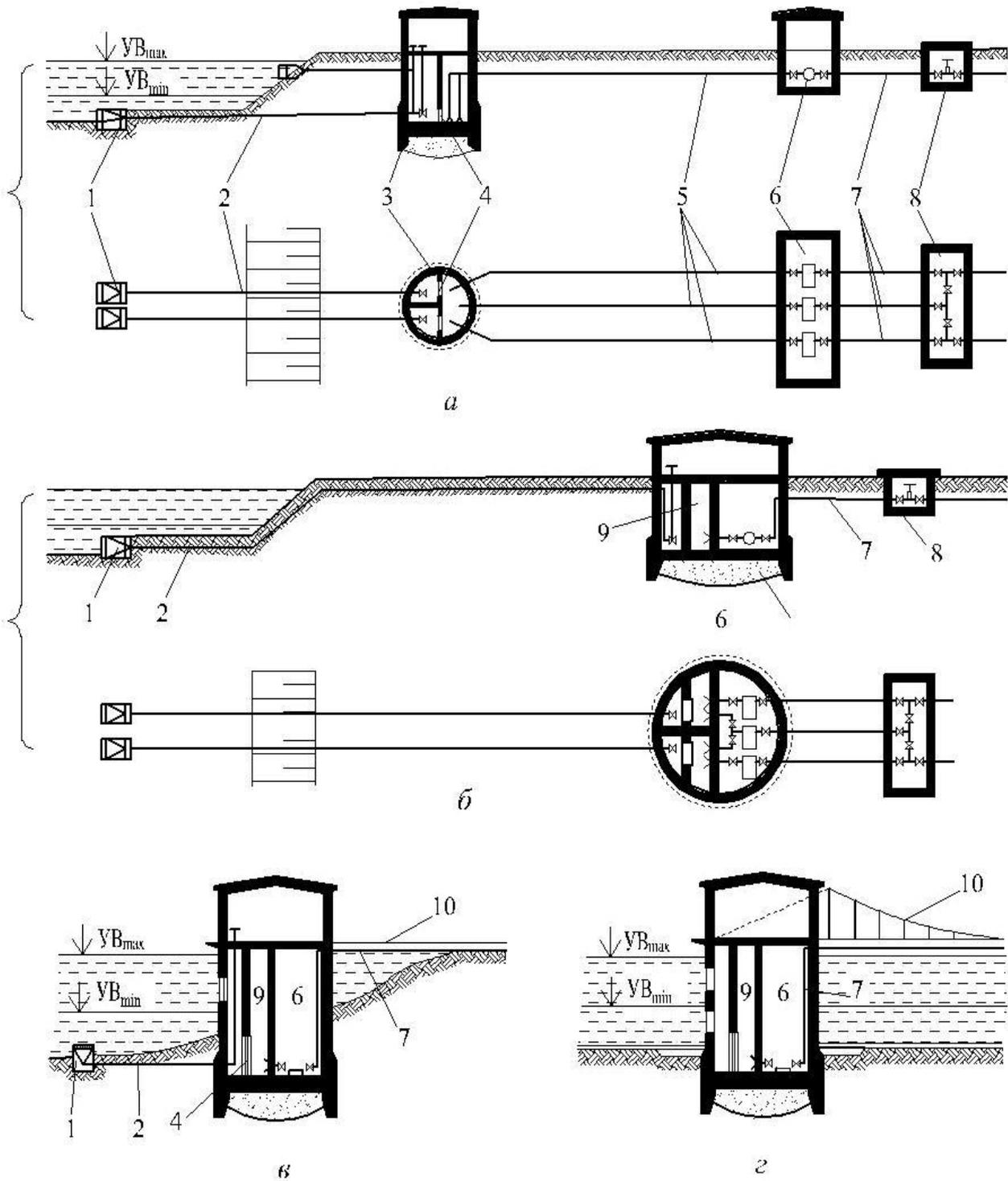
Схему, *a* можно применять при любой ширине поймы, геологических условиях, подачах и колебаниях воды в источнике. Ее недостаток - максимальное число сооружений. На практике всегда следует стремиться к возможному их сокращению.

Схема *б* выгодно отличается от схемы, *a* тем, что в ней здание насосной станции совмещено с береговым колодцем. Схемы *в* и *г* рассчитаны на любую подачу, но сложны как в строительстве, так и в эксплуатации.

Для обеспечения бесперебойной подачи воды при проектировании насосных станций следует предусматривать:

- секционирование водозаборных сооружений (число независимо работающих секций водоприемников, самотечных линий и сеточных секций береговых колодцев принимают не менее двух);
- для сооружений I категории надежности строительство двух водозаборных сооружений с различными способами забора воды.

Схемы перекачивающих насосных станций II подъема проще, чем головных I подъема.



a, б, в, г – с зданием насосной станции соответственно отдельно стоящим, совмещенным с береговым колодцем, расположенным в пределах берегового колодца, руслового типа;
 1 – затопленный оголовок; 2 – самотечная (или сифонная) труба; 3 – береговой колодец;
 4 – два ряда плоских клеток; 5, 7 – всасывающие и напорный трубопроводы; 6 – здание насосной станции; 8, 9 – камеры переключений и водоприемная;
 10 – мостовое строение

Рисунок 1.4 – Схемы головных насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения

Комплексная схема водозаборных и очистных сооружений при раздельном размещении зданий насосных станций I и II подъема приведена на рисунке 1.5, а. Насосная станция I подъема подает воду на очистные сооружения. Очищенная и обеззараженная вода поступает в резервуар чистой воды. Из этого резервуара ее забирает и подает в напорную сеть или в водонапорную башню насосная станция II подъема.

Насосы насосной станции II подъема могут быть размещены в здании насосной станции I подъема (рисунок 1.5, б). Вода от очистных сооружений возвращается к насосной станции I подъема. Оборудование насосной станции II подъема размещено в здании насосной станции I подъема.

Схемы сооружений насосных станций II и III подъема приведены на рисунке 1.5, в. Здание станции III подъема расположено рядом с напорным трубопроводом, а не врезано в него, что дает возможность в периоды малого разбора воды и малых потерь напора ее отключать и подавать воду только насосами станции II подъема.

Забор воды из подземных источников. Когда в зоне потребления нет поверхностных источников воды, воду для нужд сельскохозяйственного водоснабжения можно забирать из подземных. В тех случаях, когда подземные воды пригодны для питья без дополнительной обработки, насосные станции сельскохозяйственного водоснабжения строят без очистных сооружений (рисунок 1.5, г). Если же подземные воды нуждаются в дополнительной обработке, то в состав насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения включают различные очистные сооружения (рисунок 1.5, д) [14].

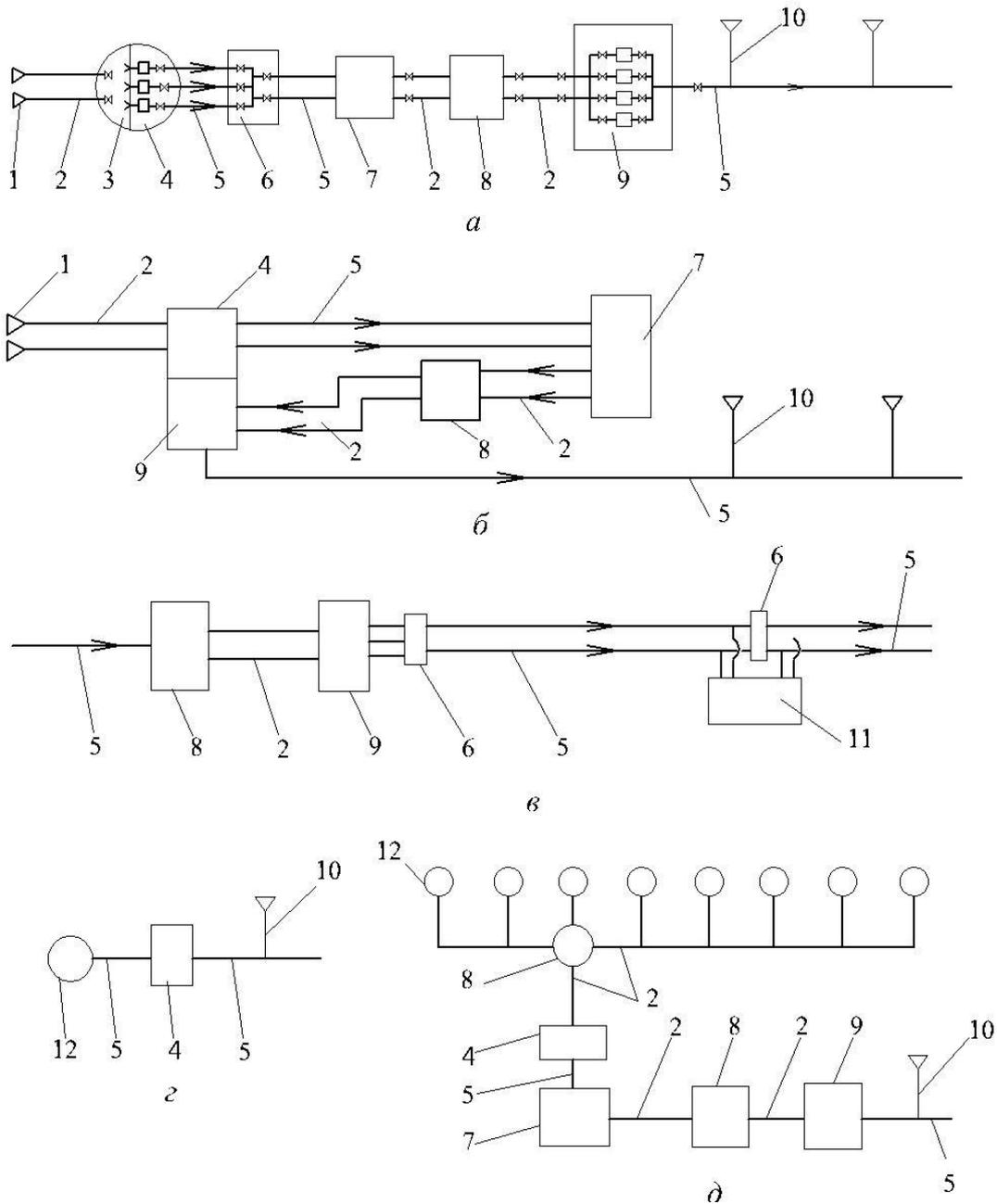
Водозаборные сооружения, забирающие воду из подземных источников, подразделяют на горизонтальные, вертикальные и лучевые.

1.5. Канализационные насосные станции

Канализационные насосные станции работают круглый год. Поэтому их производственные помещения, в том числе помещения приемных резервуаров и сороудерживающих решеток, должны отапливаться.

Насосные станции, перекачивающие бытовые сточные и дождевые воды, следует располагать в отдельно стоящих зданиях, желательно под защитой зеленых насаждений, а перекачивающие производственные сточные воды – в блоке с производственными зданиями.

Насосы для перекачки бытовых сточных вод допускается устанавливать в помещении станции, перекачивающей сточные воды.

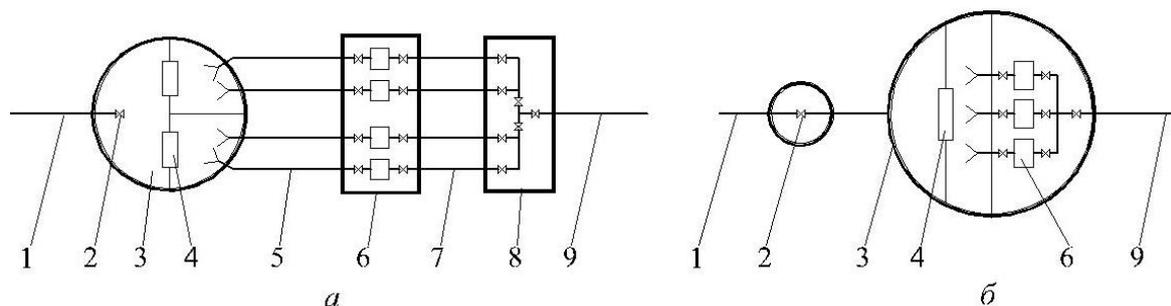


a, б – раздельная и совмещенная компоновка зданий насосных станций; *в* – компоновка сооружений станций 2-ого и 3-его подъема; *г, д* – при заборе из подземных источников;
 1 – водоприемный оголовок; 2 – подводящий трубопровод; 3 – водоприемная часть здания насосной станции 1-ого подъема; 4 – машинный зал; 5 – напорные трубопроводы;
 6 – камера переключений; 7 – очистные сооружения; 8 – регулирующая емкость;
 9, 11 – здания насосных станций 2-ого и 3-его подъема; 10 – водонапорная башня;
 12 – водозабор подземных вод (скважина, шахтный колодец)

Рисунок 1.5 – Схемы сооружений насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения с забором воды из поверхностных и подземных источников

Схемы и конструкции канализационных насосных станций (рисунок 1.6), предназначенных для откачки дождевых (поверхностных), производственных и

бытовых сточных вод, во многом схожи со схемами и конструкциями осушительных насосных станций на каналах и закрытых дренах [8].



а, б – раздельная и совмещенная компоновки водоприемного сооружения и здания насосной станции; 1, 9 – подводящий и отводящий коллекторы; 2 – затвор; 3 – приемный колодец; 4 – сороудерживающая решетка; 5, 7 – всасывающие и напорные трубопроводы; 6 – здание насосной станции; 8 – камера переключений

Рисунок 1.6 – Схемы канализационных насосных станций

Подводящий коллектор насосной станции должен иметь запорное устройство, позволяющее отключить основные ее сооружения для осмотра и ремонта. Решетки, защищающие насосы от засорения, следует оборудовать механизированными граблями или дробилками. Только при малом количестве отбросов (менее $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$) допускается их ручная очистка. Приемный резервуар и решетки, расположенные в одном здании с машинным залом, должны быть отделены от него глухой водонепроницаемой перегородкой.

При проектировании насосных станций желательно предусматривать возможность промывки или механическую очистку их приемных резервуаров и трубопроводов. Емкость приемных резервуаров должна вмещать воду, перекачиваемую самым крупным насосом, установленным на станции, в течение 5 мин.

Отметка порога на входе в здание насосной станции, расположенной на затопливаемой местности, должна быть не менее чем на 0,5 м выше уровня нагона воды при максимальном уровне паводковых вод.

1.6. Общие рекомендации по компоновке сооружений

При разработке проектов систем для нужд мелиорации и сельскохозяйственного водоснабжения в первую очередь следует решить две задачи: найти трассу машинного водоподъема (совокупность водопроводящих сооружений и насосных станций) и определить оптимальное число насосных станций и места их размещения. Помогут решить эти задачи следующие рекомендации [29].

В зависимости от топографических условий, длины водопроводящих сооружений и местоположения зональных каналов воду на орошение и сельско-

хозяйственное водоснабжение можно подавать в одну или несколько ступеней, то есть одной или несколькими насосными станциями. Число ступеней определяют технико-экономическим расчетом, при равенстве приведенных затрат принимается вариант с наименьшим числом насосных станций.

Для сокращения объемов работ и стоимости строительства длины трасс машинного водоподъема должны быть минимальными. Головные насосные станции желательно располагать ближе к орошаемой (осушаемой) территории. Гидротехнические сооружения насосных станций, магистральных каналов, дорог и линий электропередач (ЛЭП) следует строить на землях, малопригодных для сельскохозяйственного производства. Необходимо стремиться к максимальному сохранению лесов. Линейные сооружения (магистральные каналы, линии электропередач и связи, дороги, напорные трубопроводы) желательно размещать по границам полей севооборотов, вдоль дорог и существующих ЛЭП.

Без особой нужды не допускается возведение гидротехнических сооружений на площадках залегания полезных ископаемых, в зонах активного карста, оползней, селевых потоков и снежных лавин, на откосах глубоких выемок, в первой зоне санитарной охраны источников водоснабжения, рядом с курортами, на территориях зеленых зон городов, лесопарков, заповедников и в охранных зонах исторических памятников. Строительство сооружений насосных станций в радиусе 30 км от границ аэродромов должно быть согласовано.

Основные рекомендации по размещению водозаборных сооружений на реках и водохранилищах приведены в главе 9. Принятые решения, в том числе конструкции водозаборных сооружений и рыбозащитных устройств, согласовываются с органами санитарно-эпидемиологической службы, рыбоохраны и водного транспорта. Возможность забора необходимого количества воды закрепляется актом водопользования.

Сооружения насосных станций, в том числе жилые здания, желательно выносить из зон, по которым может пройти сосредоточенный поток ливневых (талых) или прорвавших напорные сооружения (водовыпускные, трубопроводы или каналы в насыпи) вод. Если это осуществить сложно, то на пути такого потока вод следует предусматривать строительство: защитных сооружений (дамбы, отбойные стенки), ловчих каналов или сооружений насосных станций специальных конструкций (железобетонные трубопроводы, магистральные каналы в выемке и т. д.), которые не могут быть внезапно разрушены.

Компоновка сооружений насосной станции при минимальной стоимости и площади застройки должна обеспечивать наиболее благоприятные условия их эксплуатации. В соответствии с этим требованием необходимо:

– рассматривать целесообразность совмещения отдельных сооружений, например водоприемных со зданием станции;

- сокращать до разумного минимума протяженность подъездных дорог и инженерных сетей (ЛЭП, внешние водоводы, канализация и др.);
- обеспечивать проезд пожарных машин вдоль зданий: с одной стороны при ширине их до 18 м и с двух при ширине более 18 м;
- предусматривать возможность ремонта сооружений и их конструкции в межполивной период. В случае аварии сооружения и оборудование должны быть восстановлены в сроки, соответствующие категории надежности подачи насосных станций;
- подводить дороги соответствующей категории ко всем сооружениям насосных станций;
- предусматривать перед входом в здание насосной станции площадки с твердым покрытием, для использования в качестве временных монтажных, а также для разгрузки и складирования оборудования и материалов;
- защищать территорию гидроузлов от эрозии, заболачивания и засоления. Для отвода талых, ливневых и дренажных вод следует предусматривать вертикальную планировку территории, а также кюветы, нагорные каналы и дренаж;
- благоустраивать, в том числе озеленять территорию вокруг сооружений;
- разравнивать, покрывать растительным грунтом и подготавливать к нормальному сельскохозяйственному использованию отвалы грунта;
- выполнять полы первых этажей зданий на 0,15...0,25 м выше отметки пристанционной площадки, а пристанционную площадку – на 0,5 м выше отметки расчетного максимального уровня воды в источнике (с учетом волн ветровых, судовых и нагона).

Состав и конструктивное исполнение сооружений зависят от назначения насосной станции, ее параметров, типоразмеров основного оборудования, природных условий (рельеф, геология и гидрология) и режима работы.

Контрольные вопросы к главе 1:

1. Какие основные требования предъявляют к проекту насосной станции?
2. Из каких основных сооружений состоит насосная станция?
3. Особенности оросительных и осушительных насосных станций.
4. Укажите особенности насосных станций для сельскохозяйственного водоснабжения.
5. Классификация канализационных насосных станций, по роду перекачиваемой жидкости.
6. Классификация гидроузлов оросительных насосных станций для различных водоисточников: реки, водохранилища, каналы?
7. Факторы, влияющие на выбор схемы компоновки гидроузла сооружений насосной станции?
8. Классификация насосных станций, по надежности подачи воды.
9. Классификация насосных станций, по условиям использования.

2. ОСНОВНОЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

2.1. Состав основного гидромеханического и энергетического оборудования. Требования, предъявляемые к главным насосам

Основное гидромеханическое оборудование насосной станции обеспечивает бесперебойную подачу воды потребителю или отвод ее с осушаемой территории в соответствии с заданным графиком водоподдачи или водоотвода. В состав его входят только те агрегаты или узлы, которые принимают непосредственное участие в технологическом процессе подачи воды по заданному графику: главные насосы и арматура на напорных трубопроводах за насосами (затворы, дроссели, предохранительные и обратные клапаны) [25].

Основное энергетическое оборудование насосной станции обеспечивает работу главных насосов и включает в себя: двигатели для привода главных насосов и устройства для передачи мощности от валов двигателей к валам главных насосов.

От правильного выбора и эксплуатации основного гидромеханического и энергетического оборудования в значительной мере зависят надежность водоподдачи и основные технико-экономические показатели насосной станции.

Тип и марку главного насоса для каждого конкретного случая выбирают в результате технико-экономических расчетов, обосновывающих целесообразность его применения в насосной станции. При этом учитывают не только стоимость сооружения насосной станции, но и ежегодные затраты на ее эксплуатацию.

На оросительных и осушительных насосных станциях, а также станциях сельскохозяйственного водоснабжения обычно в качестве главных используют лопастные насосы.

Главные насосы должны:

- обеспечивать подачу воды по заданному графику в течение всего сезона с высокой степенью экономичности и надежности;
- работать с высокими коэффициентами полезного действия на всех рабочих режимах;
- иметь наименьшие габаритные размеры и массу; обладать наилучшими кавитационными характеристиками, чтобы допустимая отметка их установки позволяла сооружать здания насосных станций с наименьшими затратами;
- быть удобными при установке и эксплуатации, легко обслуживаемыми;
- противостоять действию агрессивных вод;

– быть серийно выпускаемыми промышленностью.

Применение насоса, не освоенного промышленностью, допустимо только после технико-экономического обоснования с учетом перспективы широкого использования его в будущих гидротехнических сооружениях.

Конечно, выполнить одновременно все эти требования часто не представляется возможным. Поэтому в каждом конкретном случае решается вопрос о наиболее важных требованиях, которые дают наибольший технико-экономический эффект при строительстве и эксплуатации насосной станции.

Главные насосы подразделяют на основные, резервные и разменные. В насосной станции может быть несколько главных насосов.

2.2. Основное гидромеханическое оборудование насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения

Выбор насосных агрегатов осуществляется на основании требуемых подачи Q и напора H , устанавливаемых гидравлическим расчетом системы перекачивания жидкости, для которого требуются следующие исходные данные [15]:

- расход воды (приток) в сутки максимального водопотребления;
- расход (приток) воды в часы максимального, среднего и минимального водопотребления в сутки максимального водопотребления;
- расход воды на нужды пожаротушения и принятая система пожаротушения (низкого или высокого давления);
- отметки расчетных уровней воды в источнике (река, резервуар и т. д.);
- отметки уровня воды в напорной емкости или у потребителя, в приемной камере или в точке приема жидкости;
- гидравлическая характеристика $Q - H_{тр}$.

Все эти данные определяются проектом системы водоснабжения или канализации. На основании графика водопотребления устанавливается режим работы и подача насосной станции. Насосная станция должна подавать (или откачивать) за сутки полный расчетный суточный расход при обеспечении требуемой высоты подъема жидкости. Расчетная подача насосной станции определяется по суткам максимального водопотребления, в час максимального водопотребления (или притока), а час максимального водопотребления – на основании сводной ведомости расхода воды потребителями в системе водоснабжения или принятого коэффициента неравномерности. Подача канализационных насосных станций характеризуется максимальным расчетным секундным расходом в подводящем коллекторе на участке, примыкающем к насосной станции. При выборе режима работы насосных станций следует учитывать их назначение, место расположения в общей схеме системы водоснабжения

или системы канализации, наличие и объем регулирующих емкостей и развитие насосных станций.

Насосные станции I подъема. Подача воды насосами I подъема может осуществляться по трем основным схемам:

- 1) насосная станция подает воду на очистные сооружения для хозяйственно-питьевых или производственных нужд;
- 2) насосная станция подает воду в резервуары чистой воды без очистки;
- 3) насосная станция подает воду без очистки непосредственно потребителям.

Подача насосной станции I подъема при поступлении воды на очистные сооружения. Как правило, станцию рассчитывают на подачу среднего часового расхода воды в дни максимального водопотребления с учетом расхода воды на собственные нужды насосной станции I подъема и станции очистки воды. Среднюю часовую подачу насосной станции, м³/ч, определяют по формуле:

$$Q_{\text{ч}} = \alpha \cdot Q_{\text{макс. сут}} / T, \quad (2.1)$$

где $Q_{\text{макс. сут}}$ – максимальный суточный расход, м³/сут, α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды станции, принимается равным 1,04 – 1,1 в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, конструкции фильтров, принятой интенсивности промывки и схемы повторного использования промывной воды; T – продолжительность работы насосной станции, принимаемая обычно $T = 24$ ч; меньшее число часов работы станции принимают только при малом суточном расходе воды и при соответствующей конструкции очистных сооружений, допускающих перерыв в работе

Подача насосной станции I подъема при поступлении воды без очистки в резервуары. Подача воды на хозяйственно-питьевые нужды без очистки возможна лишь при использовании артезианских вод или подрусловых вод с устройством скважин. В этом случае чаще всего вода насосами I подъема подается в резервуары чистой воды, откуда горизонтальными насосами II подъема – потребителям. Такая схема подачи воды потребителям позволяет установить равномерную круглосуточную работу насосов I подъема, произвести расчет на среднечасовую подачу и уменьшить число скважин или их диаметр. Кроме того, равномерный и непрерывный отбор воды улучшает режим работы скважин. Часто круглосуточный режим водоотбора диктуется ограниченным дебитом скважины. Часовая подача насосной станции I подъема должна быть:

$$Q_{\text{ч}} = \alpha_1 \cdot Q_{\text{макс. сут}} / T, \quad (2.2)$$

где α_1 – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды водопровода, принимается равным 1,01 – 1,02.

Подача насосной станции I подъема при поступлении воды без очистки

непосредственно потребителям. В этом случае все артезианские скважины условно делят на основные и неосновные. К основным относятся наиболее мощные скважины, имеющие большой удельный дебит и обеспечивающие среднечасовой расход воды потребителями. Работают они круглосуточно, и их дебит определяют по формуле (2.1). К неосновным относятся скважины, которые работают в часы максимального водоразбора, а также во время ремонта основных скважин. Дебит их рассчитывается на подачу воды, равную разности подачи в час максимального водопотребления и подачи среднечасового водопотребления.

Подача воды насосной станции I подъема непосредственно потребителю приводит к увеличению числа скважин по сравнению с системой подачи воды в резервуар. Однако в этом случае отпадает необходимость в строительстве резервуаров и насосной станции II подъема.

Выбор той или иной схемы подачи воды потребителям решается на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом конкретных гидрогеологических характеристик источника.

Определение расчетного напора насосы I подъема.

Требуемый напор насосов станции I подъема определяют в соответствии с принятой схемой ее подачи. При подаче воды на очистные сооружения (рисунок 2.1) полную высоту подъема насосов, м, определяют по формуле

$$H = H_r + h_{wbc} + h_{wh} + 1, \quad (2.3)$$

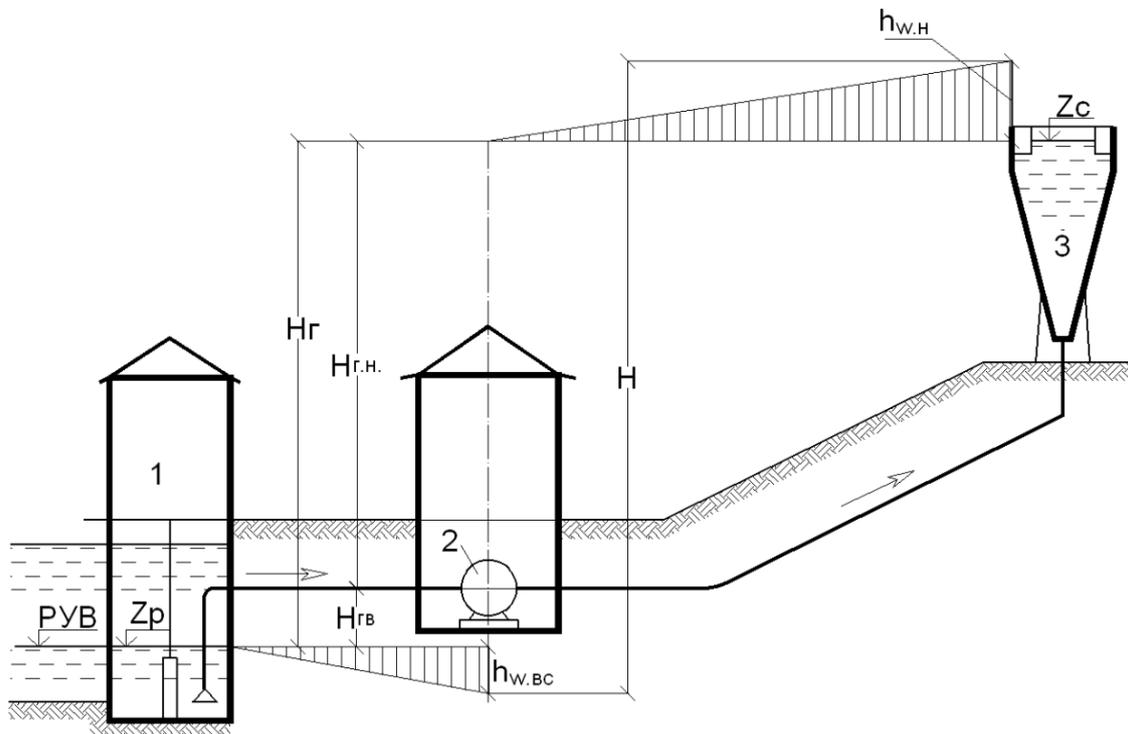
где $H_r = z_c - z_p$ – геометрическая высота подъема воды, т. е. разность отметок уровней воды в источнике и в смесителе; $H_r = H_{гв} + H_{гн}$ (здесь $H_{гв}$ – геометрическая высота всасывания, т.е. разность отметок оси насоса и самого низкого уровня воды в водоприемном колодце; $H_{гн}$ – геометрическая высота нагнетания, т. е. разность отметок оси насоса и уровня воды в сооружениях (куда она подается), определяемая из условия подачи воды в смеситель очистной станции, а при обратном водоснабжении – в резервуар под градирней или в брызгальный бассейн; для предварительных расчетов высоту расположения смесителя можно принять 4 – 6 м над поверхностью земли; при окончательных расчетах эту высоту устанавливают в соответствии с проектом очистной станции), h_{wbc} и h_{wh} – потери напора соответственно во всасывающем и нагнетательном трубопроводах; 1 – запас напора.

При подаче воды в резервуары чистой воды из артезианских скважин полную высоту подъема воды насосами, м, находят по выражению

$$H = H_r + H_{скв} + h_b + 1, \quad (2.4)$$

где H_r – геометрическая высота подъема воды, т. е. разность отметок динамического уровня в скважине и максимального уровня в сборном резервуаре;

$H_{\text{СКВ}}$ – потери напора в скважине на обтекание погружного насоса при входе воды в приемную сетку; $h_{\text{В}}$ – потери напора в сборном трубопроводе от скважины до резервуара.



1 – водоприемный береговой колодец; 2 – насос; 3 – смеситель;
PUB - расчетный уровень воды

Рисунок 2.1 – Высотная схема подачи воды на очистные сооружения

При подаче воды непосредственно в водопроводную сеть полную высоту подъема воды насосами, м, вычисляют по формуле:

$$H = H_{\text{Г}} + h_{\text{WBC}} + h_{\text{WH}} + H_{\text{CB}}, \quad (2.5)$$

где $H_{\text{Г}}$ – разность отметки расчетного уровня воды в источнике и геодезической отметки диктующей точки; h_{WH} – потери напора в водоводах и водопроводной сети, определяемые в соответствии с данными, полученными при расчете водопроводной сети; H_{CB} – требуемый свободный напор в водопроводной сети в точке, принятой за расчетную.

Насосные станции второго подъема.

Насосная станция II подъема подает воду из резервуаров чистой воды в водопроводную сеть потребителя. В зависимости от планировки объекта и взаимного расположения насосной станции и напорных емкостей различают системы: с башней в начале сети, безбашенную, с башней в конце сети (с контррезервуаром).

Определение подачи насосов.

Режим работы насосной станции II подъема определяется в зависимости от режима водопотребления объекта. Насосное оборудование подбирается на подачу расчетного расхода в час максимального водопотребления и проверяется на подачу пожарного расхода, транзитного расхода в водонапорную башню (при наличии схемы с контррезервуаром), расчетного расхода при аварии на одной из ниток водоводов.

В безбашенной системе подача насосов по часам суток должна полностью дублировать график водопотребления. Подача регулируется количеством одновременно работающих насосов или числом их оборотов. Расчетная максимальная подача насосов принимается равной максимальному часовому расходу:

$$Q_{\text{ч}} = q_{\text{макс.ч.}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.6)$$

В системах водоснабжения с башней график подачи воды насосами не совпадает с графиком водопотребления. Расчетное водопотребление в часы максимального расходования обеспечивается подачей воды насосами и расходами из башни, в часы минимального водопотребления – только насосами, избыток воды в этом случае направляется в башню. Для таких схем характерными являются двух- или трехступенчатые графики работы насосных станций II подъема. Максимальная подача насосов определяется по наивысшей ступени графика подачи воды, а минимальная – по наинизшей. Равномерный режим работы насосов рекомендуется при подаче не более 15 тыс. м³/сут. При ступенчатой работе насосов регулирующая вместимость башни принимается 2,5-6% суточной подачи станции.

Величина регулирующего объема бака водонапорной башни определяется по совместному графику водопотребления и подачи воды насосами. Исходными данными являются часы включения и выключения подач насосов, а необходимым условием - минимальная вместимость бака башни. После расчета становятся известными величины подач насосов и регулирующего объема.

Работа насосной станции II подъема должна быть проверена на случай возникновения пожара. Подача насосов должна равняться сумме полного расчетного расхода воды на тушение пожара $Q_{\text{пож}}$ и расхода воды в час максимального водоразбора $q_{\text{макс.ч.}}$. Башню на период тушения пожара отключают.

Определение расчетного напора.

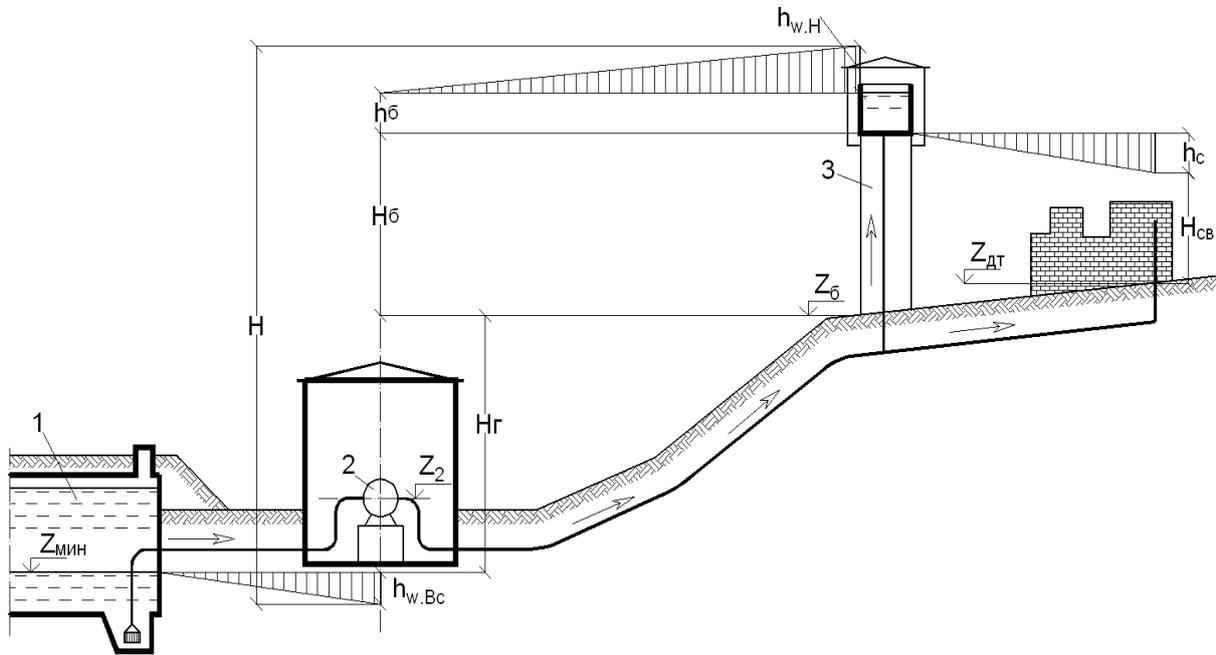
1. Система с башней в начале сети (рисунок 2.2).

Полная высота подъема насосов определяется по формуле:

$$H = H_{\text{г}} + H_{\text{б}} + h_{\text{б}} + h_{\text{w.в}} + h_{\text{w.н}}, \text{ м}, \quad (2.7)$$

где $H_{\text{г}}$ – разность отметок поверхности земли у водонапорной башни и минимального уровня воды в резервуаре чистой воды $z_{\text{мин}}$, м; $H_{\text{б}}$ – высота водо-

напорной башни, м; h_6 – максимальная глубина воды в баке водонапорной башни, м; $h_{w.B}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе от резервуара до насосной станции, м; $h_{w.H}$ – потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от насосной станции до водонапорной башни.



1 – резервуар чистой воды, 2 – насосная станция II подъема, 3 – водонапорная башня

Рисунок 2.2 – Схема к определению расчетного напора насосов II подъема в системе с башней в начале сети

Высоту башни до дна бака можно рассчитать по формуле:

$$H_6 = H_{св} + h_c + z_{д.т} - z_6, \text{ м}, \quad (2.8)$$

где $H_{св}$ – необходимый свободный напор в диктующей точке сети (т.е. наиболее удаленной и высоко расположенной точке), м; h_c – потери напора в сети от башни до диктующей точки, м; $z_{д.т}$ – отметка поверхности земли в этой точке, м; z_6 – отметка поверхности земли у водонапорной башни, м.

2. Безбашенная система (рисунок 2.3).

Расчетный напор насосов определяется по формуле:

$$H = H_г + H_{св} + h_{w.B} + h_{w.H}, \text{ м}, \quad (2.9)$$

где $H_г$ – разность отметок поверхности земли в диктующей точке сети $z_{д.т}$ и минимального уровня воды в резервуаре чистой воды $z_{мин}$, м; $h_{w.B}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе от резервуара до насосной станции, м; $h_{w.H}$ – потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от насосной станции до водонапорной башни.

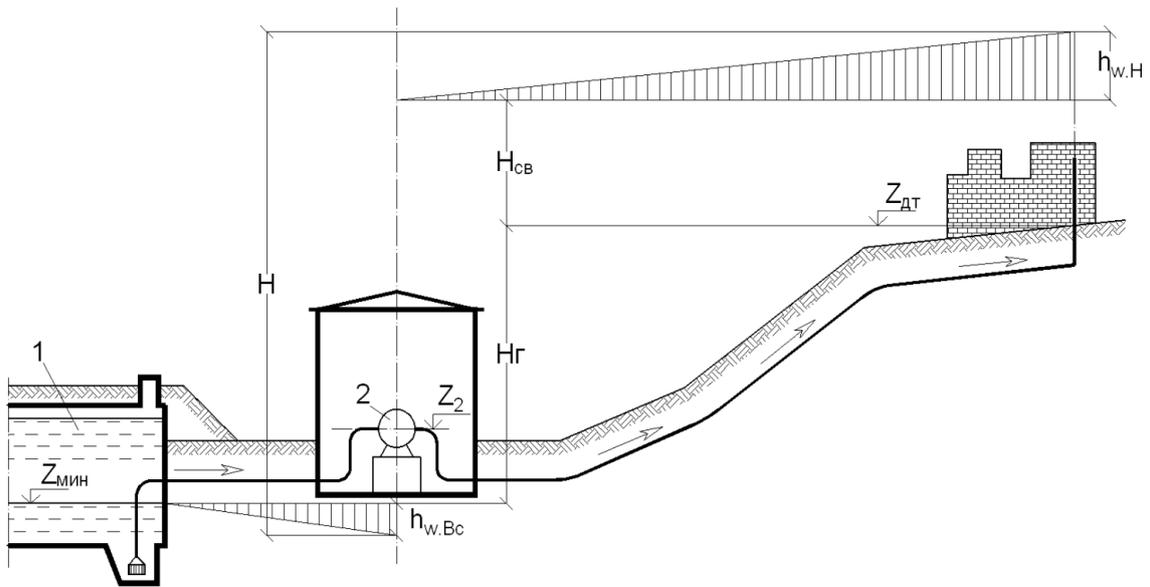
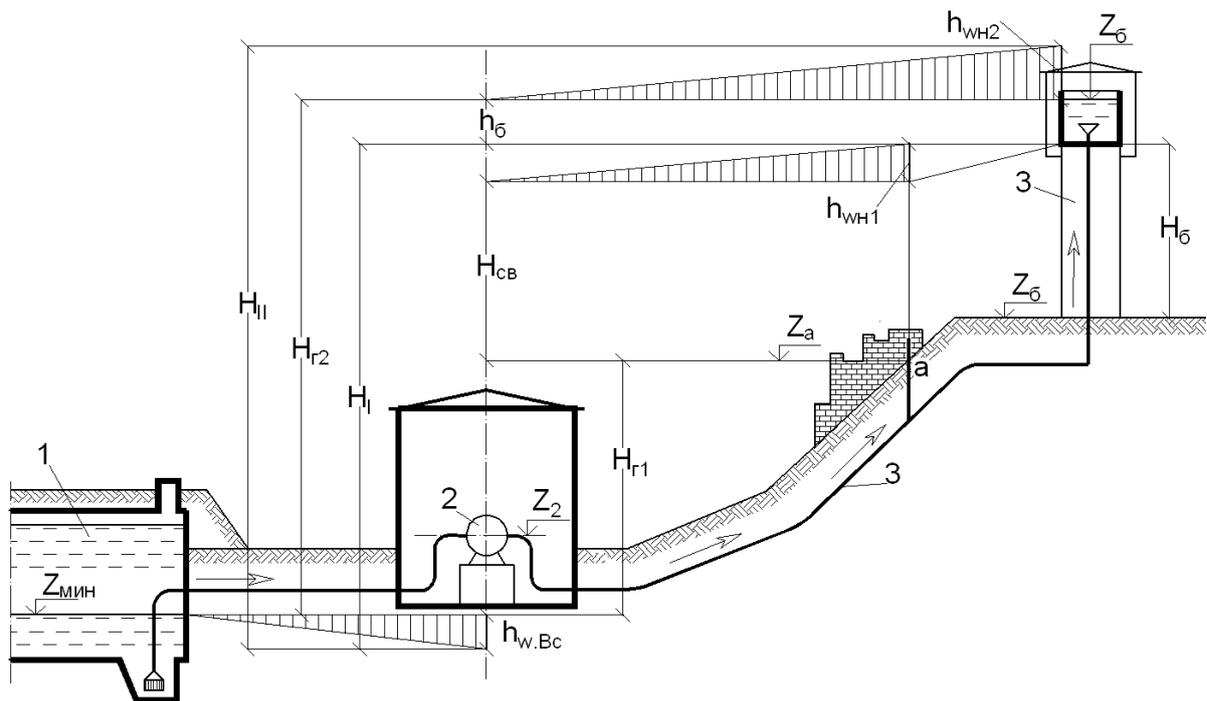


Рисунок 2.3 – Схема к определению расчетного напора насосов II подъема в безбашенной системе

3. Система с башней в конце сети (с контррезервуаром) (рисунок 2.4).



1 – резервуар чистой воды, 2 – насосная станция II подъема, 3 – водонапорная башня

Рисунок 2.4 – Схема к определению расчетного напора насосов II подъема в системе с контррезервуаром

При определении расчетного напора учитывается два режима работы насосной станции II подъема:

– в часы максимального водопотребления, когда в диктующую точку по-

ступает вода из насосной станции и водонапорной башни, эта точка называется точкой схода потоков и ее местоположение определяется гидравлическим расчетом сети;

– в часы минимального водопотребления, когда избыток воды проходит через сеть транзитом в башню.

В первом случае полная высота подъема насосов рассчитывается по формуле:

$$H_I = H_{Г1} + H_{св} + h_{w.вс} + h_{wh1}, \text{ м}, \quad (2.10)$$

где $H_{Г1}$ – разность отметок поверхности земли z_a в точке схода a и минимального уровня воды в резервуаре чистой воды $z_{мин}$, м; $H_{св}$ – требуемый свободный напор в сети; $h_{w.вс}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе; h_{wh1} – потери напора в напорных коммуникациях насосной станции, в водоводах и сети до точки схода a .

Во втором случае полную высоту подъема насосов находят по формуле:

$$H_{II} = H_{Г2} + h_{w.вс} + h_{wh2}, \text{ м}, \quad (2.11)$$

где $H_{Г2}$ – геометрическая высота подъема воды при транзите, т.е. разность отметок расчетного уровня воды в резервуаре и предельного уровня в баке водонапорной башни, м; $h_{w.вс}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе, м; h_{wh2} – потери напора в напорных коммуникациях, в водоводах, сети и соединительных линиях «сеть-башня».

Напор насосов принимается равным наибольшему из полученных по расчету. Как правило, наибольший напор оказывается при транзитной подаче воды в башню.

В случае возникновения пожара необходимый напор насосной станции II подъема определяется по формуле:

$$H_{пож} = H_{Г}^{II} + H_{св.п}^{II} + h_{w.вс}^{II} + h_{wh}^{II}, \text{ м}, \quad (2.12)$$

где $H_{Г}^{II}$ – разность отметок поверхности земли в расчетной точке пожара и минимального уровня воды в резервуаре чистой воды, м; $H_{св.п}^{II}$ – необходимый свободный напор в расчетной точке при возникновении пожара, м; $h_{w.вс}^{II}$, h_{wh}^{II} – потери напора соответственно во всасывающих трубопроводах и водоводах и сети до расчетной точки пожара,

Расчетная точка пожара должна находиться в наиболее возвышенных и удаленных от насосной станции территориях, обслуживаемых водопроводом. Свободный напор $H_{св.п}^{II}$ при возникновении пожара в расчетной точке должен быть не менее 10 м. Потери напора во всасывающих и напорных коммуникациях насосной станции определяются на пропуск расхода, равного сумме полного расчетного расхода воды на тушение пожара $Q_{пож}$ и расхода воды в час макси-

мального водоразбора $q_{\text{макс.ч}}$.

При определении требуемого напора насосов II подъема в момент возникновения пожара следует рассматривать три основных случая:

- необходимый напор для пожаротушения больше напора, развиваемого хозяйственными насосами;
- необходимый напор для пожаротушения равен напору, развиваемому хозяйственными насосами;
- необходимый напор для пожаротушения меньше напора в режимной точке работы насосов до возникновения пожара.

В первом случае следует устанавливать противопожарные насосы требуемого напора и подачи, которые обеспечат максимальные хозяйственный и противопожарный расходы. При работе пожарных насосов хозяйственные насосы выключают.

Во втором случае устанавливают противопожарные насосы такого же типоразмера, как и хозяйственные, с подачей, равной расходу, требуемому исключительно для тушения пожара.

В третьем случае требуемый суммарный расход при необходимой высоте подъема воды обеспечивается хозяйственными насосами за счет снижения расчетного напора насосов на случай пожаротушения

Ввиду кратковременности пожаротушения допускается работа насосов вне рекомендуемой рабочей части характеристики с некоторым снижением коэффициента полезного действия. При этом необходимо произвести поверочный расчет на кавитационный запас системы.

Выбор типа и числа устанавливаемых насосов

При выборе типа насосов и определении числа рабочих агрегатов необходимо учитывать совместную работу насосов, водоводов и сети и руководствоваться следующими соображениями:

1. Число рабочих агрегатов одной группы должно быть не менее двух.
2. Необходимо устанавливать как можно меньше рабочих насосов. Параллельная работа нескольких насосов экономически невыгодна: выгоднее установить крупные насосы, имеющие более высокие КПД, чем несколько средних и малых; кроме того, суммарная подача нескольких насосов при параллельной работе на общие водоводы всегда меньше, чем сумма их подач при раздельной работе на данную систему.
3. Насосы должны работать в области наивысших КПД при длительной подаче. Кратковременные расходы могут подаваться с более низким КПД.
4. Целесообразно на насосных станциях устанавливать насосы одного типоразмера, что обеспечивает взаимозаменяемость насосов, значительно упрощает их эксплуатацию и создает удобства для обслуживания. Однако требо-

вания экономичности во многих случаях заставляют отказаться от применения однотипных насосов. Низкие КПД насосов обуславливаются не только тем, что режимная точка насоса находится вне зоны оптимальных расходов, но также и несоответствием напоров, развиваемых насосами, требуемым напорам, так как при уменьшении расхода в сети потери напора на трение уменьшаются пропорционально квадрату расхода. Таким образом, для повышения КПД насосной станции насосы должны подбираться на разные расходы при максимальном КПД с учетом требуемых напоров, что приводит к необходимости установки разнотипных насосов.

5. Подача рабочих насосов должна быть достаточной для обеспечения максимального расхода. Число резервных насосов принимается в соответствии с категорией надежности насосной станции. Однако в любом случае целесообразно принимать не менее двух резервных агрегатов, так как при наличии одного резервного агрегата во время ремонта одного из рабочих насосов станция останется без резерва и при аварии рабочего насоса его нечем будет заменить.

Число резервных агрегатов принимается в зависимости от категории надежности станции и числа рабочих агрегатов (табл. 2.1). В число рабочих агрегатов включаются и пожарные насосы.

Таблица 2.1 – Число резервных агрегатов

Число рабочих агрегатов	Число резервных агрегатов на станциях категорий		
	I	II	III
До 6	2	1	1
7—9	2	1	-
10 и более	2	2	-

Резервные насосы принимаются с характеристикой, соответствующей наибольшему насосу, установленному на насосной станции, а резервный насос меньшей подачи должен храниться на складе.

2.3. Основное насосно-силовое оборудование оросительных насосных станций, подающих воду в открытые емкости

Расчетные напоры и подачи насосов при заданном графике водопотребления. Расчетным H_p называют некоторый напор насоса, определяемый из условия равенства работы, затрачиваемой на подъем воды при этом напоре, работе, затрачиваемой на подъем того же количества воды при переменном напоре, то есть [25].

$$\rho g H_p \sum (Q \Delta t) = \rho g \sum (QH \Delta t).$$

Откуда

$$H_p = \Sigma(QH\Delta t) / \Sigma(Q\Delta t), \quad (2.13)$$

где Q и H - подача ($\text{м}^3/\text{с}$) и напор (м) насоса в промежутке времени Δt .

Иногда расчетный напор определяют, как средний напор насоса за достаточно длительный период его работы, например, за сезон:

$$H_p = \Sigma(H\Delta t) / (\Sigma\Delta t). \quad (2.14)$$

При проектных работах расчетный напор насоса вычисляют как сумму средневзвешенной геодезической высоты подъема и потерь напора насосной станции от водоисточника до водоприемника:

$$H_p = H_{г.ср} + h_l + h_m. \quad (2.15)$$

где $H_{г.ср}$ - средневзвешенная геодезическая высота подъема, м, $H_{г.ср} = \Sigma(QH_g\Delta t) / \Sigma(Q\Delta t)$; h_l - средние за сезон потери напора на трение жидкости о стенки трубопроводов по всей длине трассы водоподачи, м, $h_l = Al$, обычно потерями на трение во всасывающих коммуникациях пренебрегают; l - длина напорного трубопровода, км; A - среднестатистические удельные потери напора на 1 км длины трубопровода, м, обычно $A = 2,5 \dots 4$ м; h_m - сумма потерь напора в местных сопротивлениях, м, можно определить по статистическим данным, обычно $h_m = 0,7 \dots 2$ м.

Геодезическая высота подъема H_g - это разность уровней воды в водоприемнике и водоисточнике. В каждый период времени ее находят с помощью совмещенных графиков изменений уровней воды в водоприемнике и водоисточнике для среднего по обеспеченности года (рисунок 2.5).

При малых колебаниях уровней воды (до 2 м) допускается значение $H_{г.ср}$ определять, как полусумму максимальной и минимальной геодезических высот подъема для многоводного и маловодного года:

$$H_{г.ср} = (H_{г.макс} + H_{г.мин}) / 2. \quad (2.12)$$

Для установления граничных режимов работы выбранного насоса необходимо знать максимальный и минимальный расчетные напоры насоса - $H_{р.макс}$ и $H_{р.мин}$. Их значения можно вычислить по следующим формулам:

$$H_{р.макс} = H_{г.макс} + h_l + h_m. \quad (2.13)$$

и

$$H_{р.мин} = H_{г.мин} + h_l + h_m. \quad (2.14)$$

Расчетной Q_p называют осредненную подачу насоса за период эксплуатации. Значение Q_p зависит от принимаемого числа и номенклатуры установленных насосов и графика водопотребления. Фактические подачи насоса отли-

чаются от расчетных и колеблются в пределах от $Q_{p,max}$ до $Q_{p,min}$.

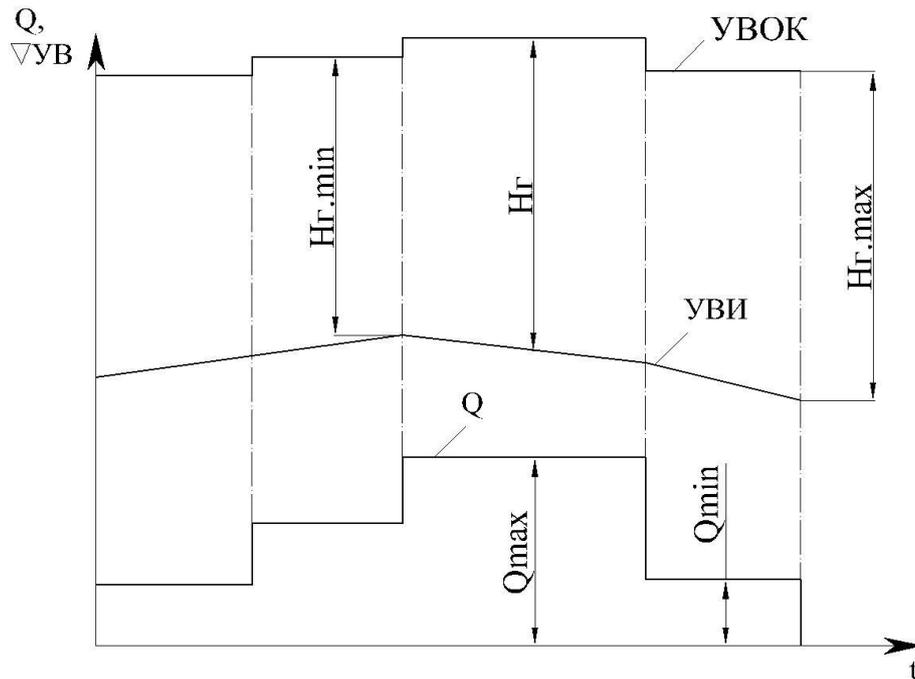


Рисунок 2.5 – Совмещенные графики водоподачи $Q=f(t)$ и изменений уровней воды в водоисточнике и отводящем канале в зависимости от времени t

Значения $Q_{p,max}$ и $Q_{p,min}$ определяют по характеристике $H=f(Q)$ выбранного насоса при $H_{p,max}$ и $H_{p,min}$. Если график водопотребления имеет ступенчатый характер, а подачи в каждый период времени кратны некоторой минимальной подаче Q_{min} , то значение Q_p можно принять равным Q_{min} (рисунок 2.5). Покрытие графика водопотребления осуществляют включением или отключением того или иного числа одинаковых насосов с расчетной подачей $Q_p=Q_{min}$, подсоединенных параллельно к одному или нескольким напорным трубопроводам. Такое решение обеспечивает взаимозаменяемость насосных агрегатов, их отдельных узлов и деталей, упрощает обслуживание и ремонт, повышает надежность функционирования всей насосной станции.

Если график водопотребления (водоотвода - для осушительных насосных станций) имеет более сложный характер, чем график, показанный на рисунке 2.1, то расчетную подачу можно определить по заданному графику водопотребления исходя из максимальной подачи насосной станции Q_{max} и выбранного числа насосов a_n с одинаковой подачей:

$$Q_p = Q_{max} / a_n. \quad (2.15)$$

Заданный график водопотребления (водоотвода) в соответствии с вычисленным по формуле (2.15) значением Q_p перестраивают в ступенчатый график

водоподачи таким образом, чтобы сохранялся общий объем подаваемой воды: $\sum Q_{\text{потр}} \Delta t = \sum Q_{\text{под}} \Delta t$. Иногда для большего приближения графика водоподачи насосной станции к графику водопотребления применяют разменные насосы. В отличие от основных, разменные насосы имеют меньшую расчетную подачу. Суммарная подача всех разменных насосов (обычно их не более 4), как правило, не превышает подачу основного насоса. Применение разменных насосов должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

Число основных насосов выбирают в результате сравнения ряда вариантов. Определяющим критерием при этом будет минимум приведенных затрат. Приведенные затраты учитывают капитальные вложения на сооружение насосной станции и затраты на ее эксплуатацию.

К основному насосно-силовому оборудованию относят главные насосные агрегаты. Число их должно быть увязано с графиком водопотребления.

Расчетная максимальная подача насосной станции $Q_{\text{н.с.макс}}$ должна быть равна максимальной ординате укомплектованного графика водопотребления $Q_{\text{макс}}$, умноженной на коэффициент форсировки $\kappa_{\text{ф}}$ $Q_{\text{н.с.макс}} = Q_{\text{макс}} \kappa_{\text{ф}}$. При $Q_{\text{макс}} \leq 1 \text{ м}^3/\text{с}$ $\kappa_{\text{ф}} = 1,2 \dots 1,3$; при $Q_{\text{макс}} = 1 \dots 10 \text{ м}^3/\text{с}$ $\kappa_{\text{ф}} = 1,15 \dots 1,2$; при $Q_{\text{макс}} > 10 \text{ м}^3/\text{с}$ $\kappa_{\text{ф}} = 1,1 \dots 1,15$. При подаче воды в каналы рисовых оросительных систем $\kappa_{\text{ф}} = 1,1$ [23].

Опыт проектирования и эксплуатации насосных станций показал, что оптимальное число однотипных основных насосных агрегатов a_n , обеспечивающих максимальную подачу насосной станции $Q_{\text{н.с.макс}}$, составляет: при $Q_{\text{н.с.макс}} \leq 1 \text{ м}^3/\text{с}$ – 2...4; при $Q_{\text{н.с.макс}} = 1 \dots 5 \text{ м}^3/\text{с}$ – 3...5; при $Q_{\text{н.с.макс}} = 5 \dots 30 \text{ м}^3/\text{с}$ – 4...6; при $Q_{\text{н.с.макс}} > 30 \text{ м}^3/\text{с}$ – 5...9. Если промышленность не выпускает насосы подачей $Q_p \geq Q_{\text{н.с.макс}} / a_n$, то значение a_n можно принять больше оптимального.

Если в системе подачи воды потребителю есть регулирующая емкость, обеспечивающая заданный график недопотребления при ступенчатом графике водоподачи насосной станции, то число a_n можно уменьшить по сравнению с оптимальным. На оросительных насосных станциях III категории надежности подач допускается устанавливать один насосный агрегат (подачей не более 400 л/с, мощностью не более 150 кВт).

Для лучшего покрытия графика водопотребления иногда насосные станции оснащают разменными насосными агрегатами, имеющими значительно меньшую расчетную подачу, чем основные. Разменные насосные агрегаты можно использовать также для заполнения водой напорных трубопроводов перед пуском основных насосных агрегатов. Целесообразность применения разменных насосных агрегатов, их число и подачу следует обосновывать технико-экономическими расчетами. Как показала практика, применение разменных насосных агрегатов оказывается эффективным при расчетных подачах основных более $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

На оросительных насосных станциях I и II категории надежности подач, помимо основных, следует устанавливать резервные насосные агрегаты: один при I категории надежности подач и $a_n \leq 4$ или при II категории надежности подач и $a_n \leq 8$; два при I категории надежности подач и $a_n > 4$ или при II категории надежности подач и $a_n > 8$. На оросительных насосных станциях III категории надежности подач резервный агрегат, как правило, не устанавливают. При необходимости его можно держать на складе. Перерыв в подаче, связанный с заменой вышедшего из строя насосного агрегата, на таких станциях допустим по условиям надежности.

Число резервных насосных агрегатов можно увеличить по сравнению с приведенными выше рекомендациями в следующих случаях:

- при установке на насосной станции агрегатов, вновь осваиваемых или гарантийный срок работы которых между капитальными ремонтами меньше, чем продолжительность работы в году;
- при эксплуатации насосной станции в тяжелых условиях, влияющих на надежность их работы (перекачка вод агрессивных или содержащих большое количество абразивных частиц, большое число пусков и остановок и др.);
- при длительности работы каждого из них более 5500 ч в год.

Если на насосной станции применяют регулируемые насосы, например типа ОП, то число резервных агрегатов можно уменьшить по сравнению с приведенными выше рекомендациями.

Функции резервных могут выполнять разменные насосы.

Таким образом, на оросительных насосных станциях со сложным графиком водоподачи число главных насосных агрегатов

$$a_{\Sigma n} = a_n + a_{\text{разм}} + a_{\text{рез}}. \quad (2.16)$$

где $a_{\text{разм}}$ и $a_{\text{рез}}$ – число разменных и резервных насосных агрегатов.

Если число напорных трубопроводов не соответствует числу главных насосных агрегатов (без учета разменных), то для облегчения объединения напорных линий насосов с напорными трубопроводами число насосных агрегатов рекомендуется принимать кратным 2 или 3.

Целесообразность применения того или иного типа и числа главных насосных агрегатов обосновывают технико-экономическими расчетами.

2.4. Основное гидромеханическое оборудование насосных станций, подающих воду в закрытые оросительные сети

Основные особенности эксплуатации насосных станций, подающих воду в закрытые оросительные сети [1]:

- нет определенного графика водопотребления;
- должны обеспечивать любую подачу воды (от 0 до Q_{\max}) в любое время суток;
- подача зависит только от числа и гидравлических характеристик включенных в работу дождевальных машин;
- подаваемая вода должна быть достаточно чистой;
- автоматическое управление основными технологическими процессами.

Только пуск, первоначальное заполнение оросительной сети водой и полная остановка станции требуют «ручного» управления.

Обычно эти насосные станции имеют подачу не более $1,2 \text{ м}^3/\text{с}$ и обслуживают земельные участки сравнительно малой площади. Одной станцией подавать воду на большие участки экономически невыгодно из-за возрастания гидравлических потерь в оросительной сети или ее стоимости при увеличении диаметров трубопроводов.

Насосные станции, подающие воду в закрытые оросительные системы, оснащают бустерными и основными насосными агрегатами.

Бустерные насосные агрегаты используют для первоначального заполнения оросительной сети водой и компенсации ее утечек через неплотности различных соединений и арматуру в межполивной период. Иногда их включают и во время полива для обеспечения более экономичной работы насосной станции.

Основные насосные агрегаты работают только во время полива. Они включаются в сеть «на обратный клапан». (Обратными клапанами оснащены напорные трубопроводы после каждого насоса, в том числе и бустерного.) Следующая за обратным клапаном задвижка при этом открыта. Ее закрывают только при ремонте или консервации насосной станции на зиму, а также при первоначальном заполнении (бустерными насосами) оросительной сети водой.

Водозаборные сооружения насосной станции оборудуют фильтрующими устройствами, предотвращающими попадание в оросительную сеть взвешенных частиц диаметрами более 0,5 мм при поливе дождевальными машинами «Фрегат» и более 2 мм при поливе дождевальными машинами «Волжанка» и «Днепр».

Для восполнения утечек воды из оросительной сети при отключенных дождевальных машинах, поддержания в ней необходимого давления, сглаживания колебаний давлений в напорных трубопроводах при переходных режимах, обеспечения надлежащей работы автоматических систем в непосредственной близости от здания насосной станции устанавливают водовоздушные баки (обычно один-два) вместимостью $6 \dots 10 \text{ м}^3$. Баки оснащают предохранительными клапанами, мерным стеклом, датчиками уровня, манометрами. Число их опре-

деляют специальным расчетом. Нижнюю часть баков (примерно 60...70% вместимости) заполняют водой, а верхнюю сжатым воздухом (подают автоматически включающимся и выключающимся компрессором). Уровень воды в баках изменяется в заранее заданных пределах.

Номенклатуру и число насосов для насосных станций, подающих воду в закрытые оросительные сети, определяют в результате технико-экономических расчетов, сравнивая различные варианты. При выборе типа и числа насосов следует использовать типовые технические проекты насосных станций, проверенные на практике.

Насосные станции, обслуживающие одну или две дождевальные машины, могут иметь всего один основной насосный агрегат, а обслуживающие несколько севооборотных участков три пять и два бустерных. Резервные насосные агрегаты на таких станциях устанавливают только в особых случаях. Обычно их держат на складе. При использовании широкозахватных перемещающихся дождевальных машин насосных агрегатов часто требуется меньше, чем при использовании дождевальных позиционного действия. С целью экономного расходования электроэнергии насосные станции иногда целесообразно оснащать разменными насосами подачи, составляющей 20...30% подачи основных насосов. Функции разменных могут выполнять и бустерные насосы.

Расчетные напоры насосов вычисляют для их максимальных расчетных подач

$$Q_{p.\max} = Q_{н.с.\max} / a_n,$$

где a_n – число основных насосных агрегатов на насосной станции, по следующей формуле:

$$H_{p.\min} = H_{г.\max} + h_l + h_m + H_{д.м}. \quad (2.17)$$

где $H_{г.\max}$ – максимальная геодезическая высота подъема воды из источника к гидранту, имеющему наименьший свободный напор в период эксплуатации насосной станции, м; h_l и h_m – потери напора по длине трубопровода и в местных сопротивлениях на участке от источника до того же гидранта при максимальной подаче насосной станции $Q_{н.с.\max}$, м; $H_{д.м}$ – допустимый свободный напор воды в том же гидранте, необходимый для нормального функционирования дождевальной машины, м.

Насосная станция должна создавать минимально допустимый свободный напор на любом гидранте закрытой оросительной сети при самом неблагоприятном сочетании работающих дождевальных машин. Значение минимально допустимого свободного напора воды на гидранте зависит от типа применяемых дождевальных машин. Чаще всего наименьшее значение свободного напора воды в период эксплуатации насосной станции имеет гидрант, расположенный

на самом дальнем от нее участке закрытой оросительной сети.

По значениям $H_{p.min}$ и $Q_{p.max}$ и сводным характеристикам $H=f(Q)$ выбирают типы и марки насосов, которые можно использовать в насосной станции с заданной максимальной подачей $Q_{н.с.max}$.

Расчетные напоры бустерных насосов чаще всего близки по значению к расчетным напорам основных либо меньше их. Суммарная расчетная максимальная подача двух параллельно подключенных бустерных насосов должна быть больше возможных утечек воды из сети $Q_{ут}$ при отключении всех дождевальных машин. Рекомендуются принимать ее до $0,03 Q_{н.с.max}$ при стальных трубопроводах и до $0,1 Q_{н.с.max}$ при асбестоцементных. Если бустерные насосы используют в качестве разменных, то их суммарная подача должна существенно превышать значение $Q_{ут}$. Значения $Q_{ут}$ выбирают с учетом опыта эксплуатации закрытых оросительных сетей.

2.5. Основное насосно-силовое оборудование осушительных насосных станций

Осушительные насосные станции могут перекачивать как поверхностный сток (паводковые и ливневые воды), так и грунтовый. Вода к насосным станциям, перекачивающим грунтовый сток, поступает по закрытым коллекторам. Максимальные подачи этих насосных станций обычно существенно меньше, чем насосных станций, перекачивающих поверхностный сток [26].

Осушительные насосные станции часто оснащают устройствами, позволяющими сбрасывать воду (самотеком) с осушаемой территории в водоприемник, уровень воды в котором ниже уровня воды на осушаемой территории.

Для определения требуемых подач и напоров насосов необходимо установить связь режима стока воды на осушаемую территорию с режимом работы насосной станции.

Расчитанные подачи и напоры насосной станции приводят в соответствие с установленным в ней насосным оборудованием и графиком его работы. График работы насосной станции увязывают с параметрами подводящего водовода (открытого или закрытого). Открытый водовод канал может выполнять функции магистрального канала осушительной системы. Непосредственно перед насосной станцией его сопрягают с аванкамерой или регулирующей емкостью. Вода в аванкамеру или регулирующую емкость может поступать и непосредственно из закрытых коллекторов.

При выборе типа и числа насосов для осушительных насосных станций учитывают следующие требования:

- должно быть обеспечено наиболее полное покрытие графика перекачки;

- насосы должны работать с наиболее высокими КПД;
- число основных насосов должно быть минимальным;
- при включении или отключении насосов, вызывающих изменения уровней воды в подводящих водоводах, не должны разрушаться откосы каналов и регулирующих емкостей.

На осушительных насосных станциях рекомендуется устанавливать не менее двух основных насосных агрегатов. Насосные станции, имеющие малые подачи и достаточные регулирующие емкости или перекачивающие талые или ливневые воды, можно оснащать двумя однотипными насосными агрегатами.

Не менее трех однотипных насосных агрегатов следует предусматривать на малых и средних и не менее четырех на крупных насосных станциях, перекачивающих дренажный сток и имеющих отношение максимальной подачи к минимальной более семи и регулирующие емкости. При отсутствии регулирующих емкостей осушительные насосные станции рекомендуется оборудовать тремя или четырьмя разнотипными насосными агрегатами с соотношением подач 1:1:2 и 1:2:2 или 1:1:2:2 и 1:1:3:3.

Резервные насосные агрегаты не устанавливают на осушительных насосных станциях только в тех случаях, когда все основные агрегаты одновременно работают с максимальной подачей не более 10 сут и нет опасности катастрофического затопления населенных пунктов или ценных сельскохозяйственных угодий в случае выхода из строя одного из них.

2.6. Выбор насосов

Насосы подбирают по каталогам насосного оборудования, выпускаемого промышленностью с учетом требований, изложенных в п. 2.1. Тип насоса выбирают в зависимости от его назначения, расчетных значений напора H_p и подачи Q_p , рода перекачиваемой жидкости и других факторов. Выбранный насос должен устойчиво, с высоким КПД, без кавитации работать во всем диапазоне подач от $Q_{p.min}$ до $Q_{p.max}$. Насосная станция с выбранными насосами должна иметь приемлемый график водоподдачи (водоотвода) [15].

При расчетных подачах $Q_p < 2 \text{ м}^3/\text{с}$ предпочтение следует отдавать наиболее надежным, простым по конструкции и легким в эксплуатации центробежным насосам горизонтального исполнения.

В каталогах насосного оборудования для каждого типа насоса имеются сводные характеристики $H-Q$, по которым для заданных H_p и Q_p можно установить марку и частоту вращения вала насоса.

Каждой марке насоса, например, типа К (КМ), соответствует некоторое поле его эксплуатационных режимов по H и Q (криволинейные многоугольники

на рисунок 2.6). Верхние и нижние кривые линии многоугольников представляют собой напорные характеристики $H = f(Q)$ насосов для максимального и минимального допустимых диаметров рабочего колеса. Боковые кривые линии ограничивают подачи, при которых насос работает с достаточно высокими коэффициентами полезного действия (обычно при $\eta \geq 0,9 \eta_{\max}$) и степенью надежности. Характеристика выбранного насоса $H = f(Q)$ должна проходить через точку A с координатами H_p и Q_p , расположенную внутри криволинейного многоугольника. Ее можно получить после обточки рабочего колеса по наружному диаметру D_2 [16].

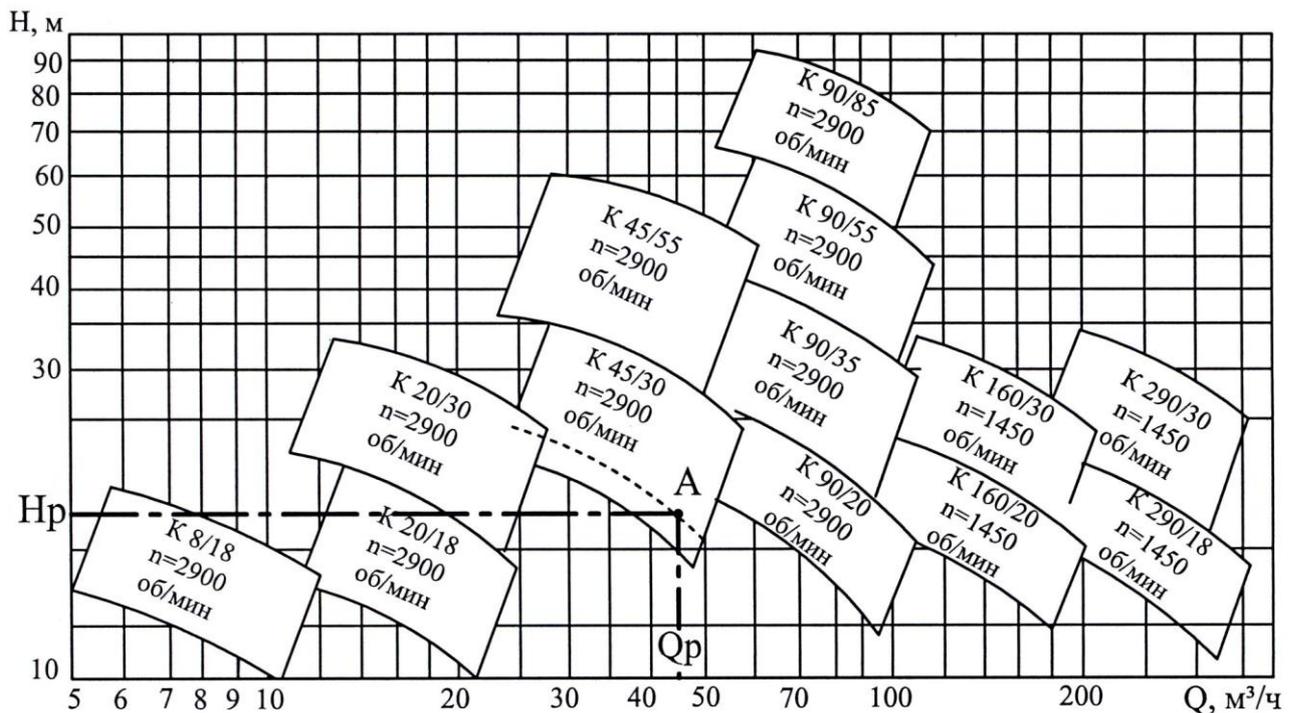


Рисунок 2.6 – Сводные характеристики насосов типа К (КМ)

Если точка A с расчетными координатами H_p и Q_p на сводной характеристике не попала ни в один из криволинейных многоугольников, то марку насоса можно определить по аналогичной характеристике другого типа насоса или следующим образом. Выбирают насос, марка и частота вращения вала, которого записаны в ближайшем многоугольнике, лежащем либо правее, и выше точки A , либо левее и ниже ее. В первом случае снижают, а во втором повышают частоты вращения валов n до ближайших стандартных n_3 .

Предполагая, что насос будет работать при частоте вращения вала n_3 , пересчитывают значения H_p и Q_p по следующим формулам:

$$H'_p = H_p (n/n_3)^2 \text{ и } Q'_p = Q_p n/n_3. \quad (2.18)$$

Если точка A' с координатами H'_p и Q'_p попала в выбранный криволинейный многоугольник, то соответствующий ему насос с частотой вращения вала $n = \text{const}$ можно использовать для эксплуатации при расчетных параметрах H_p и Q_p при $n = n_3$. При этом следует иметь в виду, что повышать частоту вращения вала насоса, по сравнению с указанной в каталоге, можно только после согласования с заводом-изготовителем. Если же точка A не попала в выбранный криволинейный многоугольник, то расчеты повторяют для других марок насосов. Если таким образом подобрать насос не удастся, то изменяют число используемых насосов и график водоподачи при соответствующем изменении Q_p .

2.7. Двигатели для привода насосов

Для привода насосов можно применить двигатели электрические, внутреннего сгорания, паровые, ветровые и др. Наибольшее распространение получили электродвигатели. Лишь мелкие передвижные или съемные насосные станции и установки для привода насосов снабжают двигателями внутреннего сгорания, а в отдельных районах (в специфических природных условиях) ветровыми. Поэтому в этом параграфе рассмотрим только электродвигатели [25].

Всю систему приведения в действие насоса с помощью электроэнергии называют электроприводом. Эту систему можно условно разделить на три части: электродвигатель, аппаратура для управления электродвигателем и устройство для передачи энергии от электродвигателя к насосу.

Широкое применение электропривода в насосных станциях и установках объясняется его преимуществами перед другими типами приводов:

- значительно сокращается объем строительных работ, проще фундаменты и устройства для передачи энергии от двигателя к насосу (валы двигателя и насоса можно соединить через муфту);
- легче автоматизировать пуск и остановку двигателя;
- значительно меньше эксплуатационные затраты;
- лучше условия труда при эксплуатации, чище помещения;
- в несколько раз меньше масса двигателей на единицу развиваемой ими мощности.

В насосных станциях обычно используют трехфазные асинхронные и синхронные электродвигатели переменного тока.

Асинхронные электродвигатели. Выполняют как с короткозамкнутым, так и с фазным ротором. У электродвигателей с короткозамкнутым ротором (рисунок 2.7) по сравнению с электродвигателями с фазным ротором проще конструкция, меньше масса, габаритные размеры и стоимость. Их можно подключать непосредственно к сети с помощью простого рубильника или дистан-

ционной системой управления с магнитными пускателями.

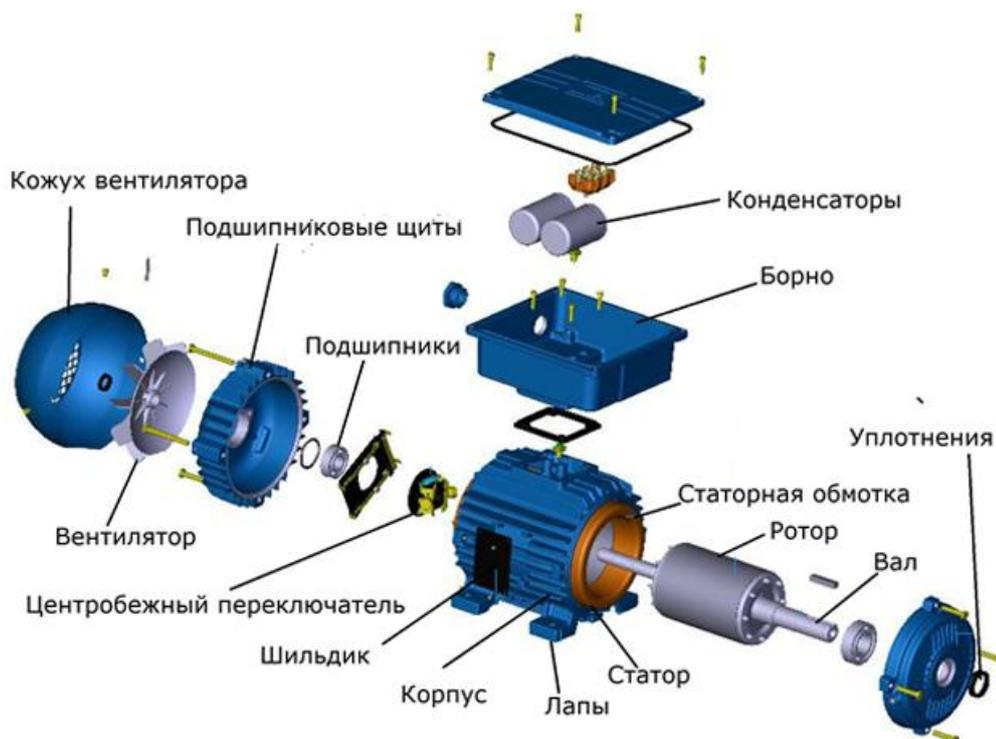


Рисунок 2.7 – Конструкция асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Однако следует иметь в виду, что при прямом подключении такого электродвигателя к сети пусковая сила тока по сравнению с номинальной возрастает в несколько раз (в 5...7 раз), и это может неблагоприятно отразиться на работе других потребителей электроэнергии, подсоединенных к той же распределительной сети. Исполнение электродвигателей с короткозамкнутым ротором может быть горизонтальным и вертикальным.

Электродвигатели с фазным ротором имеют пусковой реостат, соединенный с обмотками ротора. Пусковой реостат подключен к цепи ротора только в период пуска электродвигателя.

По достижении электродвигателем частоты вращения, близкой к номинальной, он автоматически отключается, а электродвигатель продолжает работать уже в режиме с короткозамкнутым ротором. Пусковые токи для электродвигателей с фазным ротором по сравнению с электродвигателями с короткозамкнутым ротором снижаются в несколько раз. Однако такие электродвигатели все же получили меньшее распространение в насосных станциях, чем электродвигатели с короткозамкнутым ротором, из-за более сложной конструкции, меньшей надежности в эксплуатации и более высокой стоимости.

Частоты вращения магнитного поля в статорах асинхронных электродви-

гателей больше частот вращения их валов (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Частоты вращения асинхронных и синхронных электродвигателей при номинальной их мощности в зависимости от числа пар полюсов

Число пар полюсов	Электродвигатель		Число пар полюсов	Электродвигатель	
	асинхронный (средние значения)	синхронный		асинхронный (средние значения)	синхронный
1	2900	3000	5	585	600
2	1450	1500	6	485	500
3	960	1000	8	368	375
4	730	750	10	290	300

Принято, что эти электродвигатели работают со «скольжением» вала относительно магнитного поля статора. Чем больше нагрузка на электродвигатель (больше потребляемая мощность), тем большую степень скольжения имеет его вал относительно магнитного поля статора.

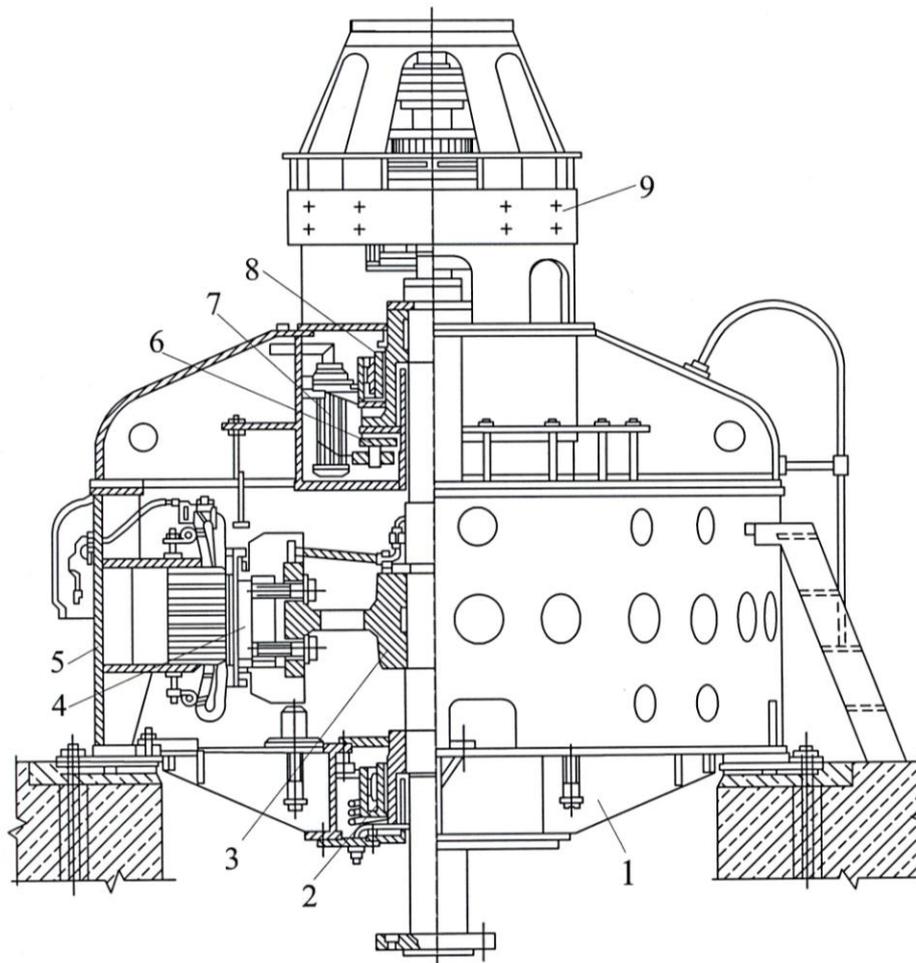
Синхронные электродвигатели. Чаще всего применяют для привода насосов, имеющих мощность более 200 кВт и работающих в течение длительного периода без остановки. В отличие от асинхронных у таких электродвигателей вал вращается с постоянной частотой, не зависящей от потребляемой мощности и совпадающей с частотой вращения магнитного поля статора.

Конструкция синхронных электродвигателей (рисунок 2.8) сложнее конструкции асинхронных.

Магнитный поток в них создает специальный возбудитель, представляющий собой небольшой генератор постоянного тока. Для вывода электродвигателя на режим работы ротор необходимо раскрутить так, чтобы частота его вращения была близка к частоте вращения магнитного поля статора. Поэтому ротор большинства синхронных электродвигателей имеет дополнительную пусковую короткозамкнутую обмотку, аналогичную обмотке ротора асинхронных.

Синхронные электродвигатели, несмотря на сложную конструкцию и пусковую автоматику, высокую стоимость, получили широкое распространение на практике благодаря следующим преимуществам:

- могут работать с коэффициентом мощности ($\cos \varphi$), равным единице, что повышает коэффициент мощности сети и соответственно способствует экономии электроэнергии;
- коэффициенты мощности их не зависят от номинальной частоты вращения ротора;
- при колебаниях напряжения в сети работают более устойчиво.



1 – нижняя крестовина; 2, 8 – нижний и верхний подшипники; 3 – ротор; 4 – полюсы;
5 – статор; 6 – подпятник; 7 – маслоохладитель; 9 – возбудитель двигателя

Рисунок 2.8 – Конструкция вертикального синхронного электродвигателя ВДС-325/44-16

Механическая энергия от вала электродвигателя к валу насоса может передаваться с помощью различных устройств; дисковой, гидравлической, электромагнитной муфт, ременной и зубчатой передач и др.

2.8. Определение мощности электродвигателя для привода насоса. Выбор электродвигателей

Для насосов, поставляемых без электродвигателей, электродвигатели подбирают по каталогам исходя из обеспечения передачи ими необходимой мощности насосам при заданных частотах вращения валов. Необходимая мощность и частота вращения вала электродвигателя могут быть указаны в документах на поставляемый насос [15].

Максимальная потребляемая мощность (кВт) насоса при заданной частоте

вращения его вала

$$N_{\max}=9,81QH/\eta, \quad (2.19)$$

где Q , H и η - подача ($\text{м}^3/\text{с}$), напор (м) и КПД насоса при максимальной потребляемой мощности.

Для центробежных насосов потребляемая мощность имеет максимальное значение при $Q=Q_{\text{р.макс}}$ и $H=H_{\text{р.мин}}$, а для осевых при $Q=Q_{\text{р.мин}}$ и $H=H_{\text{р.макс}}$.

Мощность электродвигателя

$$N_{\text{дв}} \geq N_{\max}k/\eta_{\text{пер}}, \quad (2.20)$$

где $\eta_{\text{пер}}$ – КПД устройства, передающего мощность от вала двигателя к валу насоса; при соединении валов двигателя и насоса дисковой муфтой $\eta_{\text{пер}}=1$; k – коэффициент запаса мощности, при мощности электродвигателя до 20 кВт $k=1,25$; 21...50 кВт – $k=1,2$; 51...300 кВт – $k=1,15$; более 300 кВт – $k=1,1$.

При потребляемой мощности насоса до 200 кВт рекомендуется использовать низковольтные (напряжение в сети до 1000 В) асинхронные электродвигатели, при потребляемой мощности более 200 кВт и необходимости частых пусков и остановок насоса высоковольтные (напряжение в сети более 1000 В) асинхронные, при потребляемой мощности более 200 кВт и необходимости редких пусков и остановок высоковольтные синхронные электродвигатели.

Электродвигатели по отношению к окружающей среде подразделяют на открытые, защищенные, закрытые с вентиляцией, защищенные от капежа, взрывобезопасные и герметические. Изготавливают их как с нормальной, так и с противосыровой изоляцией. В насосных станциях оросительных, осушительных и сельскохозяйственного водоснабжения применяют в основном открытые и защищенные электродвигатели.

Насосные станции, построенные в сельской местности, могут снабжаться электроэнергией от различных источников по различным схемам. Так, если в районе, на территории которого расположена насосная станция, находится понижительная подстанция, подающая ток с низким напряжением совхозам, фермам, мелким заводам, то насосную станцию можно подсоединить к ней. Если насосная станция получает ток от линий электропередач высокого напряжения, а требуется низкое, то устраивают понижительную трансформаторную подстанцию непосредственно на территории насосной станции. Трансформатор располагают либо рядом с ее зданием, либо внутри него в специальном изолированном помещении. Если насосная станция оборудована двигателями высокого напряжения (свыше 1000 В), то, чтобы получить ток низкого напряжения, в ее здании устанавливают дополнительный небольшой трансформатор для собственных нужд (привода электродвигателей для вспомогательного оборудования,

освещения и др.). Если несколько насосных станций расположены недалеко друг от друга, то для их обслуживания можно построить одну понизительную подстанцию.

Насосные станции I и II категории надежности подач, например осушительные, предотвращающие затопление местности, должны получать электроэнергию от двух независимых источников по независимым линиям электропередач. Это гарантирует высокую надежность водоподачи или водоотвода.

Целесообразность применения той или иной схемы электроснабжения насосной станции в каждом конкретном случае обосновывают технико-экономическими расчетами.

2.9. Вспомогательное оборудование насосных станций

К вспомогательному относят оборудование механическое, систем технического водоснабжения, дренажа и откачки, маслоснабжения, пневматической, вакуумной, противопожарной, хозяйственно-питьевого водоснабжения, канализационной, вентиляции и отопления, контрольно-измерительное. Такое оборудование обеспечивает нормальный, безаварийный режим эксплуатации насосных станций, контроль и защиту их оборудования и сооружений от опасных перегрузок [6].

К вспомогательному оборудованию предъявляют следующие требования:

- максимальные удобства эксплуатации и надежность при минимальных капитальных вложениях;
- возможность ремонта сооружений, основных агрегатов и отдельных элементов вспомогательных систем без нарушения нормальной эксплуатации насосной станции.

Механическое оборудование

К механическому оборудованию относят:

- затворы, сороудерживающие решетки и сетки всех типов с опорно-ходовыми и закладными частями;
- стационарные и подвижные подъемные механизмы с захватными болтами, штангами и траверсами;
- решеткоочистные машины для очистки сороудерживающих сеток, решеток и водного пространства перед ними;
- тележки для транспортировки оборудования и материалов.

Состав и конструкция механического оборудования в основном зависят от крупности насосной станции, амплитуды колебаний уровней воды в водоемчике и его засоренности плавающими предметами и водорослями. Такое оборудование при минимальных габаритных размерах и массе должно обеспе-

чивать надежность и удобство эксплуатации.

Затворы. На насосных станциях, как правило, применяют глубинные затворы (верхняя кромка их находится ниже уровня воды). По назначению такие затворы подразделяют на основные, ремонтные, аварийные и аварийно-ремонтные.

Основные (рабочие) затворы предназначены для регулирования уровней воды в каналах или напоров насосов (например, при пуске осевых или диагональных насосов на затвор). Они должны иметь возможность подниматься и опускаться при текущей воде и допускать истечение воды из-под затвора.

Ремонтные затворы (рисунок 2.9) используют для временного перекрытия входных отверстий при ремонтах насосов или основных затворов.

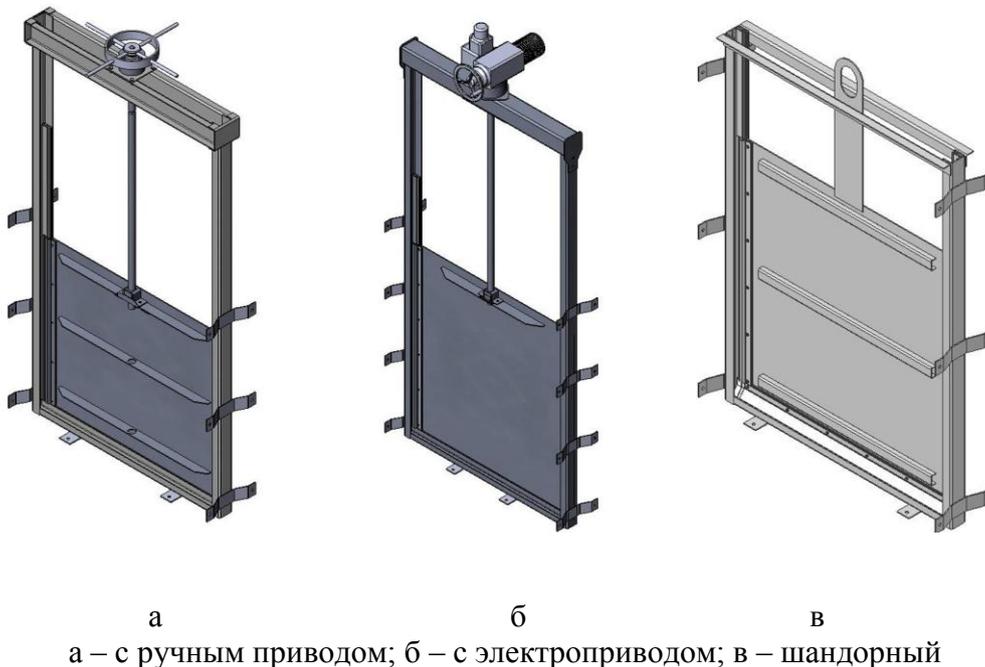


Рисунок 2.9 – Ремонтные затворы

По конструкции они проще основных, так как их поднимают и опускают при спокойной воде (при выравненных до и после затвора уровнях воды).

Аварийные затворы применяют при аварии основных затворов, напорного трубопровода или основного насоса. К аварийным можно отнести быстропадающие затворы водовыпускных сооружений. Эти затворы должны иметь возможность опускаться в текущую воду, подниматься при спокойной воде.

Аварийно-ремонтные затворы совмещают функции аварийных и ремонтных. Их устанавливают перед основными затворами.

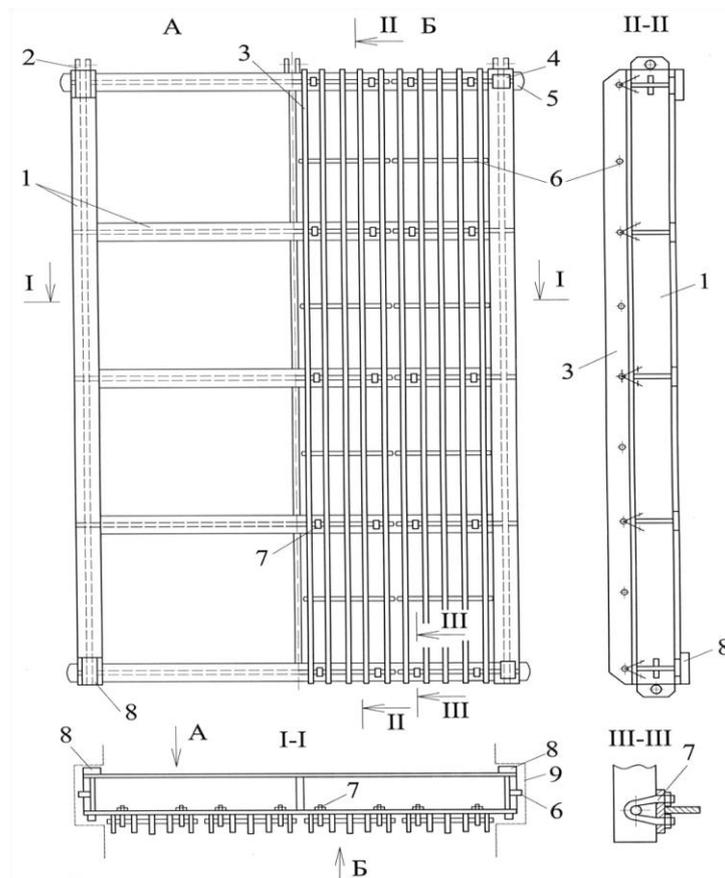
Число глубинных затворов на насосной станции зависит от числа входных отверстий всасывающих труб. Основных, аварийных и аварийно-ремонтных затворов должно быть по одному на входное отверстие плюс один резервный, а

ремонтных - по одному на входное отверстие.

При заборе воды из каналов, осушаемых на зиму, число ремонтных затворов можно сократить до 30% общего числа отверстий. Однако таких затворов должно быть на насосной станции не менее двух. Если ремонтные затворы используют в качестве строительных (для перекрытия входных отверстий всасывающих труб неустановленных насосов), то их число принимают равным числу основных насосов.

Глубинные ремонтные затворы выполняют в основном плоскими скользящими, а основные и аварийно-ремонтные – плоскими колесными. В качестве глубинных применяют дисковые и поворотные затворы.

Соросудерживающие решетки (или сетки). Устанавливают на всех входных отверстиях основных насосов вне зависимости от наличия отдельно стоящего соросудерживающего сооружения перед зданием насосной станции. Они состоят из несущего каркаса и вертикальных стержней (рисунок 2.10). Каркас, в свою очередь, состоит из двух или более балок (ригелей), опорно-концевых стоек и промежуточных вертикальных стоек-диафрагм (если ширина решетки превышает 2 м).



1 – рама; 2 – проушина подвески; 3 – наборная секция решетки; 4, 5, 8 – упоры соответственно обратный, торцевой, прямой; 6 – стержни стяжки; 7 – хомут крепления; 9 – паз

Рисунок 2.10 – Конструкция соросудерживающей решетки

Габаритные размеры решеток определяют по допускаемым скоростям движения воды при подходе к ним. При ручной очистке решетки и водозаборе из малозасоренных источников допускаемой является скорость $v \leq 0,5$ м/с; при механической очистке и водозаборе из таких же источников $v \leq 1,2$ м/с; при механической очистке и водозаборе из засоренных источников $v \leq$ м/с. При водозаборе из тупиковых каналов указанные значения допускаемых скоростей следует уменьшать на 20%.

Решетки набирают из плоских стальных полос толщиной 4...16 мм и шириной 50...140 мм. При установке их перед осевыми или диагональными насосами просветы между вертикальными стержнями следует принимать не более $0,05 D_{р.к}$ (где $D_{р.к}$ — наружный диаметр рабочего колеса), но не менее 35 и не более 150 мм; при установке перед центробежными насосами — не более $0,03 D_{р.к}$, но не менее 30 и не более 100 мм. При ручной очистке решеток максимальный просвет между стержнями должен быть не более 60 мм.

Решетки набирают из плоских стальных полос толщиной 4...16 мм и шириной 50...140 мм. При установке их перед осевыми или диагональными насосами просветы между вертикальными стержнями следует принимать не более $0,05 D_{р.к}$ (где $D_{р.к}$ — наружный диаметр рабочего колеса), но не менее 35 и не более 150 мм; при установке перед центробежными насосами — не более $0,03 D_{р.к}$, но не менее 30 и не более 100 мм. При ручной очистке решеток максимальный просвет между стержнями должен быть не более 60 мм.

Сороудерживающие решетки могут быть наклонными (угол наклона $\alpha = 70...80^\circ$) и вертикальными, поверхностными и глубинными, стационарными и съемными (устанавливают в пазах).

При ручной очистке рекомендуется применять наклонные поверхностные сороудерживающие решетки высотой не более 2,5 м; при механической вертикальные, устанавливаемые в пазах. Глубинные решетки используют только в тех случаях, если высота их рабочей части составляет менее 50% высоты водоприемника, а стационарные наклонные если требуется создание единого фронта водозабора (в этом случае бычки должны быть сквозными).

Очищать сороудерживающие решетки можно при работающих насосных агрегатах. Редко засоряющуюся решетку допускается поднимать для очистки и профилактических осмотров.

На насосных станциях, работающих зимой, решетки устанавливать так, чтобы их верх был на 0,2 м ниже кромки льда. При наличии шуги решетки следует обогревать.

Подъемно-транспортное оборудование. К такому оборудованию относят: тали, подвесные кран-балки, мостовые, козловые и автомобильные краны, винтовые подъемники, гидропривод, лебедки, захватные балки. Применяют это

оборудование для ускорения и облегчения ручного труда при монтаже и демонтаже различного оборудования в машинных залах, для маневрирования сороудерживающими решетками и затворами. Число и типоразмеры подъемно-транспортного оборудования выбирают в зависимости от его назначения, интенсивности использования, массы и габаритов поднимаемого груза.

Тали можно применять для вертикального перемещения грузов массой до 1 т в машинных залах и для маневрирования ремонтными затворами массой до 4 т. В машинных залах их подвешивают на монтажных переносных треногах или петлях, закрепленных в перекрытиях зданий, а при маневрировании затворами устанавливают на монорельсах, подвешиваемых на консолях, укрепленных в стенах здания.

Высокой маневренностью обладают подвесные кран-балки, мостовые и козловые краны (рисунки 2.11, 2.12).

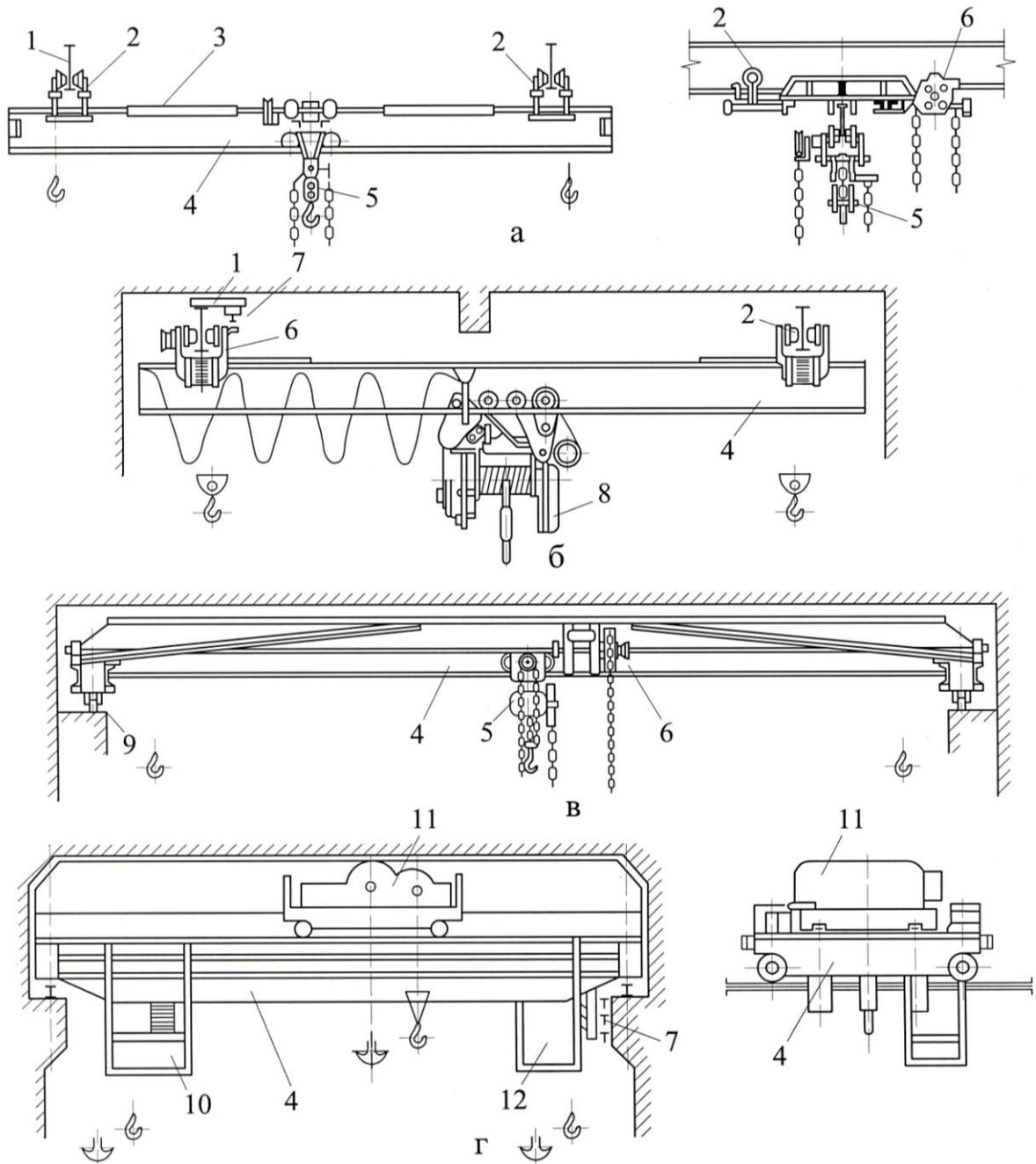
В машинных залах оборудование следует монтировать с помощью талей грузоподъемностью до 1 т (если оно расположено в линию); подвесных кран-балок грузоподъемностью до 5 т (при пролете зала до 18 м) и мостовых кранов грузоподъемностью более 5 т (при пролете зала до 31,5 м). Использование ручных талей и кранов позволяет сократить высоту этих залов. Кроме того, стоят такие тали и краны меньше, чем электрические. Электрические краны и тали рекомендуется предусматривать в помещениях длиной более 18 м, при высоте подъема груза более 6 м, в зданиях насосных станций с большим числом насосных агрегатов (более четырех) или при ограниченной продолжительности выполнения капитальных ремонтов. В невысоких машинных залах или при открытом размещении оборудование можно монтировать с помощью стационарных козловых кранов, устанавливаемых над люками в перекрытии подземной части здания, или передвижных автокранов.

Обычно автокраны обслуживают горизонтальные насосные агрегаты.

При эксплуатации затворов и решеток водоприемных и водовыпускных сооружений целесообразно использовать специальные гидротехнические козловые краны (от козловых кранов общего назначения отличаются меньшей скоростью передвижения). Сороудерживающие решетки и затворы обычно поднимают с помощью захватных балок.

Грузоподъемность подъемно-транспортного оборудования для машинных залов рекомендуется принимать равной массе наиболее тяжелого агрегата или монтажной единицы оборудования (с учетом массы траверс и строп), умноженной на коэффициент запаса 1,1...1,15. Поскольку насосы и электродвигатели горизонтального исполнения на стройку поступают обычно в собранном виде, крановое оборудование для их монтажа следует выбирать по максимальной массе насосного агрегата. У вертикальных насосных агрегатов наиболее тяжелой

деталью является ротор электродвигателя. Массу его в первом приближении можно принять равной 60% общей массы электродвигателя.



- а, б – подвесные грузоподъемностью от 5 т ручной однобалочный и электрический;
 в, г – мостовые ручной однобалочный грузоподъемностью до 8 т и электрический
 грузоподъемностью до 250 т; 1 – монорельс; 2 – ведущие и ведомые каретки
 крана; 3 – трансмиссия; 4 – мост; 5, 8 – таль; 6 – механизм передвижения;
 7 – троллеи; 9 – рельсовый путь; 10 – кабина управления;
 11 – крановая тележка; 12 – электрооборудование и люлька
 для обслуживания главных троллей

Рисунок 2.11 – Схемы кранов



Рисунок 2.12 – Общий вид крана

Грузоподъемность подъемно-транспортного оборудования, предназначенного для обслуживания затворов и решеток, должна быть равна массе затворов и вспомогательных устройств (с учетом силы трения в опорно-ходовых частях затвора и уплотнениях, массы воды над затвором и силы подсоса воды снизу него, умноженной на коэффициент запаса 1,1...1.15). При подъеме ремонтных затворов, когда уровни воды перед, и за затвором выравнены, силой трения в их опорно-ходовых частях можно пренебречь.

Система технического водоснабжения. Системой технического водоснабжения (ТВС) насосной станции называют комплекс оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры, водоводов и водоочистных устройств, предназначенный для подачи чистой воды потребителям: к подшипникам с резиновыми или лигнофолевыми вкладышами, сальниковым уплотнениям, масло- и воздухоохладителям крупных насосов и электродвигателей, компрессоров и кондиционеров [15].

Расходы воды для охлаждения и смазывания оборудования устанавливают по данным заводов-изготовителей. На предварительных этапах проектирования в ТВС их можно принять следующими:

- для охлаждения подшипников центробежных насосов типа Д и ЦН до 3 м³/ч при давлении 0,2 МПа;
- для смазывания лигнофолевых и резиновых вкладышей подшипников осевых и вертикальных центробежных насосов от 1,8 до 15 м³/ч (в зависимости от крупности насосов) при давлении на 0,1 МПа больше давления насоса;
- для охлаждения масла в подшипниках крупных насосов до 10 м³/ч при давлении 0,3 МПа;
- для пополнения операционных бачков вакуумных систем до 1,8 м³/ч;

- для воздухоохлаждателей крупных электродвигателей 0,22 м³/ч на 1 кВт потерь мощности;
- для охлаждения масляных ванн электродвигателей 0,003 м³/ч на 1 кВт мощности.

Вода, подаваемая для нужд ТВС, должна быть технически чистой: иметь мутность не более 50 мг/л, не содержать абразивных частиц и химических примесей, способных вызвать разрушение рабочих поверхностей оборудования.

Системы технического водоснабжения классифицируют по двум признакам:

- по способу подачи воды в них на насосные (при напорах менее 12 м и более 60 м), самотечные (при напорах 12...60 м) и эжекторные (при напорах 60...250 м);
- по способу подачи воды к основным насосным агрегатам на централизованные, групповые и по агрегатные (блочные).

Система технического водоснабжения должна иметь не менее двух водозаборов, оборудованных решетками и устройствами для их отключения, и не менее двух насосов (один резервный). Ее охладители должны быть всегда заполнены водой, а сливные трубопроводы выведены под минимальный уровень воды нижнего бьефа.

Управление ТВС и контроль за ее работой осуществляются автоматически. Насосы и задвижки включаются (отключаются) от единого импульса на включение (отключение) основного насосного агрегата.

Системы дренажа и откачки. Системой дренажа называют комплекс емкостей, насосов, водоводов и другого оборудования, предназначенный для удаления воды, профильтровавшейся в помещение насосной станции, а системой откачки комплекс емкостей, водоводов, насосов, трубопроводной арматуры и контрольно-измерительной аппаратуры, используемый для опорожнения камер и изогнутых труб насосов, камер для установки рыбозащитных устройств, спиральных отводов вертикальных насосов и напорных трубопроводов.

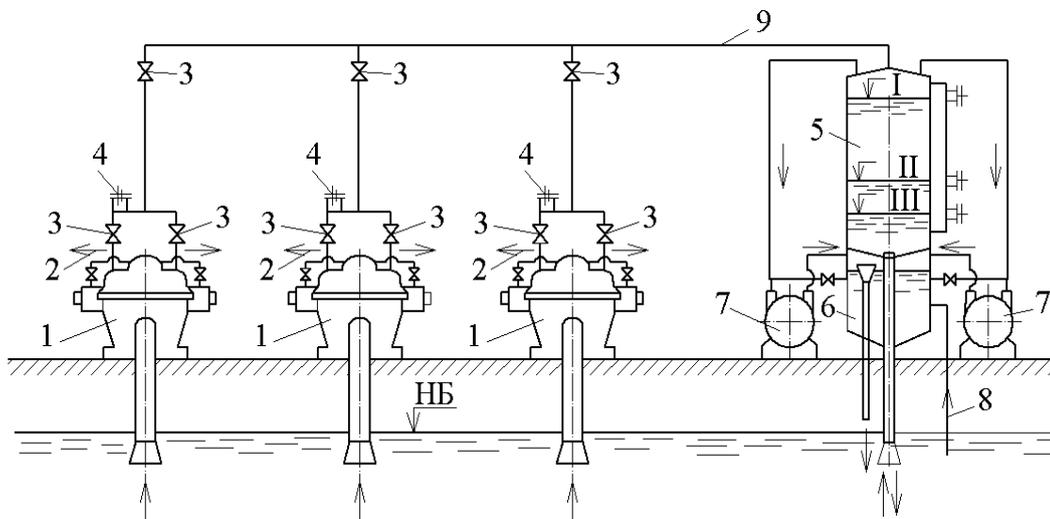
Часто системы дренажа и откачки объединяют.

Рабочую емкость дренажных колодцев рассчитывают на 20...30 минутный приток воды при продолжительности работы дренажного насоса не менее 2 мин и числе его включений не более трех в час.

Система дренажа должна иметь не менее двух насосов (второй резервный, автоматически включается в том случае, если первый вышел из строя, и при аварийном переполнении дренажного колодца). Системы дренажа на малых и средних насосных станциях можно оборудовать горизонтальными центробежными насосами, на крупных вертикальными артезианскими типа АТН. Все насосы этих систем должны быть всегда готовы к немедленному включению.

Дренажные насосы желательно устанавливать на незатопляемых отметках или на высоких фундаментах (не ниже 0,7 м над уровнем пола). Если на насосной станции возможны перерывы в подаче электроэнергии, то следует предусматривать дополнительные насосы с независимым приводом, например двигателем внутреннего сгорания.

Вакуумная система. Вакуумной (или вакуум-системой) называют систему, обеспечивающую заполнение корпусов насосов водой. Такие системы могут быть оснащены вакуум-насосами, эжекторами, приподнятыми коленами на всасывающих трубах, баками-аккумуляторами. Наибольшее распространение получили вакуумные системы, оборудованные вакуум-насосами и вакуум-котлами (рисунок 2.13).



1 – основные насосы; 2 – подача воды для уплотнения сальников; 3 – ручные вентили; 4 – сигнализаторы уровня воды; 5 – вакуум-котел; 6 – заливочный бачок; 7 – вакуум-насосы; 8 – трубопровод от ручного насоса; 9 – магистральный воздуховод

Рисунок 2.13 – Схема вакуум-системы с вакуум-котлом

В нижнюю полость котла 5, исполняющую функцию заливочного бачка вакуум-насосов 7, воду подают ручным насосом через трубопровод 8, а в корпуса основных насосов 1 – вакуум-насосами 7, всасывающие патрубки которых подключены к заливочному бачку и к крышке вакуум-котла. При работе вакуум-насосов давление воздуха в вакуумной части котла падает, и через воздуховод 9 в корпуса основных насосов подсасывается вода. Вакуум-насосы работают до тех пор, пока уровень воды в вакуум-котле не поднимется до отметки VI. Опыт эксплуатации подобных систем показал, что при включении одного или нескольких основных насосов вакуум в котле 5 поддерживается благодаря разрежению во всасывающих трубопроводах основных насосов. При отключении

всех основных насосов вакуум в котле 5 падает из-за подсоса воздуха через уплотнения до тех пор, пока уровень воды в нем не поднимется до отметки VII и по сигналу датчика 4 не включится вакуум-насос.

Подбирать объем вакуум-котла таким образом, чтобы вакуум-насос включался не более 4 раз в час (объем котла не должен превышать $1,6 \text{ м}^3$).

Производительность ($\text{м}^3/\text{мин}$) вакуум-насоса

$$Q = \frac{p_6 W_\kappa}{T(p_6 - 1,15 p_a)}, \quad (2.21)$$

где p_6 – атмосферное давление. Па; p_a – давление (вакуум), которое должно быть создано в проточной части насоса. Па, в первом приближении равно разности отметок между осью рабочего колеса насоса и минимальным уровнем воды в источнике; W – объем всасывающего и напорного трубопроводов до задвижки плюс объем корпуса насоса, м^3 ; T – время, необходимое для создания требуемого вакуума, $T=2\dots 10$ мин; κ – коэффициент запаса, $\kappa=1,1\dots 1,15$.

В качестве вакуумных можно использовать насосы типа КВН и ВВН. Вакуум-насосов, должно быть не менее 2 (один резервный). Воздухопроводы вакуум-систем желательно изготавливать из бесшовных стальных труб с минимальным числом фланцевых соединений. Диаметры (мм) труб рекомендуется определять по формуле $d = (35\dots 45) Q$ (где Q – подача вакуум-насоса, $\text{м}^3/\text{мин}$).

Противопожарная система. Противопожарной системой называют комплекс устройств, обнаруживающих пожар и обеспечивающих его тушение водой (наружное и внутреннее противопожарное водоснабжение) или иными средствами (газом, пеной, песком, кошмами и т. д.) [30].

Наружное противопожарное водоснабжение, можно не предусматривать для малых и средних насосных станций, объем зданий, которых не превышает 1000 м^3 при условии, что ограждающие конструкции их выполнены из материалов I и II степени огнестойкости. На более крупных насосных станциях следует предусматривать водонаполненные емкости (резервуары), если расход воды на наружное тушение пожара не превышает 10 л/с , или стационарные противопожарные водопроводы в остальных случаях. Расход воды до 10 л/с на наружное противопожарное водоснабжение обычно имеют здания объемом до 50 тыс. м^3 с ограждающими конструкциями I и II степени огнестойкости при категории производства пожарной опасности не выше Г, Д и Е (Г закрытые распределительные устройства, маслonaполненная аппаратура, содержащая не более 60 кг масла; Д машинные залы, механические мастерские; Е аккумуляторные и кислотные помещения).

Параметры противопожарного водопровода зависят от степени огне-

стойкости ограждающих конструкций насосных станций, категории производств по пожарной опасности, размещенных в их помещениях, объема и высоты зданий. Напор в его сети должен быть не менее 20 м при высоте помещений $H < 12$ м и 36 м при $H = 12...18$ м. Гидростатический напор в системе хозяйственно-питьевого или хозяйственно-противопожарного водопровода на отметке наиболее низко расположенных санитарно-технических приборов не должен превышать 60 м, а противопожарного 90 м.

Противопожарные системы должны быть оснащены не менее чем двумя насосами (один резервный). Пожарные насосы следует устанавливать ниже минимального уровня воды в источнике. Время запуска их должно быть не более 5 мин после получения сигнала. При технико-экономической целесообразности разрешается объединять противопожарные системы с хозяйственно-питьевой.

Система хозяйственно-питьевого водоснабжения. Система хозяйственно-питьевого водоснабжения предназначена для подачи воды на бытовые нужды насосной станции: для питьевых и гигиенических целей, к санитарно-техническим приборам, для уборки помещений и полива тротуаров и зеленых насаждений. Для питьевых целей можно использовать воду: привозную, из ближайшего водопровода, артезианской скважины или предварительно обработанную из местных поверхностных источников. Привозить питьевую воду на насосную станцию допускается в тех случаях, когда в смену работает не более 5 человек [14].

Расположенные близко от насосной станции магистрали районного водоснабжения являются наиболее надежным источником, свежей питьевой воды. Кроме того, они позволяют с наименьшими затратами оборудовать здание станции внутренней канализацией (туалет, душ и т. д.).

Применять поверхностные и подземные воды для целей водоснабжения можно только после согласования с органами санитарно-эпидемиологической службы и по регулированию использования и охране подземных вод.

Воду в хозяйственно-питьевую сеть можно подавать насосными установками с открытыми водонапорными баками объемом не менее 1 м^3 или с пневматическими резервуарами.

Водоводы системы хозяйственно-питьевого водоснабжения выполняют из стальных оцинкованных труб.

Канализационная система. Канализационную систему предусматривают только в зданиях насосных станций, имеющих внутренний водопровод, разрешается устанавливать уличные туалеты или оборудовать люфт-клозетами и выгребными производственными зданиями, в которых в смену работает не более 25 человек. Сточные воды мелких и средних насосных станций можно сбрасывать в специальный резервуар, а из него вывозить машинами. Сточные воды крупных и

уникальных насосных станций следует вывозить на специальные очистные сооружения или при благоприятных природных условиях и согласовании с санитарно-эпидемиологической станцией разрешается отводить через септики на поля фильтрации.

Системы вентиляции и отопления. Системы вентиляции и отопления создают необходимые санитарно-гигиенические условия в зоне нахождения обслуживающего персонала зданий насосных станций и технические в зоне установки оборудования. В помещениях диспетчерских пунктов управления и комнатах отдыха обслуживающего персонала желательно поддерживать температуру 20...25°C, относительную влажность 60...40%, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

Контрольные вопросы к главе 2:

1. Что относят к основному гидромеханическому и энергетическому оборудованию насосных станций?
2. Какие исходные материалы используют для определения расчетных напоров, подач, числа устанавливаемых в насосной станции насосов?
3. Как подбирают двигатели для привода насосов?
4. Укажите состав и основные особенности оборудования для закрытых оросительных систем.
5. Что относят к вспомогательному оборудованию насосных станций? Как изменяется его состав в зависимости от типа здания насосной станции?
6. Для чего нужны дренажные и осушительные насосные установки?
7. Для чего нужна вакуум-система?
8. В каких случаях необходимы противопожарные насосные установки?
9. почему нельзя использовать обточку рабочего колеса при подборе осевого насоса?
10. Для чего используют Бустерные насосные агрегаты?
11. Какие требования учитывают при выборе типа и числа насосов для осушительных насосных станций?

3. ЗДАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

3.1. Классификация зданий

Тип, конструктивное исполнение и область применения зданий насосных станций зависят от многих факторов: подачи и напора, назначения, типоразмера основного оборудования, колебаний уровней воды в источнике, инженерной геологии и др. Поэтому в технической литературе нет единой их классификации. Некоторые авторы предлагают здания насосных станций классифицировать [26]:

- по типу основных насосов (здания с насосами горизонтального или вертикального исполнения с коленчатым или спиральным отводом, капсульными, шахтными и т. д.);
- по способу подвода воды к насосам (здания с всасывающими или самотечными трубопроводами, мокрыми или сухими камерами, изогнутыми всасывающими трубами, размещенными в днищевой плите и т. д.);
- по высотному расположению насосов по отношению к уровню воды в источнике (здания, основные насосы которых расположены выше уровня воды или ниже него);
- по конструктивному исполнению верхнего строения и подземной части (здания с высоким или низким верхним строением, открытая; установка оборудования, с подземной частью в виде массивного блока, сухой или мокрой камерой);
- по компоновочным решениям основных сооружений (здания отдельно стоящие или совмещенные с водоприемными или водовыпускными сооружениями).

Наибольшее распространение в практике мелиоративного строительства получила классификация зданий насосных станций по конструктивным признакам.

Стационарные здания подразделяют на три типа:

- наземный – основные насосы и машинный зал расположены выше пристанционной площадки;
- камерный (или полузаглубленный) – основные насосы расположены в камере ниже пристанционной площадки и, как правило, ниже уровня воды в подводящем канале;
- блочный – подземная камера имеет массивную днищевую плиту (блок), в толще которой размещены подводящие камеры или изогнутые всасывающие трубы насосов.

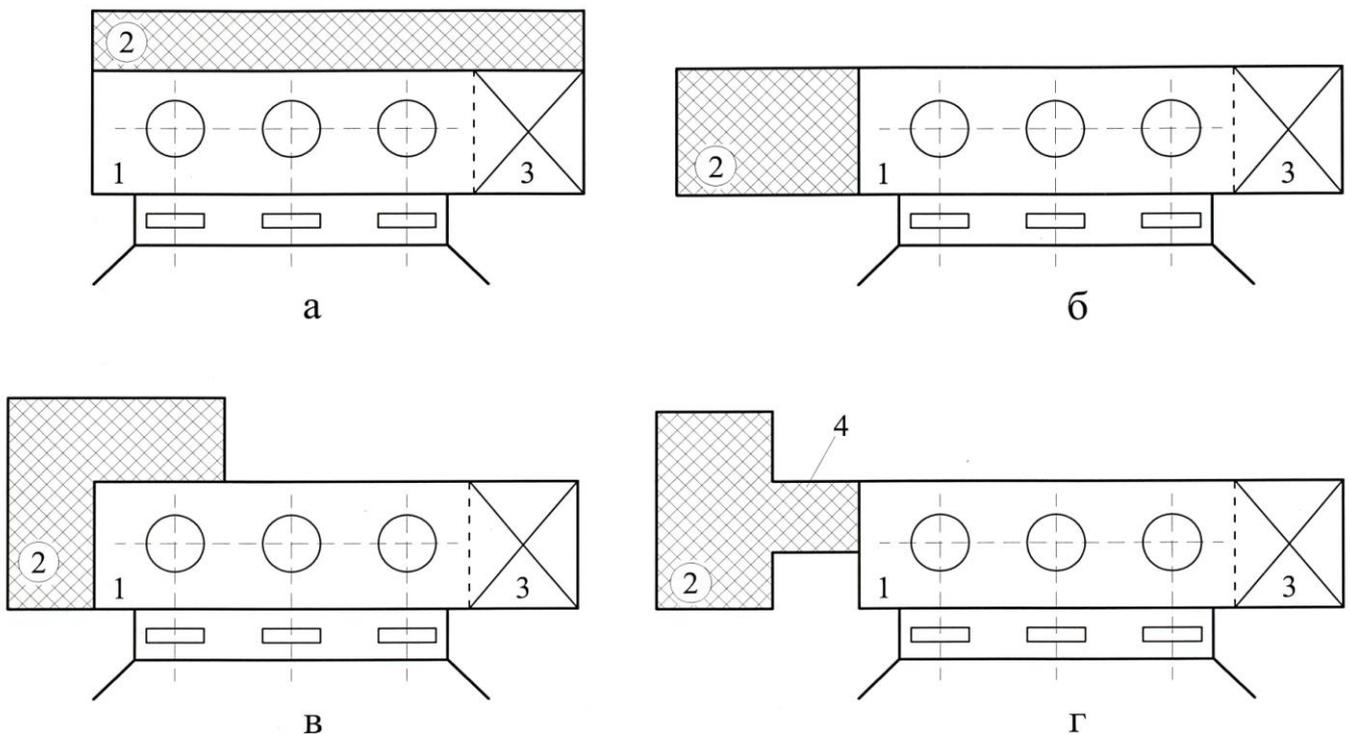
Широко применяют в практике мелиоративного строительства *передвижные насосные станции*:

- плавучие – основные насосы установлены на специальных понтонах;
- поплавковые – основные насосы расположены на плотках или поплавках;
- навесные – основной насос монтируют на раме, подвешиваемой на тракторе;
- с собственным двигателем или использующие в качестве привода двигателя трактор один, реже два основных насоса размещены на салазках или автомобильном прицепе;
- фуникулерные передвигающиеся по рельсовым путям.

3.2. Здания наземного типа

Зданиями насосных станций наземного типа называют стационарные здания, в которых чистые полы машинных залов, распределительных устройств и других служебных помещений расположены выше отметки пристанционной площадки.

Здания наземного типа, как правило, имеют малые и средние насосные станции, оборудованные горизонтальными насосами суммарной подачей до 5 м³/с.



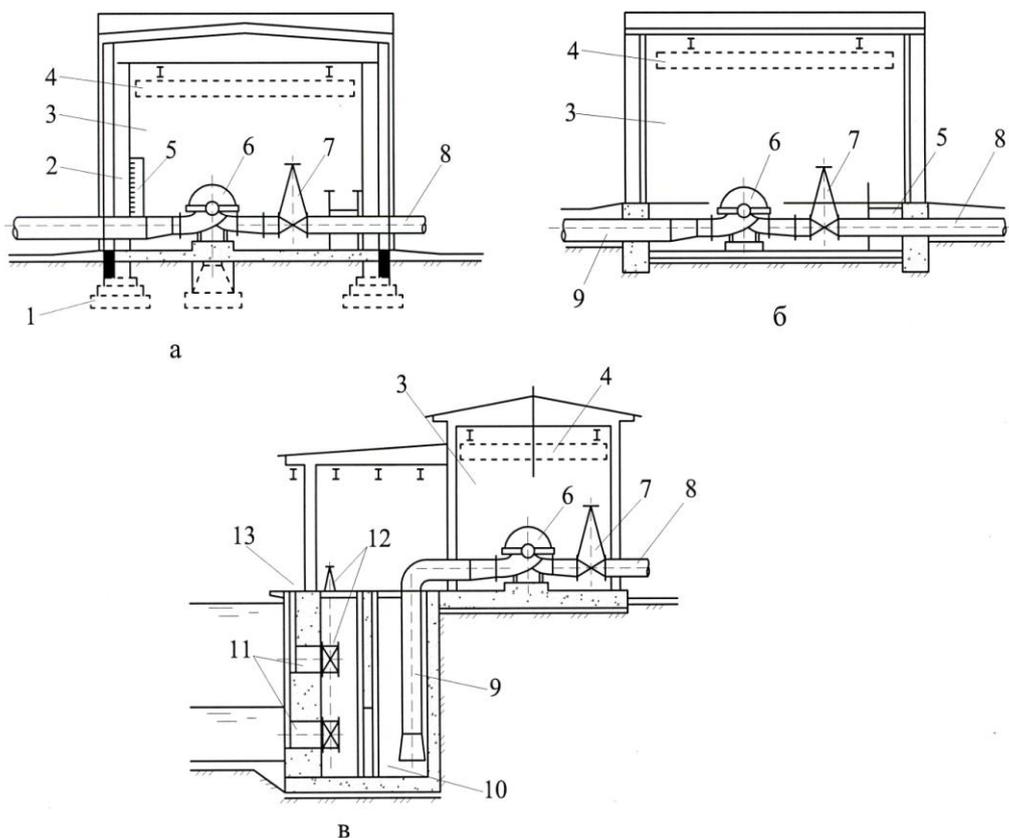
- а, б – вдоль и в торце машинного зала; в – комбинированная (в торце и вдоль машинного зала);
 г – в отдельно стоящем здании; 1 – машинный зал; 2 – распределительное устройство;
 3 – монтажная площадка; 4 – соединительный коридор

Рисунок 3.1 – Компонка основных помещений зданий насосных станций наземного типа

Для схемы *a* характерны компактное расположение помещений и минимальный расход кабелей. Недостаток ее нет доступа к напорным трубопроводам. При компоновке помещений по схемам *б, в*, оборудование можно монтировать, не дожидаясь окончания строительства основного здания, снижается уровень шума и вибрации в служебных помещениях, однако увеличивается расход силовых и контрольных кабелей и затруднен зрительный контроль за работающим оборудованием [15].

Схему *г* применяют в тех случаях, когда полы машинных залов и служебных помещений имеют разные отметки. Служебные помещения устраивают в отдельно стоящем здании, соединенном с машинным залом переходом. Схема *г* имеет те же достоинства, что и схемы *б, в*, и, кроме того, позволяет упростить конструкцию фундамента.

Конструктивное исполнение зданий насосных агрегатов, природные условия и используемых в строительстве материалов показано на рисунке 3.2.



- а – с насосами типа Д; б – с расположением насосных агрегатов в небольшой камере;
 в – с близко расположенным береговым колодцем; 1 – фундамент; 2 – каркас;
 3 – машинный зал; 4 – подвесная кран-балка; 5 – лоток кабелей; 6 – насос;
 7 – задвижка; 8, 9 – напорный и всасывающий трубопроводы; 10 – береговой колодец; 11 – водоприемные отверстия; 12 – затворы с колонками управления;
 13 – пазы для сорорудерживающих решеток или ремонтных затворов

Рисунок 3.2 – Конструкции зданий насосных станций наземного типа

Схема *a* наиболее распространена в практике мелиоративного строительства. Обычное производственное здание монтируют из стандартных железобетонных конструкций заводского изготовления и оснащают основным и вспомогательным оборудованием, в том числе кран-балкой или мостовым краном. Схема *б* несколько сложнее, чем схема *a*. Здание, построенное по этой схеме, дороже, чем здание, построенное по схеме *a*, но зато имеет целый ряд преимуществ: подводящие и напорные трубопроводы можно укладывать в грунте без дополнительных поворотов (колен); монтажные площадки и служебные мостики можно выполнять на одном уровне; меньше высота верхнего строения. Схему *в* применяют только в том случае, если в основании сооружения лежат скальные или плотные полускальные грунты, в которых котлован можно выкопать с вертикальными откосами.

Здание насосной станции должно иметь проточно-вытяжную вентиляцию, создающую благоприятные санитарно-гигиенические условия для обслуживающего персонала и поддерживающую необходимые температуру и влажность воздуха для нормальной работы оборудования. Свежий воздух может поступать в него через открытые оконные фрамуги, а воздух, из помещений отводят наружу с помощью осевых крышных вентиляторов.

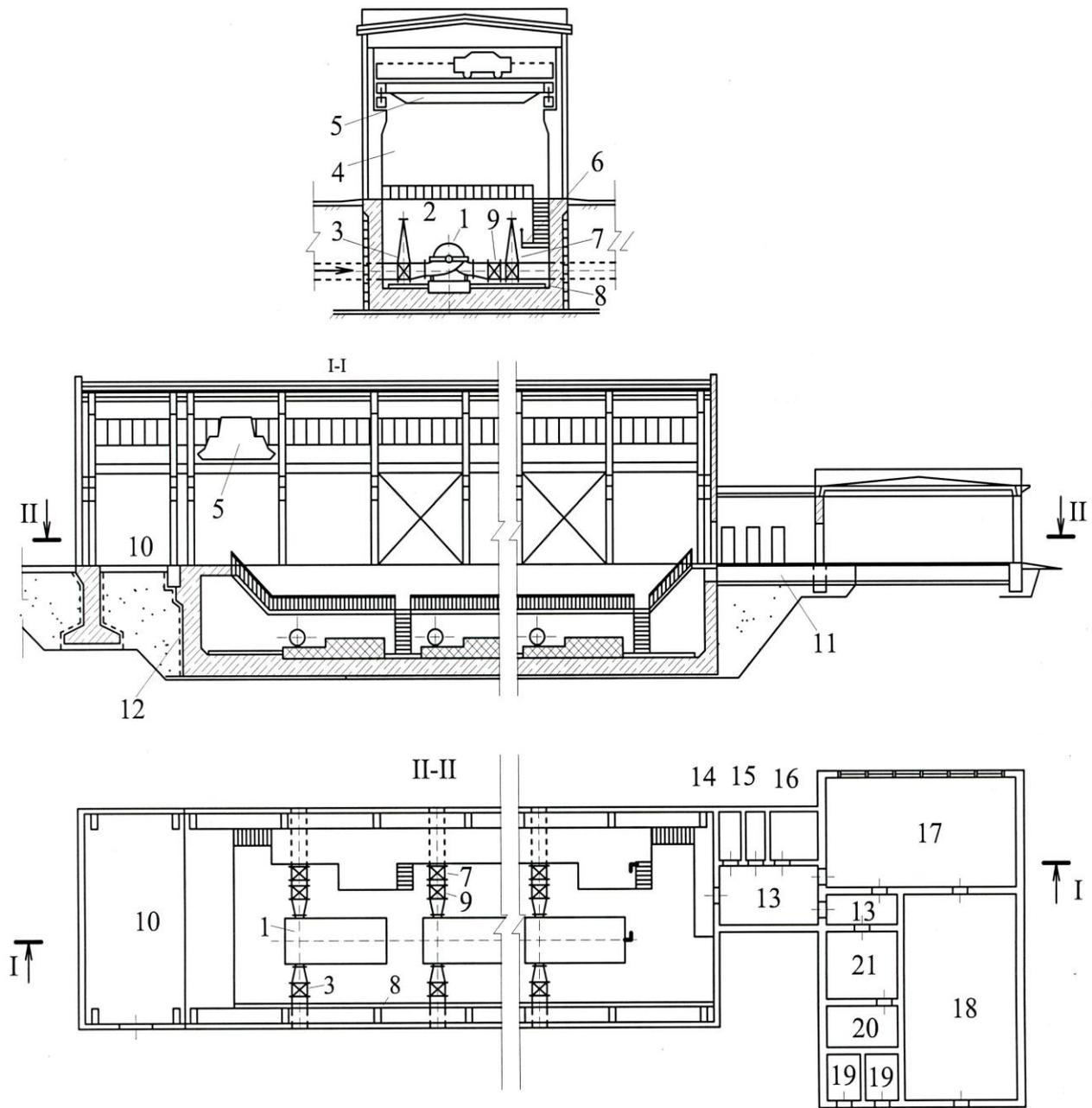
Если корпуса насосов перед пуском нужно заполнять водой, то в машинном зале предусматривают установку двух вакуум-насосов и вакуум-котла, а при высоком стоянии грунтовых вод, способных затопить кабельные каналы, расположенные в полу, дренажный колодец и два дренажных насоса.

3.3. Здания камерного типа

Камерными называют стационарные здания насосных станций, у которых сплошные фундаментные плиты, основные насосные агрегаты и машинные залы расположены ниже отметок: пристанционных площадок [25].

Здания камерного типа, как правило, имеют средние и крупные насосные станции, забирающие воду из открытых источников с устойчивыми берегами при колебаниях уровней воды, превышающих всасывающую способность насосов. Оборудуют их горизонтальными центробежными, осевыми и вертикальными насосами подачей до $10 \text{ м}^3/\text{с}$. При применении крупных горизонтальных насосов Д 1250-24, Д 4-125 или Д 2,5-250, а также при установке большого числа насосов Д 6300-27, Д 6500-80 и других подачу насосной станции можно увеличить.

Компоновка здания камерного типа насосной станции, подающей воду в канал, приведена на рисунке 3.3.



- 1 – электронасосный агрегат; 2 – насосное помещение; 3, 7 – задвижки;
 4 – верхнее строение; 5 – мостовой кран; 6 – служебный мостик;
 8 – дренажные лотки; 9 – обратный клапан; 10 – монтажная площадка;
 11 – кабельные каналы (двойной пол); 12 – гидроизоляция; 13 – коридор;
 14 – санузел; 15 – душевая; 16 – склад электротехнической аппаратуры;
 17 – пульт управления; 18 – распределительное устройство;
 19 – камеры трансформаторов собственных нужд;
 20 – общая комната дежурных

Рисунок 3.3 – Компонировка задания насосной станции камерного типа

Вода к основным насосам поступает по стальным трубопроводам от отдельно стоящего водоприемного сооружения. Длину подземной камеры (на-

сосного помещения) 2 определяют размеры основных, насосов Д 6300-80, установленных на днищевой плите. При размещении их в шахматном порядке (двухрядная компоновка) длина подземной камеры уменьшается и необходимость в деформационном шве отпадает. Однако при этом пролет здания увеличивается и появляются насосные агрегаты левого и правого вращения. Кроме основных, на днищевой плите устанавливают дренажные насосы, дренажный колодец, трубопроводную арматуру, электрокалорифер.

Пролет подземной камеры зависит от размеров основных насосных агрегатов, трубопроводной арматуры, согласующих патрубков и служебного мостика. Служебный мостик размещают вдоль одной из стен подземной камеры при однорядной компоновке насосных агрегатов или между ними при двухрядной.

Высоту подземной камеры определяют, исходя из отметки пристанционной площадки и размещения основных насосов по отношению к минимальному уровню воды в нижнем бьефе. Обычно пронос оборудования при его транспортировании краном влияет на высоту камеры только в том случае, когда она настолько глубока, что крановое оборудование машинного зала опускается ниже отметки пристанционной площадки.

Размеры монтажной площадки 10 обеспечивают раскладку элементов одного основного насосного агрегата и въезд транспорта для его погрузки (разгрузки). От основной части здания насосной станции ее отделяет деформационный шов.

Обычно монтажную площадку выполняют в пределах подземной камеры на специальном перекрытии. Пространство под перекрытием высотой 2,3 м и менее засыпают грунтом, высотой более 2,3 м используют для установки вспомогательного оборудования.

Верхнее строение 4 здания оборудуют мостовым краном. Стены его возводят на глубоких ленточных фундаментах. В зоне шва выполняют парные колонны.

Основное электротехническое оборудование насосной станции размещают в отдельно стоящем здании, что позволяет монтировать его, не дожидаясь окончания строительно-монтажных работ в основном здании. Кроме того, такое размещение электрооборудования исключает вибрацию основного здания, а шум, возникающий при его работе, не достигает служебных помещений. В этом здании устанавливают пульт управления, распределительное устройство напряжением 6...10 кВ, коридоры, общую комнату для обслуживающего персонала, кабинет начальника станции и две камеры трансформаторов собственных нужд. Проектируют его как обычное производственное здание: с ленточными фундаментами, несущими стенами, покрытием из стандартных сборных железобетонных панелей, утеплителем и мягкой кровлей. Здания между собой со-

единяют одноэтажным переходом, в котором устраивают санузел 14, душевые 15 и небольшой склад 16 электрооборудования.

Силовые и контрольные кабели прокладывают в здании с распределительным устройством и пультом управления, а также в переходе в двойном полу и каналах, в машинном зале под служебным мостиком, непосредственно к агрегатам в трубах, уложенных в бетонной подготовке по верху днищевой плиты.

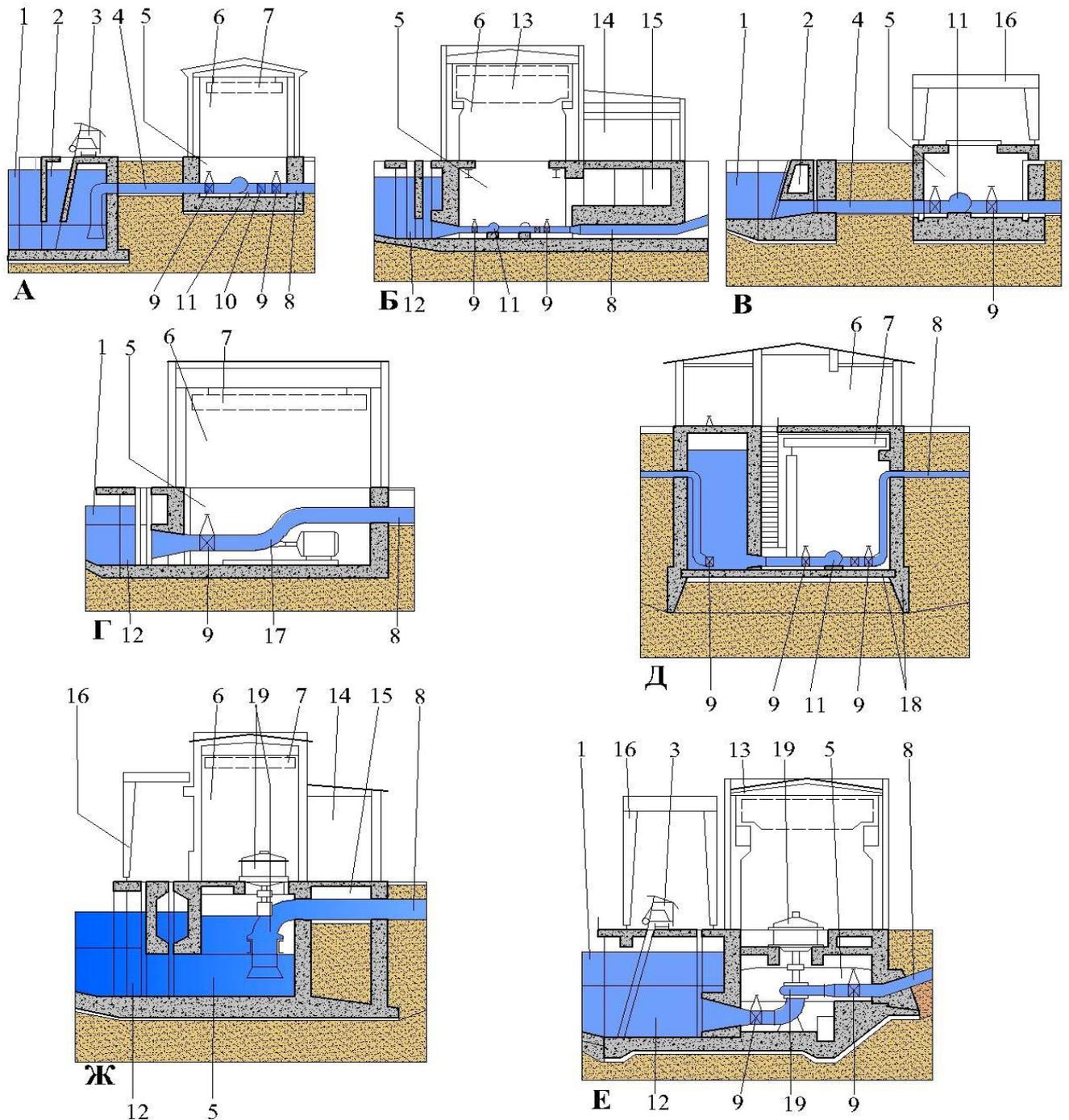
Вентиляция в здании, схема которого показана на рисунке 3.3, отдельного типа (отдельно для основных электродвигателей и электромеханических помещений).

Конструктивное исполнение зданий камерного типа в зависимости от типоразмеров основных насосных агрегатов и природных условий показано на рисунке 3.4.

Схему *а* применяют при водозаборе из источника с колебаниями уровней воды более 3 м. когда с целью уменьшения глубины подземной камеры и стоимости строительства основные насосы устанавливают ниже максимального уровня воды (из-за их недостаточной всасывающей способности), но выше минимального. Подземную камеру (доковой конструкции) выполняют из монолитного железобетона. На днище ее устанавливают основные насосы, двигатели, обратные клапаны и задвижки. На стены подземной камеры опираются стены верхнего строения (сооружают из кирпича, крупных блоков или по типу производственных зданий из сборных железобетонных конструкций колонн, балок перекрытий, панелей). В качестве подъемно-транспортного устройства используют кран-балку. Монтажную площадку и служебные помещения размещают в торцах здания.

Схема *б* сложнее схемы *а*. Она характерна для многоагрегатных насосных станций, оборудованных крупными насосами Д6300-80, Д4000-95 и др. Здание насосной станции совмещают с водоприемником. Основные насосные агрегаты устанавливают ниже минимального уровня воды в источнике в два ряда, что позволяет сократить длину здания. Электротехнические и служебные помещения размещают вдоль здания над напорными трубопроводами.

Достоинства схемы *б* меньше по сравнению со схемой *а* стоимость водоприемника, нет подводящих трубопроводов, уменьшается ширина аванкамеры (что очень важно при перекачке воды со значительным содержанием наносов), минимальны длины контрольных и силовых кабелей; недостатки большая стоимость по сравнению с компоновками, где распределительные устройства размещены в одном из торцов здания (из-за необходимости расширения камеры под распределительным устройством), больше ширина аванкамеры, чем при отдельно стоящем водоприемнике.



а – с насосами типа Д, отдельно стоящим водоприемником и распределительным устройством, расположенным в торце здания; б – с совмещенным водоприемником и распределительным устройством, расположенным вдоль здания; в – без верхнего строения; г – с осевым насосом горизонтального исполнения; д – выполненное методом "опускного колодца"; е – с насосами типа В; ж – с "мокрой" камерой;

1 – водоисточник; 2, 12 – водоприемная камера и часть здания; 3 – решеткоочистная машина; 4, 8 – напорный и всасывающий трубопроводы; 5, 6 – камера и верхнее строение здания насосной станции; 7 – подвесная кран-балка; 9 – задвижки; 10 – обратный клапан; 11, 17 – центробежный и осевой насосы; 13, 16 – мостовой и козловой краны; 14 – распределительное устройство; 15 – кабельный полуэтаж; 18 – днище и стены опускного колодца; 19 – насос и электродвигатель

Рисунок 3.4 – Схемы зданий насосных станций камерного типа

Компоновка сооружений по схеме *в* аналогична компоновке сооружений по схеме *а*. Различие этих схем в конструктивном исполнении здания. Основные насосы по схеме *в* устанавливаются ниже минимального уровня воды в источнике, что позволяет отказаться от вакуум-системы. Стены подземной камеры выполняют из сборных элементов швеллерного типа. Верхнего строения нет. Для монтажа оборудования применяют козловой кран. Недостатки такой схемы дополнительные затраты на полигонах, усложнение гидроизоляционных работ, необходимость дополнительной пригрузки подземной камеры для предотвращения ее всплытия, нельзя вести ремонтные работы в непогоду, холод, сложности в приобретении козловых кранов.

Схема *г* характерна для насосных станций, оборудованных горизонтальными осевыми насосами. Здание совмещают с водоприемником. Осевой насос, двигатель и ремонтную задвижку со стороны всасывания размещают в зоне действия кран-балки. Верхнее строение выполняют из каркаса из сборных железобетонных элементов и утепленных панелей.

Схему *д* применяют при колебаниях уровней воды в источнике более 5 м и водонасыщенных грунтах основания со слабой несущей способностью, не позволяющих обычными способами открыть котлован под здание насосной станции. Строительство ведут методом опускного колодца. В опускном колодце сооружают водоприемный колодец, верхнее строение и машинный зал. Подводящие трубы, оборудованные затворами, укладывают так, чтобы их выходные отверстия находились ниже минимального уровня воды. Колонки управления затворами выносят на незатопляемые отметки. В верхнем строении устраивают монтажную площадку, электротехнические и служебные помещения. В заглубленном машинном зале размещают основные и вспомогательные насосные агрегаты, трубопроводную арматуру, мостовой кран, одну из опор которого располагают на центральной стойке-колонне.

Схему *е* могут иметь здания насосных станций, оборудованных вертикальными насосами со стальными подводящими коленами круглого сечения подачей до 3,5 м³/с. Насосы устанавливают на отдельно стоящих столбчатых фундаментах. Воду к ним можно подводить стальными трубами без их замоноличивания. Достоинства такой схемы существенно упрощается и облегчается конструкция подземной части здания.

Схему *ж* применяют только в том случае, если верхний подшипник вертикального осевого насоса не затопляется при максимальных уровнях воды в источнике. Достоинство этой схемы простота строительных конструкций подземной части, недостаток затруднена эксплуатация насосной станции, поскольку приходится все виды ремонтов вести в мокрой камере или полностью демонтировать насосный агрегат.

3.4. Здания блочного типа

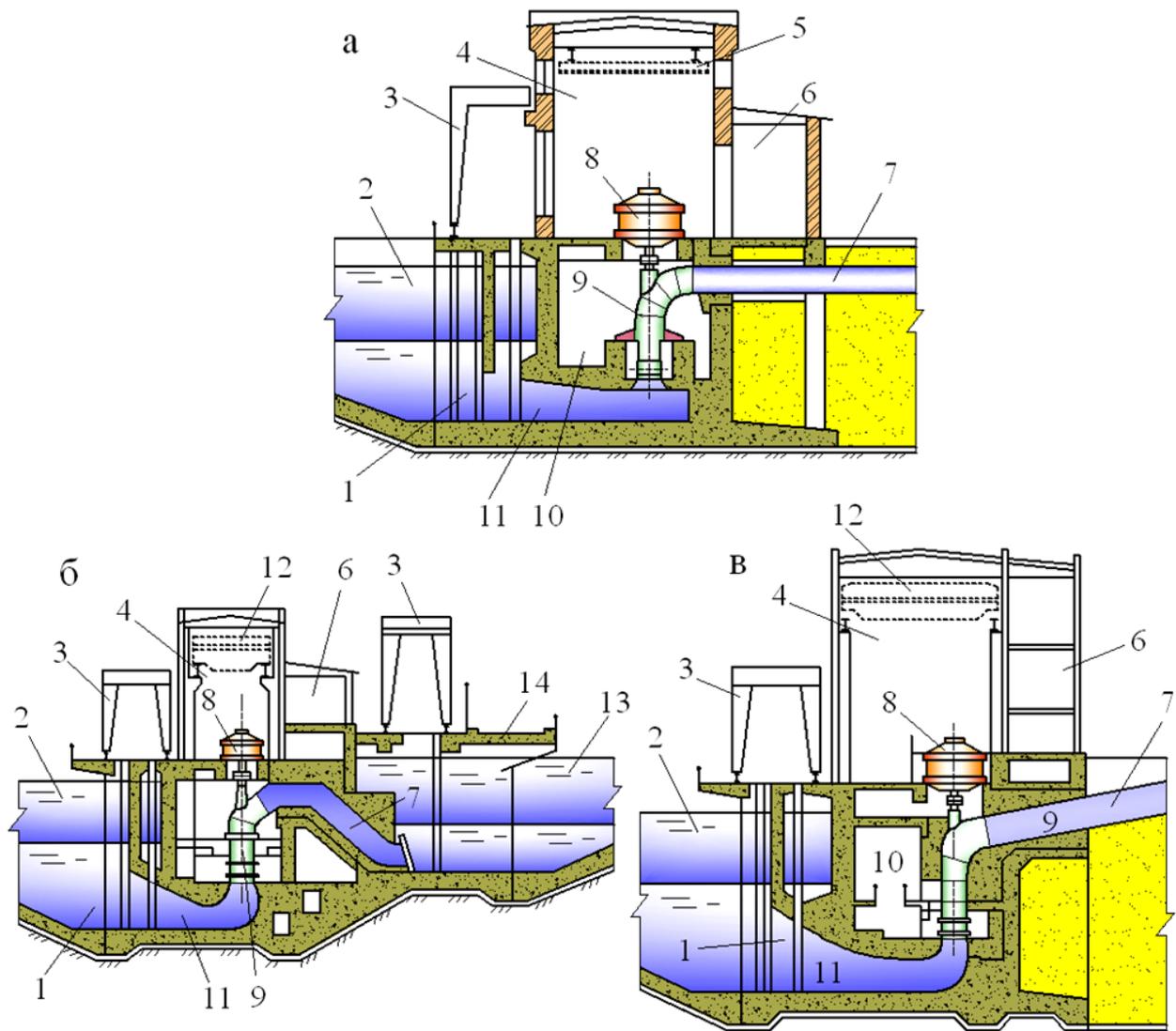
Блочными называют стационарные здания насосных станций, в пределах массивных железобетонных фундаментных блоков которых расположены камерные подводы или изогнутые всасывающие подводящие трубы насосов [26].

Здания блочного типа, как правило, имеют средние крупные и уникальные насосные станции, оснащенные вертикальными и горизонтальными центробежными, осевыми и диагональными насосами подачей от 0,5 до нескольких сот кубических метров в секунду и забирающие воду из открытых источников при любых колебаниях ее уровней. Компоновка зданий блочного типа, оборудованных вертикальными осевыми насосами, приведена на рисунке 3.5.

В верхнем строении устанавливают в открытом виде вертикальные электродвигатели, шкафы станций управления, КРУ и предусматривают монтажную площадку с люком. Недостатки такой компоновки здания – ручные краны (при длине здания более 18 м или высоте подъема более 6 м рекомендуется применять электрические краны); открытое исполнение электродвигателей (электродвигатели мощностью свыше 630 кВт должны быть закрытыми и иметь замкнутую систему вентиляции); открытая установка в машинном зале станций управления и КРУ 6 кВ (такая установка станций управления КРУ допускается только в тех случаях, если здание не имеет постоянного дежурного персонала, в противном случае дежурные будут испытывать значительные неудобства – постоянный шум, потоки горячего воздуха от работающих машин, чрезмерная скорость воздуха от работающей вентиляции); один пожарный насос (таких насосов должно быть минимум два); совмещенные система дренажа и система откачки воды из всасывающих труб.

Здание, показанное на рисунке 3.5, б, совмещено не только с водоприемником, но и водовыпускным сооружением (это возможно только при малых напорах, соизмеримых с высотой насосного агрегата). Насосы опираются не на столбчатые фундаменты, а на массивное железобетонное перекрытие. Это облегчает доступ к их рабочим колесам и выправляющим аппаратам. Достоинство такой компоновки здания – нет напорных трубопроводов, недостаток – несколько усложнена его конструкция. Из-за недостаточной высоты насосного агрегата в здании не удастся разместить сифон, горловое сечение которого было бы выше максимального уровня воды в верхнем бьефе.

В связи с этим в нем устанавливают две системы затворов: плоский ремонтный и аварийно-рабочий в виде клапана-захлопки. Пуск осевых насосов на закрытый затвор без специальных предохранительных мер недопустим. К предохранительным мерам относят использование клапана-захлопки, резервных емкостей для воды, дополнительный сброс воды.

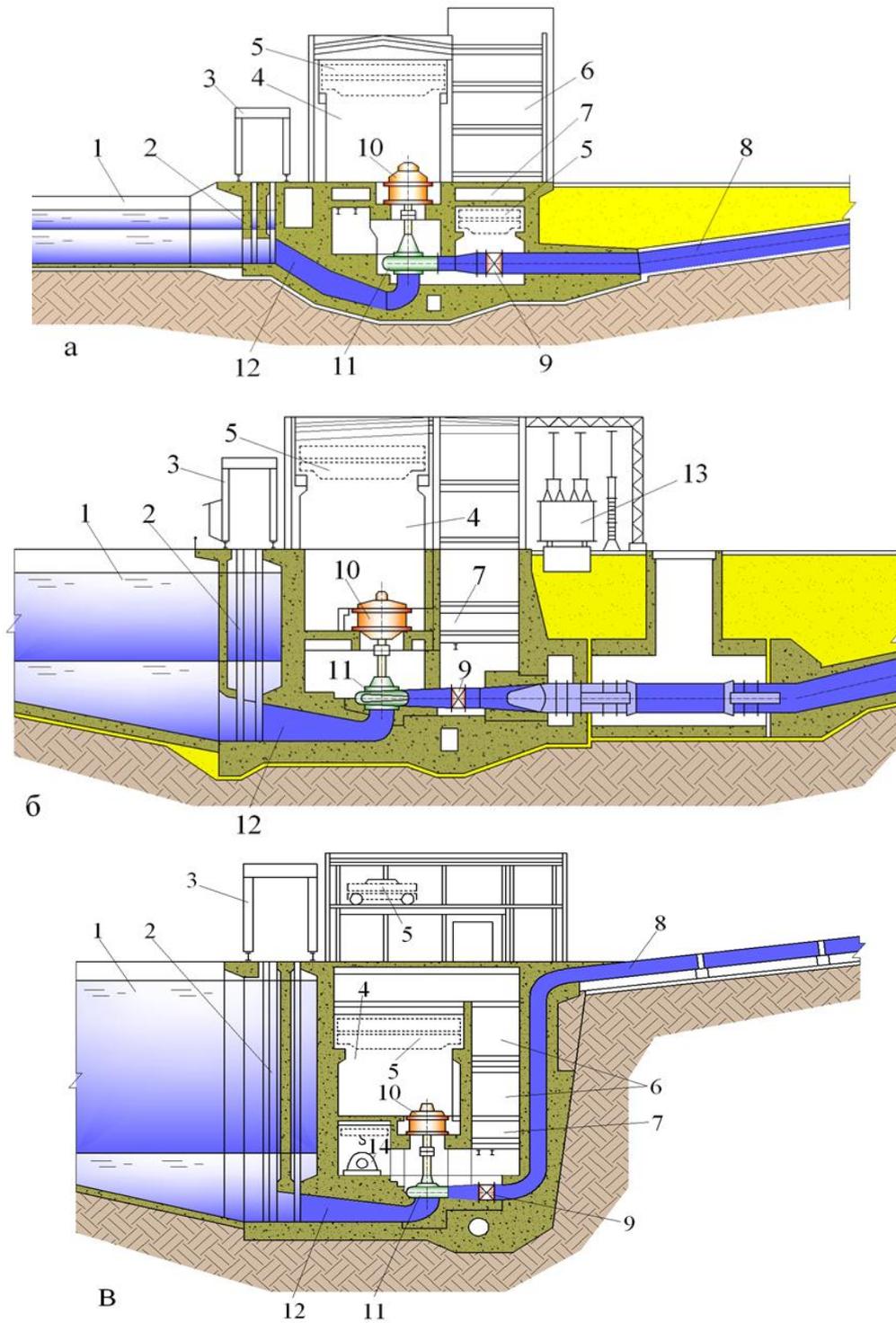


- а – с камерным подводом воды; б – совмещенное с водовыпускным сооружением;
 в – с омоноличенным корпусом насоса; 1 – водоприемная часть здания;
 2 – водоисточник; 3, 12 – козловой и мостовой краны; 4 – машинный зал;
 5 – кран-балка; 6 – служебное помещение; 7 – напорный трубопровод;
 8 – электродвигатель; 9 – осевой насос; 10 – помещение для насосов;
 11 – всасывающая камера (или труба); 13 – отводящий канал;
 14 – автодорожный мост

Рисунок 3.5 – Компонировка заданий насосных станций, оборудованных осевыми насосами

Отличие здания, показанного на рисунке 3.5, в, от зданий, показанных на схемах а, б целиком замоналиченный корпус насоса. Подходы оставляют только к рабочему колесу и выправляющему аппарату.

Конструктивное исполнение зданий блочного типа, оборудованных вертикальными центробежными насосами, в зависимости от природных условий показано на рисунке 3. 6.



- а, б, в – построенные на соответственно плотных грунтах (осадка до 5 см), слабых грунтах (осадка более 5 см), скальном основании (при большом колебании уровня воды в водоисточнике); 1 – водоисточник; 2 – водоприемная часть здания; 3, 5 – козловой и мостовой краны; 4 – машинный зал; 6 – служебное помещение; 7 – кабельный полуэтаж; 8 – напорный трубопровод; 9 – дисковый затвор; 10 – электродвигатель; 11, 14 – центробежный и разменный насосы; 12 – изогнутая всасывающая труба; 13 – трансформаторная подстанция

Рисунок 3.6 – Схемы зданий насосных станций блочного типа, оборудованных насосами типа В

Для схемы *a* характерен высокий машинный зал с примыкающими к нему РУ и прочими служебными помещениями.

Основные насосы и всасывающие трубы замоноличивают в днищевой плите. Начальный участок напорного трубопровода выполняют из стальных труб без специальных температурно-осадочных компенсаторов. Такая конструкция начального участка трубопровода проста, но возможна только при разности осадок здания и этого участка трубопровода не более 2... 5 см. Столь небольшие осадки бывают при плотном, малосжимаемом основании (модуль деформации не менее 500 кг/см^2), установке начального участка трубопровода на коренной грунт и засыпке его на длине не менее $5 D_{\text{тр}}$ мягким, податливым грунтом, доступности трубопроводов для осмотра и ремонтов и прочной стальной оболочке трубопровода, противостоящей небольшим деформациям сооружений.

Схема *б* сложнее схемы *a*. Основной электродвигатель устанавливают на междуэтажном перекрытии ниже максимального уровня воды. На выходе напорного трубопровода в специальном колодце предусматривают температурно-осадочный компенсатор. Объем строительных конструкций колодца компенсаторов с примыкающей к нему анкерной опорой примерно равен объему подземного блока здания. Силовые трансформаторы размещают рядом с распределительным устройством, что позволяет до минимума уменьшить длину подводящих ЛЭП (кабелей, шинных мостов). В основании колодца должен быть коренной грунт.

Недостатки такой схемы два деформационных шва (между колодцем; зданием и анкерной опорой) в условиях больших деформаций (осадок) не гарантируют защиту компенсаторов от затопления грунтовыми водами, крайне сложна эксплуатация подвижных конструкций компенсатора в глубоких колодцах при отсутствии грузоподъемных устройств.

Для схемы *в* характерны: наличие разменных насосов (их устанавливают вдоль насосного помещения), машинный зал, расположенный ниже уровня воды в водохранилище, и выход напорного трубопровода на поверхность земли.

Достоинство этой схемы простота конструкции начального участка трубопровода: температурно-осадочные компенсаторы можно размещать выше поверхности земли, хотя при этом увеличиваются длина напорного трубопровода и потребление электроэнергии; серьезный недостаток при аварии затруднена эвакуация обслуживающего персонала.

Иногда при колебаниях уровней воды менее 10 м основные электродвигатели выносят на незатопляемые отметки, увеличивая длину вала насосного агрегата.

3.5. Передвижные насосные станции

Плавающие насосные станции. Для строительства плавучих насосных станций используют понтоны, выполненные в виде несамходных сухогрузных судов (барж) и предназначенные для продолжительной стоянки у берега реки или небольшой акватории (бухте, ковше), защищенной от воздействия волн и льда или для свободного плавания по водоемам с условной высотой волн до 1,2 м при длине волны до 12 м. Подача насосных станций, размещенной на одном понтоне, обычно не превышает $20 \text{ м}^3/\text{с}$ при напорах до 100 м. При необходимости больших подач на одной насосной станции можно установить несколько понтонов. В качестве основных можно применять горизонтальные насосы подачи до $3,5 \text{ м}^3/\text{с}$ при мощности электродвигателей до 2000 кВт, их устанавливают на днище трюма. Наибольшее распространение получили стальные понтоны простейшего прямоугольного сечения с небольшими скосами днища в зоне кормы и носа. Попытки изготовления понтонов из монолитного железобетона (по типу дебаркадеров) закончились неудачей из-за их большой стоимости, массы, габаритных размеров и сложности ремонта [10, 26].

Размеры конструктивных элементов корпусов понтонов следует принимать в соответствии с указаниями Речного Регистра РФ. Отношение длины понтона к высоте борта H должно быть в пределах 9... 28, а отношение ширины понтона B к высоте H – не более 5. Основная несущая система набора понтона поперечная, причем шпангоуты (поперечные рамы) нужно устанавливать через 600 мм в пределах основного корпуса и через 550 мм в пределах кормы и носа. Понтоны не будут вибрировать при выполнении следующих условий: повышенной точности монтажа оборудования и абсолютной жесткости фундаментов; отсутствии кавитации насосов; оснащении всасывающих и напорных патрубков насосов компенсаторами, позволяющими свободно подтягивать фланцевые соединения и деформироваться корпусу понтона без нарушения центровки насосного агрегата.

Понтоны должны иметь двойные борта и водонепроницаемые переборки между средней частью и пиками. Такие переборки увеличивают общую жесткость корпуса, повышают его надежность. В емкости между двойными бортами следует размещать водоприемные камеры основных насосов, балластных цистерн, хранить топливо при использовании в качестве приводов насосов двигателей внутреннего сгорания.

Основные насосные агрегаты горизонтального исполнения устанавливают на шпангоуты и кильсоны днища понтона. Продольные балки фундаментов под них совмещают с кильсонами. Сечение шпангоутов и кильсонов в пределах насосного агрегата выбирают, исходя из условия повышенной жесткости фунда-

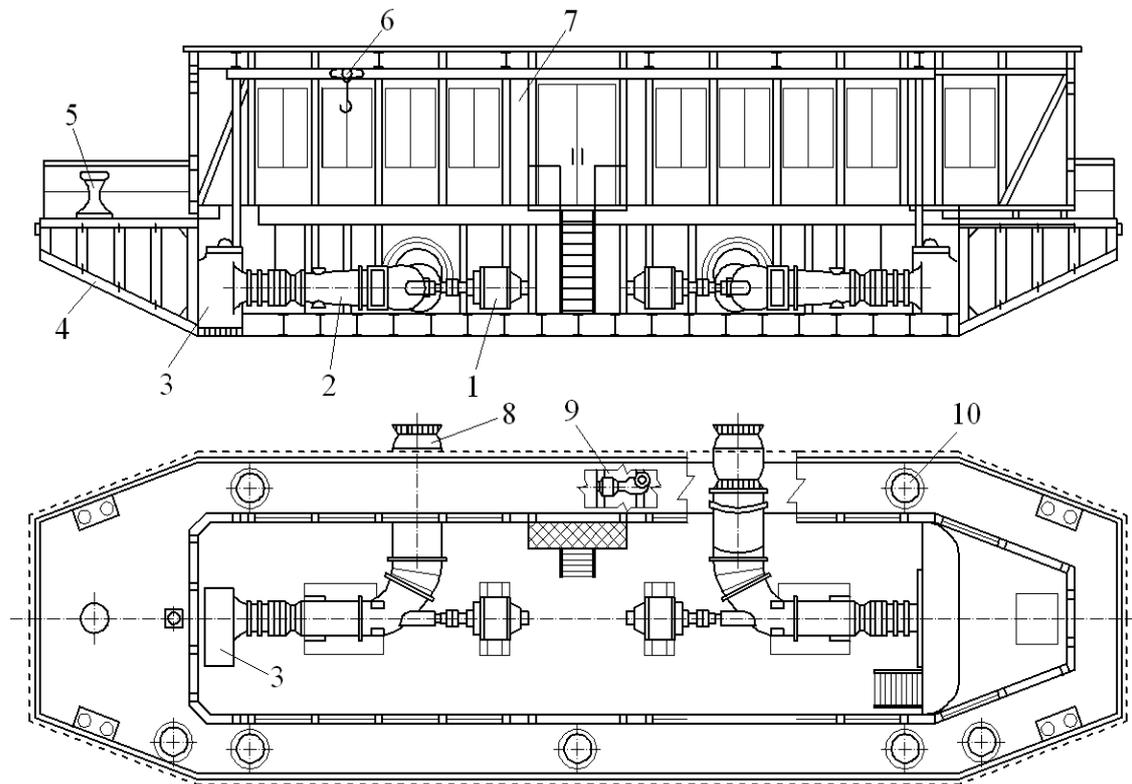
мента (как на изгиб, так и на скручивание).

Входные отверстия водоприемных камер перекрывают сороудерживающими решетками и рыбозащитными устройствами. При опасности замерзания воды камеры оборудуют затворами, позволяющими осушать корпуса насосов и трубопроводов. Для осмотра приемных камер, очистки решеток и размещения затворов-заглушек предусматривают герметические люки, горловины которых выводят выше максимально возможного уровня воды.

Машинный зал обычно оснащают кран-балками или ручными мостовыми кранами грузоподъемностью до 10 т.

Швартовку понтона осуществляют тремя тросами, закрепленными за бортовые кнехты, береговые опоры или адмиралтейские якоря. Поднимают якоря и натягивают тросы шпилем (лебедкой).

Схемы понтонов плавучих насосных станций приведены на рисунках 3.7.



- 1 – электродвигатель; 2, 9 – осевой горизонтального исполнения основной и дренажный насосы; 3 – водоприемная камера; 4 – корпус; 5 – лебедка (шпиль);
6 – монорельс и таль; 7 – надстройка; 8 – шаровое соединение;
10 – люк балластной камеры

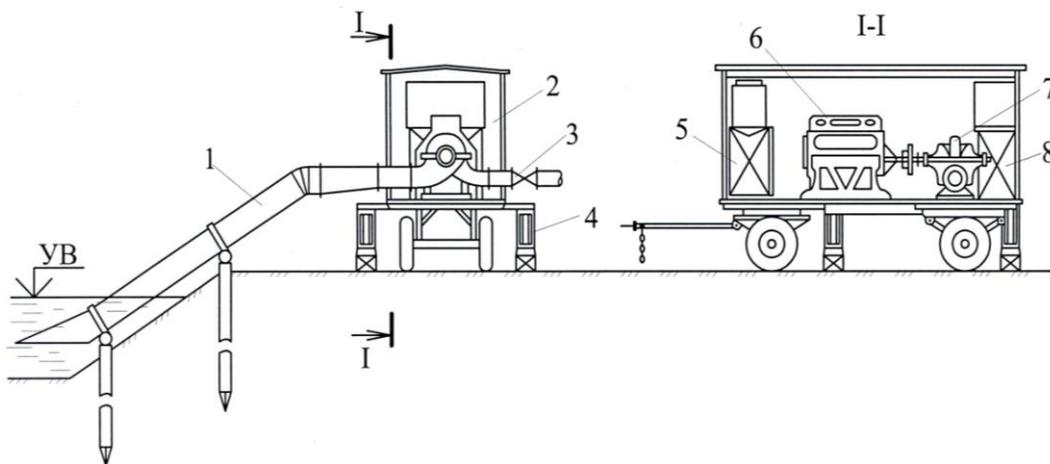
Рисунок 3.7 – Схема понтона плавучей насосной станции

Достоинства плавучих насосных станций могут работать при тяжелых условиях водозабора (колебания уровней воды более 5 м, неустойчивое русло, количество наносов более 5 г/л), более надежны в эксплуатации, по сравнению

со стационарными имеют меньшую стоимость, их проще и быстрее построить; недостатки сложны в эксплуатации (при тяжелых ледовых условиях их следует демонтировать и уводить в затоны на зимний период); требуется дополнительный штат матросов; небольшой срок службы (примерно в 2,5 раза меньше, чем стационарных); большой объем ремонтов.

Навесные насосные станции. Наибольшее распространение получили навесные насосные станции СНН-50/80. Они состоят из рамы, установленной на тракторе, смонтированных на ней насоса-редуктора и всасывающего трубопровода с механизмом подъема, и эжектора, размещенного на выхлопной трубе двигателя трактора и соединенного со всасывающей полостью насоса резиновым шлангом. Механизм подъема всасывающего трубопровода представляет собой стрелу, оборудованную ручной лебедкой. Всасывающую трубу и корпус насоса перед пуском заполняют водой при помощи эжектора. В качестве напорных используют быстроразборные трубопроводы.

Передвижные насосные станции с собственным двигателем. Передвижные насосные станции состоят из двухосного автомобильного прицепа, на котором устанавливают насосный агрегат (двигатель и двухколесный насос, приспособленный для работы в параллельном и последовательном режимах), резиноканевого всасывающего трубопровода, эжектора, комплекта электрооборудования и системы подачи топлива в бак (рисунок 3.8).



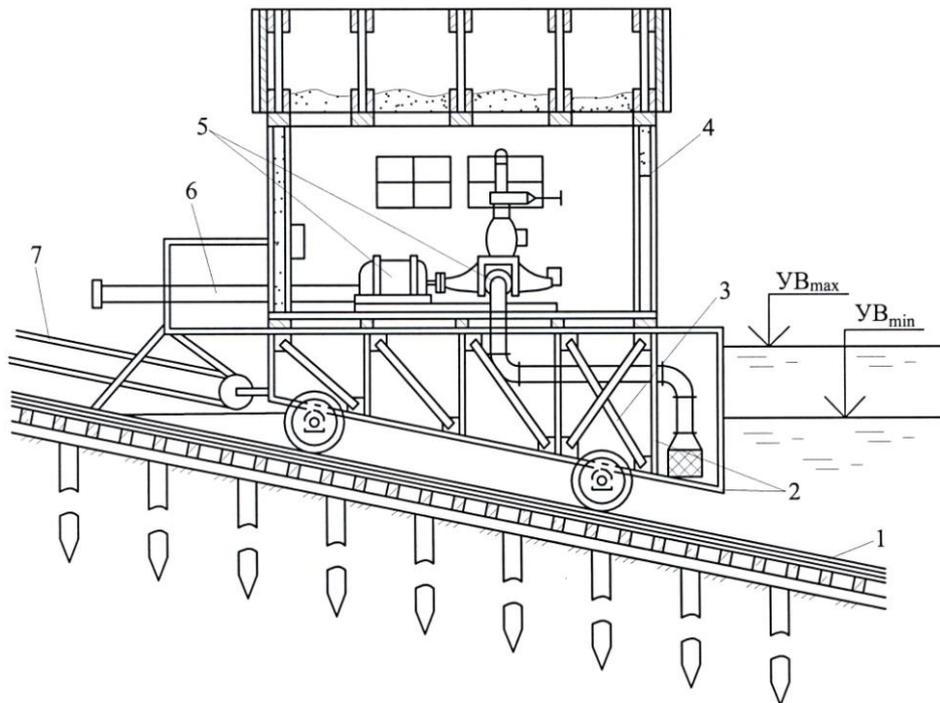
1 – всасывающий трубопровод; 2 – кузов; 3 – задвижка на напорном трубопроводе; 4 – аутригер (съемная опора); 5, 8 – баки для масла и топлива, воды; 6 – дизель; 7 – центробежный насос

Рисунок 3.8 – Схема передвижной насосной станции СНП

При параллельном режиме работы полости каждого из рабочих колес насоса подключены к индивидуальным напорным трубопроводам, а при последовательном соединены между собой переводным коленом, установленным на

место снятого шарового клапана рабочего колеса первой ступени. Всасывающий трубопровод присоединяют к полости рабочего колеса первой ступени, а всасывающий патрубок рабочего колеса второй ступени закрывают заглушкой.

Фуникулерные насосные станции (рисунок 3.10). Их применяют при водозаборе из открытых источников, имеющих устойчивые, неразмываемые берега, с амплитудой колебаний уровней воды, превышающей допустимую высоту всасывания основных насосов. Рельсовый путь 1 укладывают на балласт по спланированному берегу. Насосный агрегат 5 монтируют на металлической тележке 3. Перемещают тележку по рельсовому пути с помощью лебедки. Насосный агрегат соединяют со стояками напорного трубопровода 6 армированным резиноканевым рукавом. Число стояков на трубопроводе определяют, исходя из амплитуды колебаний уровней воды в источнике и всасывающей способности основного насоса.



1 – рельсовый путь; 2 – приемный кран; 3 – опорная тележка; 4 – верхнее строение; 5 – насосный агрегат; 6 – напорный трубопровод; 7 – канаты

Рисунок 3.10 – Схема фуникулерной насосной станции с подачей до 500 л/с

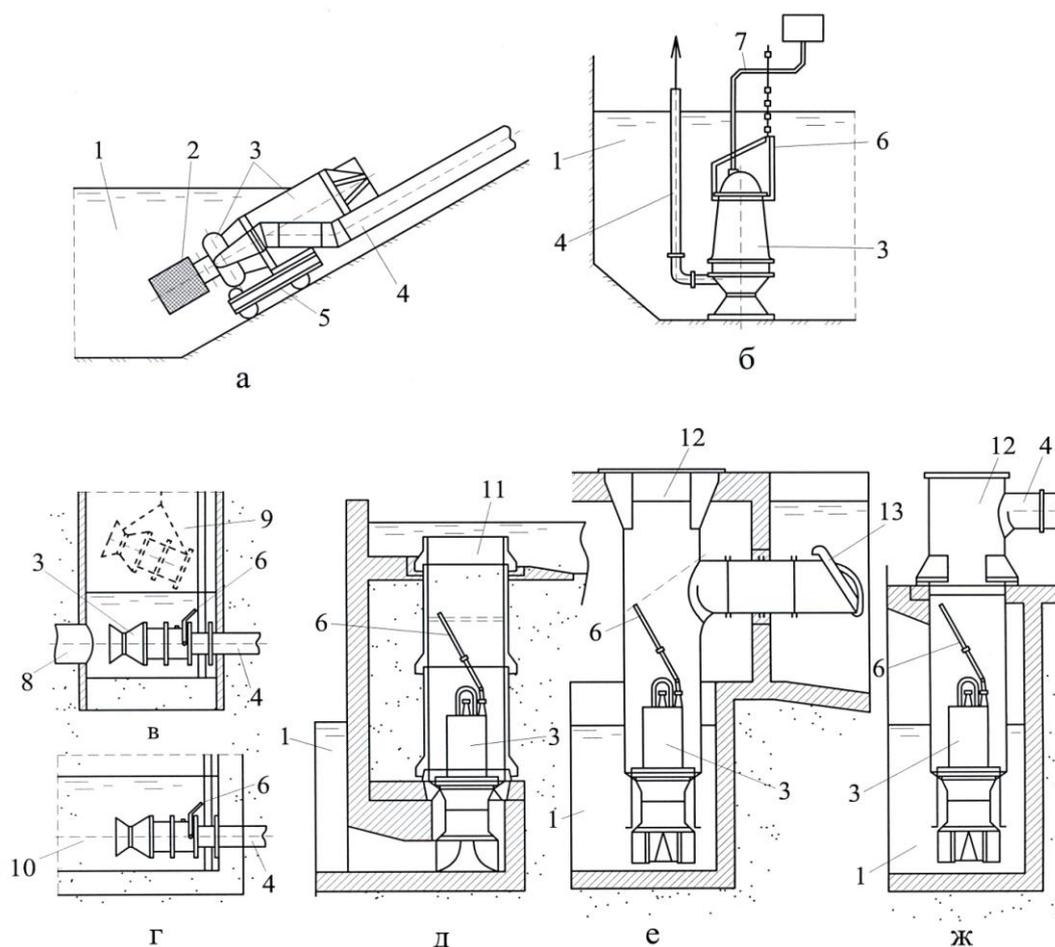
Недостатки такой насосной станции малая надежность при быстром подъеме уровней воды в источнике (возможно затопление оборудования); большая трудоемкость эксплуатации (чтобы переставить тележку 3, на станции должно находиться постоянно не менее двух человек).

Преимущества передвижных насосных станций перед стационарными

заводское серийное изготовление обеспечивает высокое качество монтажа и меньшую стоимость; быстрота установки, не требуются специальные строительные-монтажные работы; возможность быстрой смены места установки (по мере изменения уровня воды в источнике или переходе с одного участка орошения на другой).

3.6. Насосные станции, оборудованные погружными насосами

Такие насосы размещают: на откосах каналов или аванкамер, в «мокрых» камерах, на эстакадах или подпорных стенках, в вертикальных колодцах или трубах (рисунок 3.11) [12].



а – центробежным (расположен на откосе); б – ГНОМ; в, г – типа ОПВ или ОМПВ (расположены соответственно в «мокрых» колодцах и камере); д, е, ж – типа ОМПВ или KSB (расположены соответственно в трубчатом колодце, в вертикальной трубе с выпуском в подводящий канал, в вертикальной трубе при работе на напорный трубопровод); 1 – водоисточник; 2 – сороудерживающая решетка или сетка; 3 – электронасосный агрегат; 4 – напорный трубопровод; 5 – тележка для установки электронасосного агрегата; 6 – приспособление для подъема насоса; 7 – кабели и шланги для подачи сжатого воздуха; 8, 12 – трубы подводящая и для установки насосов; 9, 11 – «мокрый» и трубчатый колодцы; 10 – камера водоприемника; 13 – затвор

Рисунок 3.11 – Схемы насосных станций, оборудованных погружными насосами

Применение на мелиоративных насосных станциях погружных моноблочных (капсульных) насосов типа, ITT Flygt, KSB, Grundfos и др. вместо насосов типа К, Д, В, ОВ позволяет: значительно удешевить и ускорить их строительство (не нужно возводить здания); уменьшить габаритные размеры и материалоемкость насосных агрегатов; сократить затраты на их монтаж (моноблочные агрегаты собирают на заводах).

Основные недостатки насосных станций, оборудованных погружными насосами:

- частые аварии электродвигателей и подшипников из-за проникновения воды в капсулу электродвигателей насосов ОПВ или недостаточного заполнения водой электродвигателей насосов;
- чрезмерный износ и частые повреждения лопастей рабочих колес насосов мусором и взвешенными наносами;
- ненадежная работа приборов системы автоматики, в том числе сигнализаторов протечек, отсутствует контроль заполнения электродвигателей водой.

3.7. Подземная часть зданий

В подземной части зданий размещают основные насосные агрегаты и вспомогательные системы, необходимые для обеспечения нормального функционирования насосной станции: ТВС, масло- и пневмохозяйства, дренажа и откачки. Машинные залы зданий камерного типа и насосные помещения зданий блочного типа не следует загромождать разделительными поперечными стенами. Подходы к оборудованию должны быть свободными. Монтировать оборудование массой более 50 кг можно с помощью кранов или переносных треног. Для повышения прочности стен следует использовать местные ребра жесткости или перекрытия.

Электродвигатели вертикальных насосных агрегатов желательно устанавливать на незатопляемых отметках, используя при необходимости валы-проставки. Без крайней необходимости не рекомендуется применять валы-проставки с промежуточными опорами [29, 31, 32].

Подземные части зданий выполняют из железобетона сборными, сборно-монолитными или монолитными. Класс бетона устанавливают расчетом в зависимости от напряженного состояния конструкций, градиента напора и климатических условий. Монолитные конструкции, как правило, изготавливают из бетона класса В12,5...В15 по прочности. Необходимую плотность, водонепроницаемость и морозостойкость подземных конструкций определяют с учетом требования главы СНиП на монолитные железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.

Толщину стен и днища подземной части здания в первом приближении рекомендуется принимать равной $0,1 H_{ст\ p}$ (где $H_{ст}$ - максимально возможный напор воды на конструкцию в рассматриваемом сечении). Толщину сборных железобетонных элементов, подвергающихся непосредственному воздействию воды, и монолитных, имеющих надежные гидроизоляционные покрытия, можно назначать исходя из условий прочности. Бетон конструкций, подвергающихся воздействию воды или грунта, обладающих сульфатной агрессией, следует готовить из сульфатостойких цементов. Он должен иметь повышенную плотность. Сборные железобетонные конструкции можно использовать как несущие элементы днища и стен подземных камер зданий насосных станций, отдельных элементов служебных мостиков, перекрытий и колонн, а также в сборно-монолитных массивных конструкциях стен и перекрытий.

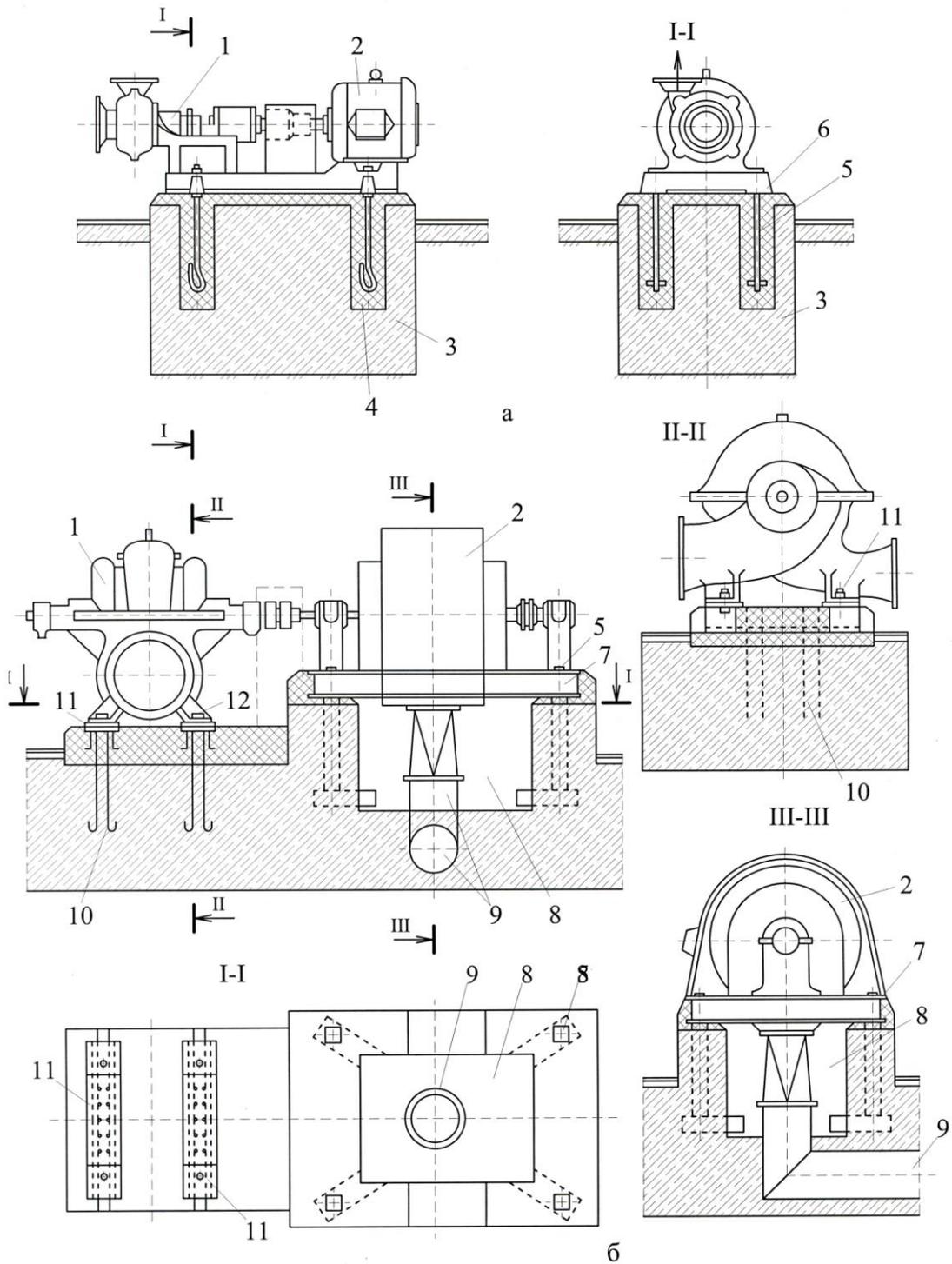
Применение сборно-монолитных стен невыгодно из-за повышенной трудоемкости работ, перерасхода металла и сложности обнаружения мест возможных протечек. Сборно-монолитные перекрытия позволяют ускорить строительство, сократить объемы опалубочных работ.

Подземная часть зданий длиной более 18 м должна иметь два и более выхода. При наличии перекрытия над камерой или блоком от любого рабочего места до эвакуационного выхода на лестницу должно быть не более 25...30 м. В подземных камерах и блоках не разрешается размещать помещения, которые не участвуют в обеспечении работоспособности насосной станции. Конструкции подземных камер и блоков должны быть просты в изготовлении: не допускается выполнение лекальных поверхностей (кроме проточной части изогнутых всасывающих труб насосов), следует по возможности избегать ребристых и кессонных перекрытий. Бетонные гидротехнические сооружения строят с применением высококачественной опалубки. Штукатурка и облицовка бетонных поверхностей запрещена.

Здания камерного и блочного типов должны быть рассчитаны на устойчивость (сдвиг и опрокидывание), общую прочность вдоль и поперек потока воды. Должна быть определена также местная прочность их отдельных элементов. Расчеты следует выполнять отдельно для эксплуатационного и строительного случая с учетом всех этапов возведения здания.

Конструкция фундаментов насосных агрегатов зависит от их типоразмеров. В зданиях наземного типа под горизонтальные насосные агрегаты, как правило, выполняют отдельно стоящие железобетонные фундаменты. Их основание должно быть расположено ниже глубины промерзания, а верх должен возвышаться над чистым полом машинного зала на 10...15 см.

Схемы установки насосных агрегатов горизонтального исполнения приведены на рисунке 3.12.



а – мощность до 1000 кВт; б – мощность более 1000 кВт;
 1 – центробежный насос; 2 – электродвигатель; 3 – бетонный фундамент; 4 – заделка в бетон анкерных болтов; 5 – анкерный болт; 6, 7, 11 – рамы для соответственно насосного агрегата, электродвигателя, насоса; 8 – фундаментная яма; 9 – воздуховод; 10 – выпуски арматуры; 12 – болтовое соединение

Рисунок 3.12 – Схемы установки насосных агрегатов горизонтального исполнения

Фундаменты насосных агрегатов состоят, как правило, из железобетонных массивов, стальных прокладок толщиной 5...20 мм под лапы оборудования и анкерных болтов, которые крепят или в специальных гнездах, или к стальным рамам под оборудование. Прокладки укладывают на бетонные поверхности или специальные рамы из двутавровых балок, приваренных к арматуре фундамента. Применение стальных рам увеличивает металлоемкость фундамента, зато уменьшает местные напряжения на смятие бетонных поверхностей, упрощает монтаж и облегчает работы по установке и замене анкерных болтов.

В зданиях камерного типа, оборудованных горизонтальными насосами, фундаменты под насосные агрегаты выполняют как единое целое с днищевой плитой, которая и обеспечивает их устойчивость и прочность.

Корпуса вертикальных центробежных насосов типа В подачей до 3,5 м³/с можно устанавливать открыто на столбчатых фундаментах, а более крупных нужно частично или полностью замоноличивать.

Вертикальные осевые насосы крепят в двух местах: со стороны напорного патрубка к вертикальной стене здания (для предотвращения чрезмерных температурных деформаций ось их должна находиться от плоскости закрепления верхнего патрубка на расстоянии, не превышающем удвоенный диаметр рабочего колеса) и в зоне диффузора, оборудованного специальными опорными лапами. Патрубок насосов в месте примыкания к днищевой плите не является несущим, поскольку в этом месте размещают компенсатор. Исключение составляют осевые насосы моноблочного исполнения, не имеющие компенсатора и опирающиеся на вертикальную стену и днище насосной станции, и насосы, у которых нет ярко выраженных опор, поскольку они почти полностью забетонированы.

Электродвигатели вертикальных насосов (кроме моноблочных) устанавливают на балки междуэтажного перекрытия или на железобетонный массив, опирающийся на днищевую плиту здания.

Жесткость фундамента при необходимости, например, когда возможна расцентровка насосного агрегата из-за чрезмерной деформации перекрытия, можно увеличить установкой под балки междуэтажного перекрытия дополнительных колонн. Дополнительные колонны должны опираться на днищевую плиту здания. Подобное решение не ограничивает подходы ни к насосу, ни к нижней крестовине электродвигателя.

Строительные конструкции должны иметь гидроизоляцию, защищающую их от воздействия агрессивной среды и уменьшающую водопроницаемость стен помещений, расположенных ниже уровня воды. Для гидроизоляции используют битумные или пластмассовые материалы, цементную штукатурку (торкрет).

Между рядами насосных агрегатов, между насосными агрегатами и

строительными конструкциями, между компрессорами и стеной, между торцами щита и насосными агрегатами должен быть проход шириной не менее 1 м (местные сужения не менее 0,6 м допускаются на длине 0,5 м), между компрессорами шириной не менее 1,5 м, между агрегатами и фасадом пульта или щита управления шириной не менее 2 м.

3.8. Верхнее строение зданий

Верхнее строение, как правило, состоит из машинного зала, монтажной площадки и примыкающих к ним пристроек для размещения электротехнического оборудования и служебных помещений [32].

Мелиоративные насосные станции чаще всего имеют высокие машинные залы с внутренним расположением кранов, позволяющим ремонтировать оборудование без выноса наружу.

При специальном обосновании можно сооружать и низкие машинные залы с наружным размещением кранов и монтажом оборудования через люки в перекрытиях, а также устанавливать оборудование в открытом виде или под колпаками, защищающими его от прямых лучей солнца и дождя.

Верхнее строение зданий должно иметь прямоугольную форму. При высоте машинного зала более 4 м распределительные устройства и служебные помещения следует размещать в пристройке. Этажность пристройки не ограничена. Высоту этажей назначают, исходя из габаритных размеров устанавливаемого оборудования, но не менее 3 м.

Ширину и высоту машинного зала определяют, исходя из условий монтажа основного оборудования и габаритных размеров крана. Они должны позволять перемещать самую большую монтируемую деталь (вал с рабочим колесом насоса, электродвигатель или его часть, корпус насоса) с учетом высоты стропов, запасов между проносимым оборудованием и строительными конструкциями (около 0,3 м) и высоты транспортной платформы в случае разгрузки оборудования краном, установленным в здании. Обычно расстояние от отметки чистого пола до низа несущих конструкций покрытия на опоре принимают в пределах 3...6 м кратным 0,6 м, а в зданиях с мостовыми кранами 7,2 м и более кратным 1,2. Пролеты верхнего строения следует назначать в пределах 6...24 м кратными 3 м, а шаг колонн 6 и 12 м. Длина машинного зала зависит от числа основных насосов и габаритных размеров монтажных площадок. Длину бескаркасных зданий при пролете верхнего строения 6 м можно принимать кратной 1,5, при большем пролете 3 м.

Верхнее строение можно сооружать из сборных железобетонных элементов заводского изготовления, соответствующих унифицированным габаритным

схемам однопролетных промышленных зданий. В практике водохозяйственного строительства наибольшее распространение получили верхние строения, состоящие из каркаса с тем или иным заполнением. Конструкция каркаса зависит от грузоподъемности крана. При грузоподъемности мостовых кранов до 50 т включительно каркас выполняют из сборного железобетона заводского изготовления, при большей грузоподъемности металлическим или комбинированным (железобетонные колонны и металлические подкрановые балки и фермы покрытия).

Стены верхнего строения на малых насосных станциях можно возводить из сборных железобетонных блоков, кирпича или естественного камня (туф, ракушечник). Для усиления таких стен и размещения подкрановых балок предусматривают пилястры. Для заполнения каркаса можно использовать утепленные или холодные панели, а при специальном обосновании (небольшие объемы работ, отдельные участки стен с большим числом проемов) кирпич или естественные камни.

В качестве опор под колонны каркаса верхнего строения можно применять специальные фундаментные блоки (в зданиях наземного типа) заводского изготовления или массивные стены (в зданиях камерного и блочного типа). Колонны следует привязывать к продольным и поперечным разбивочным осям здания в соответствии с основными положениями по унификации объемно-планировочных и конструктивных решений промышленных зданий. Их устанавливают либо в стыках глубиной $(1...1,5)h$ (где h – высота сечения колонны), либо на специальном подколеннике. Арматуру подколенника и колонны сваривают накладками. Опорные узлы замоноличивают. Металлические колонны ставят на бетонную поверхность фундамента и крепят к нему анкерными болтами. В местах деформационных швов устанавливают парные колонны (рамы). Несущие стены должны опираться на ленточные фундаменты или на фундаментные балки, уложенные на столбчатые фундаменты.

Габаритные размеры монтажной площадки должны обеспечить въезд транспорта, разгрузку оборудования (желательно краном здания), раскладку одного, реже двух насосных агрегатов, необходимые проходы (до 0,7 м) и возможность подведения крюка крана к любой точке детали.

Для сообщения между этажами в верхних строениях зданий предусматривают:

- в специальных лестничных клетках капитальные лестницы. Их выполняют в виде сборных железобетонных маршей шириной 0,9...2,2 м или отдельных ступеней с уклоном 1:2, 1 : 1,75 или 1 : 1,5;
- в электромашинных помещениях облегченные лестницы. Их изготавливают из стального проката с углом наклона 20...50°, шириной 0,7 и 0,9 м. Для

обслуживания редко посещаемых объектов угол наклона лестниц можно увеличивать до 75° (трапы) и 90° (стремянки);

– в местах, где применение лестниц недопустимо, наклонные плоскости (пандусы) с углом наклона до 12° для пешеходов, и до 6° для транспорта;

– при глубине подземных помещений более 16 м грузопассажирские лифты. Их желательно блокировать с лестничными клетками.

Для прохода над трубопроводами, прокладки силовых и контрольных кабелей, обслуживания оборудования (приводов задвижек, подшипников вертикальных насосов, шинопроводов, разъединителей, расположенных на высоте более 1,4 м) предусматривают служебные мостики. Мостики для прохода обслуживающего персонала выполняют шириной не менее 0,8 м из стального проката. При установке на мостиках шкафов с электрооборудованием, насосов, вентиляторов, маслонапорных установок и компрессоров ширину их и сечения несущих элементов конструкции определяют расчетом. Такие мостики, как правило, изготавливают из сборного или сборно-монолитного железобетона.

Контрольные вопросы к главе 3:

1. Какие общие принципы должны быть учтены при выборе компоновки и определении размеров зданий насосных станций?

2. В каких случаях применяют здания насосных станций наземного типа?

3. Укажите различия между зданиями насосных станций камерного и блочного типов.

4. Какие основные требования предъявляют к подземной части зданий насосных станций?

5. Когда применяют передвижные насосные станции?

6. Условия применения насосных станций, оборудованных погружными насосами.

7. Назначение подземной части здания насосной станции.

8. Состав и особенности верхнего строения здания насосной станции.

4. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

4.1. Классификация и условия применения

Водозаборным называют сооружение, через которое вода из источника поступает в насосную станцию. Такое сооружение должно забирать воду в соответствии с графиком водоподачи насосной станции и не допускать попадания в нее наносов, плавающего мусора, водорослей, льда, шуги, рыбы [13,14].

Конструкция и оборудование водозаборного сооружения (водозабора) должны обеспечивать возможность полного или частичного отключения насосной станции от водоисточника на время ремонта или осмотра, позволять комплексно использовать водоисточник для судоходства, лесосплава, рыбозаведения и в других целях.

Водозаборные сооружения классифицируют в зависимости от целевого назначения насосной станции, вида водоисточника, отношения к уровню воды, расположения относительно водоисточника и здания насосной станции, требуемой категории- надежности подачи воды и других признаков.

По назначению различают водозаборные сооружения:

- для оросительных насосных станций. Они работают сезонно в течение оросительного периода;
- для осушительных насосных станций. Особенностью их является наличие самотечного сброса, позволяющего в отдельные периоды сбрасывать воду самотеком из осушительной сети;
- для насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения (хозяйственно-питьевого или промышленного). Такие сооружения в отличие от сооружений, забирающих воду для оросительных и осушительных насосных станций, должны иметь высокие надежность водоподачи, качество и степень очистки забираемой воды от сора, работать непрерывно в течение всего года.

По виду водоисточника водозаборные сооружения подразделяют на речные, водохранилищные, озерные и на каналах.

По расположению в отношении водоисточника различают водозаборные сооружения:

- русловые расположены в русле реки или непосредственно в водоеме (водохранилище, озеро);
- береговые;
- ковшовые обеспечивают бесперебойную работу насосной станции в тяжелых условиях при большом количестве наносов или шуги.

По отношению к уровню воды водозаборные сооружения могут быть: незатопляемыми; временно затопляемыми, например, в период паводка; затоп-

ленными.

По расположению относительно здания насосной станции различают водозаборные сооружения совмещенные и отдельные (водозабор и здание соединены водоподводящим сооружением).

Водозаборные сооружения могут быть стационарными, передвижными и плавучими. Речные водозаборы по наличию в их составе подпорных сооружений подразделяют на бесплотинные и плотинные.

Водозаборные сооружения должны быть простыми и удобными в эксплуатации. При оценке их стоимости и экономической эффективности следует учитывать не только затраты на возведение таких сооружений, но и размер убытков, к которым может привести нарушение их работы, а следовательно, и снижение или перебой в подаче воды потребителям.

При проектировании водозабора в зависимости от местных условий выбирают: места забора воды из источника; конструктивную схему сооружения; оборудование для обслуживания сооружения.

При выборе места расположения водозаборного сооружения учитывают следующие требования:

- количество и качество воды в источнике должно соответствовать требованиям водопотребителя;
- топографические, гидрологические, геологические, гидрогеологические, а в северных районах и мерзлотно-грунтовые условия должны быть приемлемыми для строительства и эксплуатации такого сооружения;
- размещение сооружения не должно нарушать интересы других водопользователей и противоречить перспективным планам комплексного использования водоемного источника;
- сооружение должно быть расположено возможно ближе к водопотребителю.

Перечисленные требования обычно определяют состав необходимых изыскательских работ для обоснования места расположения сооружения.

Водозаборное сооружение является ответственным элементом насосной станции. Поэтому состав, конструкцию и место расположения его отдельных элементов выбирают на основе технико-экономических сравнений нескольких технически целесообразных вариантов с учетом как природных условий, так и опыта эксплуатации подобных сооружений и перспектив использования водоемного источника.

Наиболее широко распространены береговые и русловые водозаборные сооружения.

У береговых водозаборов входные (водоприемные) отверстия всегда доступны для обслуживания, что гарантирует бесперебойную их работу. Такие

водозаборы устраивают при наличии у берега глубин, достаточных для обеспечения нормальных условий забора воды, или при возможности их увеличения с помощью руслорегулирующих мероприятий (сооружение струенаправляющих дамб, дноуглубительные расчистки и др.). Совмещение берегового водозабора и здания насосной станции существенно упрощает его обслуживание, повышает надежность работы и практически необходимо в случае применения вертикальных или горизонтальных насосов с отрицательной высотой всасывания. Таким образом устраивают водозаборы на насосных станциях подачей $Q > 10 \text{ м}^3/\text{с}$, а иногда и $Q > 1 \text{ м}^3/\text{с}$. При амплитуде колебаний уровней воды в источнике более 10 м также может быть целесообразным совмещение водозабора и здания насосной станции подачей $Q < 1 \text{ м}^3/\text{с}$.

В условиях отсутствия достаточных для нормального забора воды глубин, наличия в водоисточнике большого количества наносов, шуги следует рассматривать возможность размещения береговых водозаборных сооружений в водоприемных ковшах, огражденных дамбами.

Перед береговыми водозаборами малых и средних насосных станций, забирающих воду из рек с тяжелыми наносными и шуголедовыми условиями, бывает целесообразно устраивать затопляемые в половодье самопромывающиеся ковши.

У русловых водозаборов водоприемная часть (водоприемные оголовки) расположена в водоеме удалена от берега. Их входные (водоприемные) отверстия труднодоступны, а иногда и совершенно недоступны для осмотра. Такие водозаборы устраивают при пологих берегах водоисточника, когда требуемые для забора воды глубины удалены от берега. От водоприемного оголовка вода по специальным водоводам поступает (в большинстве случаев самотеком) в незатопляемое сооружение береговой колодец. Здание насосной станции можно объединять с береговым колодцем или возводить отдельно от него.

От надежности работы водозаборных сооружений зависит и надежность работы насосной станции в целом. Различают три степени надежности забора воды:

I – имеют в средних природных условиях все береговые незатопляемые водозаборные сооружения, входные отверстия которых всегда доступны для обслуживания, а очистка их соросудерживающих решеток механизирована. Режим забора воды в этом случае будет бесперебойным;

II – характерна в средних природных условиях для всех русловых затопленных водозаборных сооружений, расположенных в водоеме (в удалении от берега) и практически недоступных для осмотра в периоды шугохода, половодья, шторма. В этом случае допускается снижение подачи воды не более чем на 30 % в течение 1 месяца;

III – имеют в средних природных условиях плавучие и передвижные водозаборные устройства. Расчетный расход воды в этом случае можно отбирать с перерывом до 3 суток.

Степень надежности забора воды можно повысить: устройством двух независимо работающих водозаборных сооружений в местах с различными наносными или шуголедовыми условиями; обеспечением водозабора надежной системой обратной промывки соросудерживающих решеток.

Для достижения необходимой надежности работы водозаборных сооружений предусматривают их секционирование. Все стационарные водозаборы должны иметь не менее двух секций работающих независимо друг от друга.

4.2. Речные водозаборные сооружения

Состав и конструкции речных водозаборов зависят в большой степени от гидрологических условий реки (обеспеченное забираемого расхода, положения уровней воды, состава и количества наносов и др.), качества воды в ней, характеристик грунтов, слагающих ее берега и дно, формы русла, забираемой расхода воды [13].

Для проектирования речных водозаборных сооружений нужно знать:

- летний и зимний минимальные уровни воды, чтобы правильно расположить входные отверстия;
- максимальный паводковый уровень воды, а также максимальные уровни воды в периоды ледовых заторов, чтобы обоснованно назначать отметку верха водозаборного сооружения максимальный и минимальный уровни воды в периоды ледохода для учета воздействия льда на водозаборные сооружения.

Тип водозаборных сооружений определяют формы русл; реки в поперечном сечении и крутизна берега.

На форму, размеры и строительную стоимость водозаборных сооружений значительно влияют инженерно-геологические условия: структура, прочность и устойчивость грунтов, сопротивляемость берегов реки размыву, сейсмичность района строительства и др. На основе физико-механических свойств грунтов решают вопрос о совмещении водозабора со зданием насосной станции.

Водозаборные сооружения следует по возможности размещать на вогнутом берегу (несколько ниже вершины кривой береговой линии) в пределах устойчивых и в крайнем случае равновесных участков рек в зоне наибольших глубин. На равнинных реках, имеющих устойчивые, неразмываемые берега и практически не несущих наносы, место расположения водозабора выбирают только из условия создания необходимых для нормального забора воды глубин.

Водозаборное сооружение проектируют таким, чтобы поток воды обтекал

его плавно, чтобы оно не стесняло русло и чтобы его строительство не привело к изменению очертаний дна и берегов реки. Количество забираемой воды назначают с учетом минимальных расчетных расходов воды в реке. При отношении расчетного расхода водозабора к минимальному расчетному расходу воды в реке $Q_B/Q_{\min} \leq 0,25$ воду можно забирать из реки без каких-либо дополнительных мероприятий, при $0,25 \leq Q_B/Q_{\min} \leq 0,75$ надежный забор воды возможен только на участках с благоприятными формами и состоянием русла.

Часто для улучшения условий забора воды выполняют руслорегулирующие работы или строят водоподъемные плотины, чтобы поднять уровень воды в месте устройства водозабора или создать необходимый запас воды.

Если мутность забираемой воды должна быть меньше мутности воды в реке, то в состав водозаборного сооружения включают отстойники или ковши для ее осветления.

Береговые водозаборы [14]. Насосная станция может быть совмещена с береговым колодцем или располагаться в отдельном здании. Совмещение берегового колодца и насосной станции в одно сооружение существенно упрощает обслуживание водозабора, повышает надёжность его работы, является практически необходимым в случае применения насосов с малой высотой всасывания и при значительной амплитуде колебаний уровней воды в реке. Однако, при слабой несущей способности береговых грунтов (пески, супеси, суглинки) насосную станцию и береговой колодец необходимо строить отдельно.

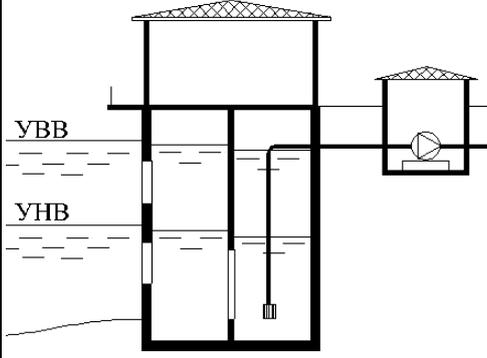
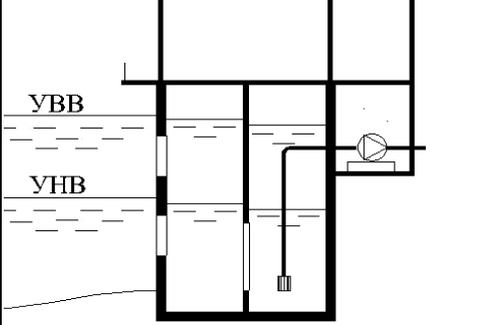
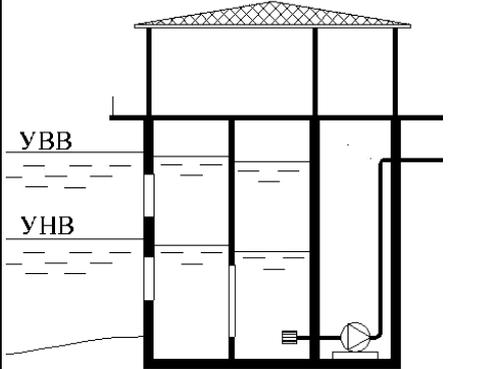
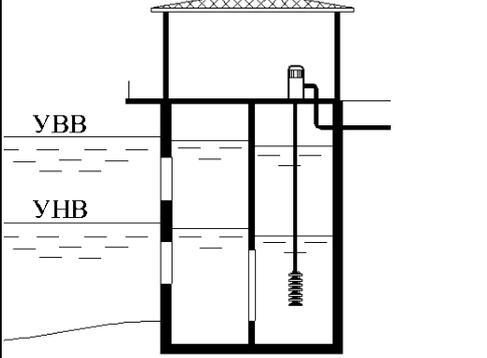
Водозаборы берегового типа могут быть выполнены по схемам, приведенным в таблице 4.1.

Береговой колодец обычно выполняют из железобетона, прямоугольным или круглым в плане в зависимости от места его расположения на берегу и способа возведения.

Для обеспечения бесперебойности работы, периодической очистки и ремонта без прекращения подачи воды береговой колодец разделяют перегородками на несколько секций. Число секций принимают равным числу насосов или числу всасывающих трубопроводов.

Для предотвращения заиливания колодца взвешенными частицами, поступающими вместе с водой и выпадающими в осадок вследствие значительного уменьшения скоростей течения воды в нем, каждую секцию оборудуют специальным приемком для сбора наносов и нанососудающими устройствами (гидроэлеваторами или грязевыми насосами). Внутри каждой секции берегового колодца насосной станции сельскохозяйственного водоснабжения для более полной очистки воды от сора устанавливают мелкочаеистые сетки плоские съемные или вращающиеся.

Таблица 4.1 – Типы береговых водозаборов

Тип водозабора	Условия применения	Схема
Береговой, раздельного типа	<ul style="list-style-type: none"> - непрочные грунты; - высокий крутой берег; - использование насосов с допустимой высотой всасывания более 3 – 4 м; - большая амплитуда колебаний уровней воды; - производительность до 1м³/с. 	
Береговой, совмещенного типа с полузаглубленной насосной станцией	<ul style="list-style-type: none"> - скальные грунты; - высокий крутой берег, - амплитуда колебаний уровней воды в реке до 10 м; - большая производительность водоприемника. 	
Береговой, совмещенного типа с заглубленной насосной станцией	<ul style="list-style-type: none"> - незначительные колебания уровней воды в реке; - использование насосов с допустимой высотой всасывания менее 3 – 4 м или при необходимости установки насосов под залив; - небольшая глубина берегового колодца. 	
Береговой, совмещенного типа с вертикальными насосами	<ul style="list-style-type: none"> - значительные колебания уровней воды в реке (7-10м); - большая глубина берегового колодца; - насосная станция оборудуется вертикальными насосами или насосами для забора воды из скважин. 	

Площадь входного (водоприемного) отверстия определяется по формуле

$$\omega = 1,25KQ_p/v, \quad (4.1)$$

где ω – площадь брутто одного отверстия, м²; Q_p – расчетный расход одной секции, м³/с; v – допустимая скорость воды во входном отверстии, м/с; K – коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями решетки ($K=1$).

Допустимую скорость воды во входном отверстии берегового колодца без учета требований рыбоохраны для средних и тяжелых условий ее забора рекомендуется принимать в пределах 0,2...0,6 м/с, а для забора воды из источников, имеющих рыбохозяйственное значение, по требованиям органов рыбоохраны, в зависимости от типа и конструкции применяемых рыбозащитных устройств.

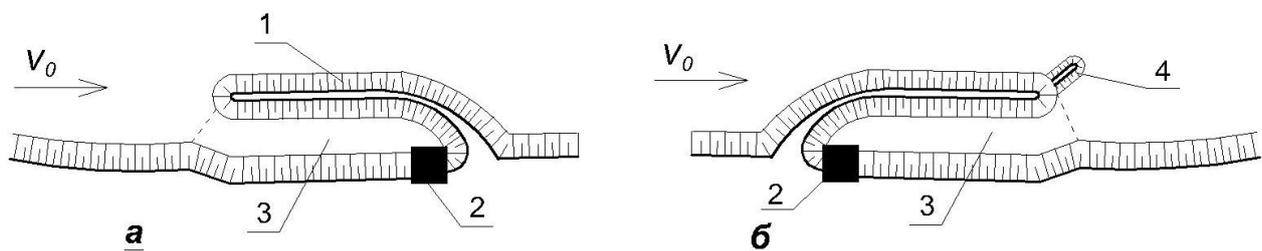
Глубина реки в месте расположения нижнего ряда входных отверстий колодца должна быть равна сумме высот отверстия и порога плюс заглубление верхней кромки отверстия под минимальный уровень воды. Порог предотвращает попадание в отверстие влекомых по дну наносов. Высоту его принимают не менее 0,5 м. Заглубление верхней кромки отверстий под уровень воды должно быть таким, чтобы в них не попадал плавающий на поверхности воды сор. Минимальное заглубление принимают 0,5 м. При наличии ледяного покрова входные отверстия располагают на расстоянии не менее 0,2 м от нижней кромки льда.

В плане размеры берегового колодца, не совмещенного со зданием насосной станции, определяют в зависимости от габаритных размеров входных отверстий, числа и диаметра всасывающих трубопроводов, а совмещенного со зданием насосной станции также от числа насосов и размеров здания. Из каждой секции колодца воду забирает всасывающая труба диаметром входного отверстия $D_{вх}$, устанавливаемым по допустимым скоростям $v_{вх} = 0,8...1$ м/с. Вертикальную всасывающую трубу размещают у задней стенки секции, а входное отверстие на расстоянии от дна $(0,8...1) D_{вх}$. Заглубление входного отверстия всасывающей трубы под минимальный уровень воды должно быть равно $2 D_{вх}$, но не менее 0,5 м. Ширину секции принимают в пределах $(2...2,5) D_{вх}$, а минимальный объем воды в ней равным $V_{min} = Qt$ (где Q – подача насоса, м³/с; $t = 15...20$ с). Из этого условия определяют и длину секции.

Вертикальные размеры берегового колодца зависят от амплитуды колебаний уровней воды в реке, толщины ледяного покрова, характеристик грунтов. Для предупреждения подмыва водоприемника глубину заложения подошвы его фундамента назначают при естественных основаниях на 2 м ниже возможного уровня размыва русла. При слабых грунтах по периметру подошвы фундамента устраивают шпунтовое ограждение. Дно реки у водозабора тщательно укрепляют каменной наброской, железобетонными плитами.

Верх берегового колодца должен возвышаться над максимальным уровнем воды с учетом высоты волны не менее чем на 0,6 м.

При тяжелых условиях забора воды и подачах насосных станций до $25 \text{ м}^3/\text{с}$ береговые водозаборы можно сооружать в водоприемных ковшах. Ковши представляют собой искусственный залив, образуемый незатапливаемой, частично или полностью выдвинутой в реку дамбой. При большой мутности воды их устраивают с верховым питанием, при большом количестве шуги с низовым (рисунок 4.1). При необходимости местного углубления дна реки (до 1,5...2 м) у береговых колодцев и создания в потоке воды циркуляционных течений, поддерживающих искусственно созданные глубины, ковши выполняют самопромывающимися затапливаемыми в половодье.



а – с верховым питанием; б – низовым питанием
1- дамба; 2- водоприемная часть сооружения; 3- ковш; 4 – верховая шпора

Рисунок 4.1 – Схема незатапливаемых водоприемных ковшей

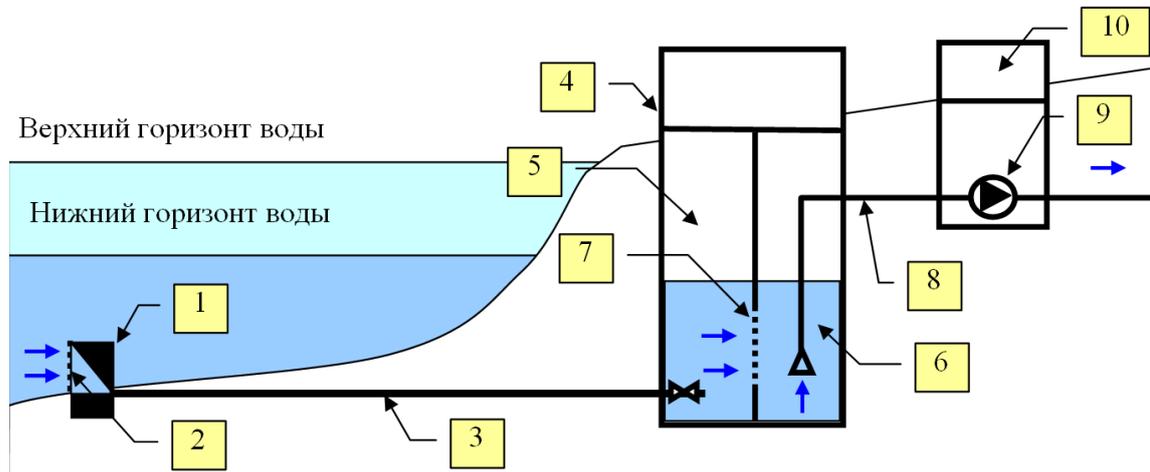
Ширина и длина ковшей должны быть достаточными для осаждения наносов или всплывания шуги.

Русловые водозаборы. Водозаборные сооружения берегового типа (русловые водозаборы) проектируют при пологих берегах и дне реки, когда требуемые для приёма воды глубины находятся на значительном расстоянии от берега.

Русловые водозаборы (рисунок 4.2) обеспечивают при отсутствии специальных мероприятий только II-ю и III-ю степень надежности забора воды. Для надежности колодец секционируется, устраивается не менее двух оголовков и самотечных линий.

Оголовок предназначен для размещения водоприемных окон и закрепления в русле реки концов самотечных (сифонных) трубопроводов. Их размещают под уровень воды, поэтому они постоянно не доступны для обслуживания (особенно во время ледостава и ледохода), что при средних и тяжёлых условиях водозабора создаёт угрозу снижения производительности или прекращения поступления воды в водозабор. Забор воды в оголовок производится через решётку. Решётка предотвращает попадание в систему крупного мусора. Для защиты системы от попадания в неё рыбы на место решётки может быть уста-

новлена кассета из пористого материала. Из оголовка вода по самотечным (или сифонным) водоводам поступает в водоприёмное отделение берегового колодца. Из водоприёмного отделения вода через сетку поступает в водозаборное отделение. Сетка обеспечивает предварительную очистку воды от мелких загрязнений (водоросли, мелкая рыба и т. п.). Из водозаборного отделения вода по всасывающим трубопроводам откачивается насосами насосной станции первого подъёма.



1 – водоприёмный оголовок; 2 – рыбозащитное устройство; 3 – самотечная (сифонная) линия; 4 – береговой колодец; 5 – водоприёмное отделение; 6 – водозаборное отделение; 7 – сетка; 8 – всасывающий трубопровод; 9 – насос; 10 – насосная станция первого подъёма

Рисунок 4.2 – Водозаборные сооружения берегового типа
(русловые водозаборы)

Как правило, затопленный водоприёмник соединяется с береговым колодцем самотечными водоводами. Однако, при большой глубине берегового колодца, устраиваемого в скальных или водонасыщенных грунтах, экономически целесообразно (из-за значительной стоимости земляных работ) устройство сифонных водоводов. Максимальная высота от НГВ до точки перелома сифонной линии – 8,0 м. Для запуска таких линий в работу требуется создание вакуума в верхней точке трубы. Зарядка сифона производится вакуумированием трубопровода вакуум-насосом. Надежность работы таких линий снижается, так как при образовании трещин, свищей, неплотностей стыков вакуум срывается и прекращается прием воды. Поэтому степень надежности приема воды русловыми водозаборами с сифонными линиями ниже на единицу, чем самотечными.

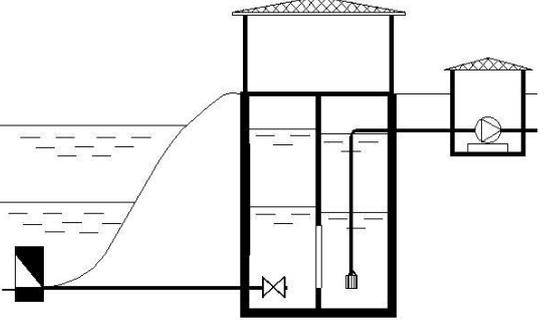
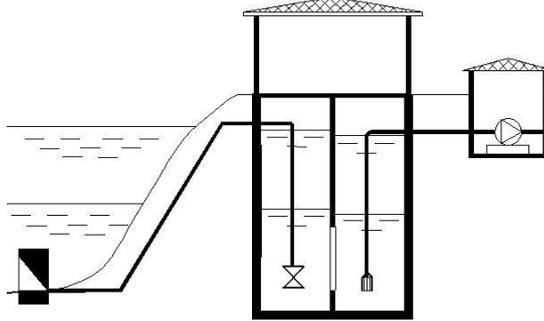
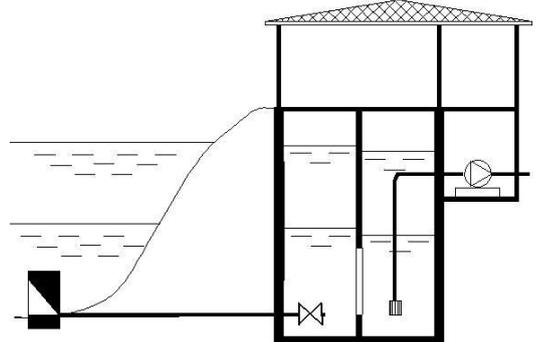
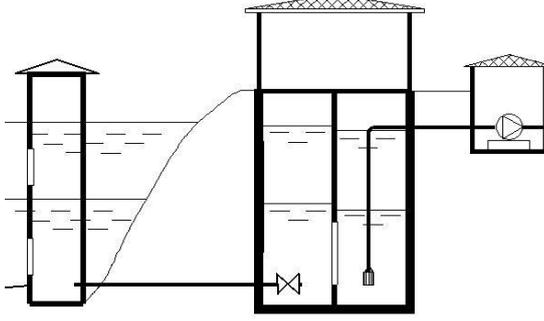
Для надёжной работы руслового водозабора необходимо предусматривать промывку самотечных или сифонных линий. Обычно применяется обратная промывка подачей воды в эти трубопроводы из напорной линии насосов. Либо применяется импульсная промывка.

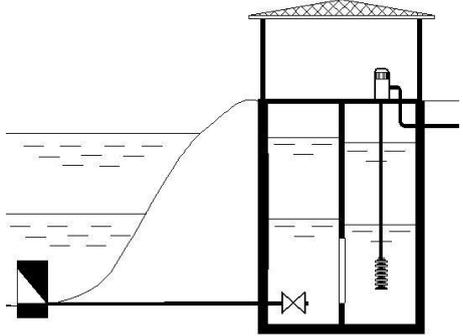
В зависимости от взаимного расположения берегового колодца и насосной

станции русловые водозаборы бывают совмещённого и раздельного типа.

Принципиально водозаборы берегового типа могут быть выполнены по схемам, приведенным в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Типы русловых водозаборов

Тип водозабора	Условия применения	Схема
Русловой, раздельного типа с самотечными линиями	<ul style="list-style-type: none"> - слабая несущая способность береговых грунтов (супесь, суглинок, песок); - незначительная амплитуда колебаний уровней воды в реке (до 6-8 м); - использование насосов с допустимой высотой всасывания более 3-4 м; - производительность до 1 м³/с 	
Русловой, раздельного типа с сифонными самотечными линиями	<ul style="list-style-type: none"> - скальные и полускальные грунты берега; - незначительная амплитуда колебаний уровней воды в реке (до 6-8 м); - использование насосов с допустимой высотой всасывания более 3-4 м; - производительности до 1 м³/с. -тяжелые условия прокладки самотечных линий 	
Русловой, совмещенного типа с самотечными линиями	<ul style="list-style-type: none"> -незначительные колебания уровней воды в реке; - использование насосов с допустимой высотой всасывания менее 3-4 м или при необходимости установки насосов под залив; - небольшой глубине береговой колодец. 	
Русловой, с незатопляемым водоприёмником и с самотечными линиями	<ul style="list-style-type: none"> - значительные колебания уровней воды в реке (7-10м); - большая глубина берегового колодца; - насосная станция оборудуется вертикальными насосами или насосами для забора воды из скважин. 	

Тип водозабора	Условия применения	Схема
Русловой совмещенного типа с вертикальными насосами	<ul style="list-style-type: none"> - большая глубина берегового колодца; - значительная амплитуда колебаний уровней воды в реке (6-14м). - берег и дно реки сложено не скальными породами; - производительность до 1 м³/с. 	

Береговой колодец русловых водозаборов по устройству аналогичен водоприемникам береговых водозаборов, однако имеет более сложное оборудование. Самотечные или сифонные водоводы оснащают запорной арматурой (задвижками или дроссельными затворами) и приспособлениями для управления ею, устройствами для зарядки сифонных водоводов, трубопроводами и устройствами системы обратной промывки самотечных водоводов и сороудерживающих решеток затопленных оголовков.

В береговых колодцах насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения при повышенных требованиях к чистоте воды размещают мелкоячеистые сетки (плоские или вращающиеся) с устройствами для их промывки. Береговые колодцы оросительных насосных станций могут быть оборудованы рыбозащитными сетчатыми устройствами с рыбоотводами (при невозможности их установки на затопленных русловых оголовках). При широкой, часто затопляемой пойме иногда можно сооружать комбинированный водозабор. Верхнюю часть колодца не засыпают грунтом. В передней его стенке выполняют входные отверстия для забора воды в паводок.

4.3. Водозаборные сооружения на водохранилищах

Водозаборные сооружения на водохранилищах имеют много общего с речными. При проектировании их следует учитывать: изменения, вносимые водохранилищем в естественный гидрологический режим реки (переформирование берегов, возникновение вдольбереговых течений воды и т. д.), отложения наносов (наносы, транспортируемые рекой, наиболее интенсивно откладываются в верховьях водохранилищ), развитие водной растительности, биологическое обрастание водоводов. Водозаборное сооружение не должно подмываться, возле него не должны отлагаться наносы и скапливаться лед в период ледохода. Оно должно обеспечивать забор воды необходимого качества. Водозабор сле-

дует размещать в месте, укрытом от волн, вне прибойной зоны и активной зоны береговых течений, несущих наносы, водоросли, шугу, и имеющем глубину, превышающую в 3 раза высоту волны, рассчитанную для случая минимальных уровней воды. Его нельзя устраивать в затоне или в небольшой бухте, которую не удастся защитить от отложения наносов. Водозаборный оголовок целесообразно выносить на прямолинейный участок берега. Выбор места водозаборного сооружения обязательно должен быть обоснован прогнозами переформирования берегов [23].

В средней и нижней (приплотинной зонах водохранилища для целей водоснабжения можно предусматривать русловые водозаборы отдельного (включает в себя затопленный оголовок, самотечные водоводы, береговой колодец, объединенный со зданием насосной станции или выполненный отдельно от него) и совмещенного (водоприемник и здание насосной станции объединены) типа. При небольших скоростях течения воды в водохранилище затопленным оголовкам можно придавать любые формы, удобные для размещения сооружений удерживающих решеток и самотечных водоводов: как круглые, так и вытянутые в плане. Входные отверстия могут быть расположены либо на боковых поверхностях, либо на верхней грани оголовка. К береговым водозаборам оросительных насосных станций воду часто подводят открытым каналом. В голове подводящего канала не должны откладываться наносы. При расположении орошаемого массива рядом с плотиной водозаборные сооружения рекомендуются устраивать в зоне действия промывных отверстий. Если же высота здания насосной станции примерно равна высоте плотины, то его можно совмещать с напорным фронтом. Здание насосной станции можно выносить и в нижний бьеф плотины. В этом случае всасывающие трубы подключают к трубам донного водоспуска или к специальным водоводам, проходящим в теле плотины. Вода из верхнего бьефа по ним будет поступать к насосам.

4.4. Водоподводящие сооружения

Воду от источника к насосной станции, удаленной от его берега, можно подводить закрытыми или открытыми водоводами. Закрытые водоводы обычно устраивают при заборе воды из рек, имеющих широкую пойму, затапливаемую в половодье и сложенную из слабых грунтов. Сооружение открытого водовода канала в этих условиях будет нецелесообразным, так как его откосы будут оплывать при резких спадах уровней воды, а при затоплении поймы в половодье он будет забиваться наносами [26].

Закрытые водоводы. В большинстве случаев такие водоводы соединяют между собой русловые водоприемные оголовки и береговые колодцы или от-

стойники наносов. Они могут быть самотечными и сифонными. В целях обеспечения бесперебойной подачи воды число самотечных или сифонных водоводов должно быть не менее двух. Самотечные водоводы подразделяют на безнапорные и напорные.

Самотечные безнапорные водоводы применяют для расходов воды более $5 \text{ м}^3/\text{с}$ при колебаниях ее уровней в источнике не более 0,5 м. Поперечное их сечение может иметь круглую, прямоугольную или овальную форму. Расстояние между верхней точкой сечения водовода и уровнем воды в нем должно быть не менее 0,2 м. Такие водоводы изготавливают из сборного и монолитного железобетона и укладывают обычно в открытом осушенном котловане с постоянным уклоном в сторону насосной станции.

Самотечные напорные водоводы применяют при любых расходах воды и амплитуде колебаний ее уровней в источнике. Поперечное сечение их большей частью имеет круглую форму, однако может быть и прямоугольным. Они могут быть собраны из труб железобетонных, чугунных, стальных, асбестоцементных, из некорродирующих полимерных материалов (полиэтилена, поливинилхлорида, армированных стекловолокном). Водоводы из железобетонных, чугунных и асбестоцементных труб укладывают в траншею с водоотливом; стальных под воду или бестраншейным методом; из труб, изготовленных из некорродирующих полимерных материалов, в траншею под воду или открытым способом. Стальные трубы снаружи покрывают антикоррозийной изоляцией и деревянными рейками, а внутри в зависимости от коррозионных свойств воды слоем цемента или другим материалом. Самотечные водоводы не должны иметь резких поворотов в плане и в вертикальной плоскости. Их можно уложить горизонтально, с прямым или обратным уклоном. Они должны пропускать необходимый расход воды при различных режимах работы насосной станции и любых уровнях воды в источнике. На реках самотечные водоводы прокладывают с учетом возможного размыва: на судоходных ниже их дна на 0,8...1,5 м, а на несудоходных на 0,5 м. Для крупных, а иногда и средних насосных станций выполняют многоочковые водоводы (в виде многопролетных замкнутых прямоугольных неразрезных железобетонных рам). Число отверстий принимают равным числу насосов или меньше его.

Сифонные водоводы применяют для водозаборных сооружений II и III категории надежности подачи воды и в случаях, когда по геологическим и гидрогеологическим условиям прокладка самотечных водоводов затруднена и экономически нецелесообразна. Вакуум в сифоне не должен превышать 50...60 кПа. По условиям герметичности такие водоводы выполняют из стальных труб со сварными стыками. Трубы укладывают с подъемом не менее 0,001 к береговому колодцу. Из наиболее высоко расположенной точки водовода удаляют

воздух, выделяющийся из воды.

Площадь поперечного сечения самотечных и сифонных водоводов устанавливают расчетом. Расчетную скорость выбирают с учетом следующих требований: в водоводах не должны выпадать взвешенные наносы, находящиеся в воде; потери напора по длине водовода должны быть минимальными. Для нормального гидравлического режима работы водовода ее значение обычно принимают в пределах 1...2 м/с.

Для обеспечения надежной работы руслового водозаборного сооружения с затопленными оголовками необходимо периодически промывать водоводы и сороудерживающие решетки. Из водоводов небольших диаметров наносы можно удалять обратным током воды. С этой целью на водозаборном сооружении предусматривают специальные устройства, позволяющие присоединять на время промывки самотечные и сифонные водоводы к напорным трубопроводам насосной станции. Для увеличения промывных скоростей включают, помимо основных, и резервные насосы. Из водоводов больших диаметров наносы можно удалять прямой промывкой при повышенных скоростях течения воды, создаваемых с помощью, резервных насосов, или гидропневматической (в поток воды в водоводе подают сжатый воздух от компрессора). На самотечных водоводах, которые нельзя очистить от наносов обратным или прямым током воды, нужно предусматривать через 75...100 м смотровые колодцы. Наносы из таких водоводов удаляют протаскиванием через них специальных устройств совков и скребковых рыхлителей.

Открытые водоводы (подводящие каналы). Обычно забирают воду из поверхностных источников рек, водохранилищ, каналов при благоприятных геологических, гидрологических и топографических условиях. Основные условия применения подводящих каналов экономическая целесообразность, сокращение длины напорных трубопроводов; незначительное содержание в воде источника наносов; возможность очищать их от наносов без нарушения нормальной работы насосной станции и графика водоподачи; устойчивость берегов водоисточника; относительно небольшая амплитуда колебания и медленные спады уровней воды в источнике. Подводящие каналы, как правило, прокладывают по кратчайшему пути от водоисточника до насосной станции. Они могут быть несаморегулирующимися и саморегулирующимися.

Несаморегулирующийся канал отличается от саморегулирующегося параллельным расположением гребней берм относительно дна. Для исключения опасности перелива воды через бермы и затопления насосной станции в голове его устраивают головное водозаборное сооружение, оборудованное затворами. Работа этого сооружения должна быть автоматизирована и согласована с работой насосной станции. При остановке насосной станции затворы головного со-

оружения должны закрываться. На канале перед насосной станцией необходимо предусматривать аварийный сброс.

Саморегулирующийся канал имеет горизонтальную свободную поверхность воды при расходе $Q_k = 0$ (когда насосы не работают), причем уровень воды в канале при расходе $Q_k = 0$ равен уровню воды в источнике. Гребни берм канала выполняют горизонтальными. Вода через них при остановке насосной станции перелиться не может. Саморегулирующийся канал обладает аккумулярующей способностью. Если он рассчитан на равномерный режим работы при расходе $Q_k = Q_{max}$, то при таком расходе свободная поверхность воды в нем будет параллельна его дну. При расходах $Q_k < Q_{max}$ и $Q_k > Q_{max}$ течение воды в канале будет неравномерным: в первом случае свободная поверхность образует кривую подпора, а во втором кривую спада (глубина воды у насосной станции будет меньше глубины воды в головной части канала). При работе канала с подпором возможно выпадение наносов. Режим работы насосной станции, вызывающий образование кривой спада в канале, не допускается, поскольку уменьшение глубины воды перед ней вызовет увеличение геодезической высоты подъема насосов и, как следствие, снижение их подачи, а также возможен размыв русла необлицованного канала. Саморегулирующийся канал должен иметь большую глубину, то есть затраты на его строительство из-за увеличения высоты берм могут быть значительными. Поэтому канал, который будет проходить в полувыемке-полунасыпи, иногда целесообразно с экономической точки зрения проектировать несаморегулирующимся.

При заборе воды из водохранилищ и каналов подводящие каналы обычно выполняют саморегулирующимися и никаких регулирующих сооружений не предусматривают. Уровень воды и форму свободной поверхности в этих каналах устанавливают в зависимости от уровня воды в источнике и подачи насосной станции. При пусках и остановках насосов в них возникают волновые движения. При проектировании каналов, забирающих воду из крупных водохранилищ, следует учитывать некоторые особенности их побережий: возникновение вдольбереговых течений воды, переформирование берегов и т. д. В головной части таких каналов могут осаждаться наносы, она может быть деформирована.

Воду из реки подводящими каналами забирают редко из-за большого содержания в ней наносов и неустойчивого русла (трудно возвести береговые или русловые водозаборные сооружения). Иногда подводящий канал можно использовать как отстойник для речных наносов. Длину его обычно принимают на основании технико-экономических расчетов местоположения здания насосной станции. Иногда длину и заглубление подводящего канала назначают из соображений иметь хорошее основание для этого здания. Подводящий канал осушительной насосной станции проектируют с учетом аккумулярования притока

воды с осушаемой территории для выравнивания режима ее работы и возможности установки однотипных насосов.

Поперечное сечение подводящего канала в большинстве случаев имеет трапециевидную форму. Канал полигонального сечения целесообразно прокладывать только в малоустойчивых грунтах. Размеры поперечного сечения определяют на основании расчетов.

Уменьшить сечение канала и фильтрационные потери воды из него, увеличить срок службы можно с помощью различных облицовок и покрытий. Наиболее широко используют следующие облицовки и покрытия:

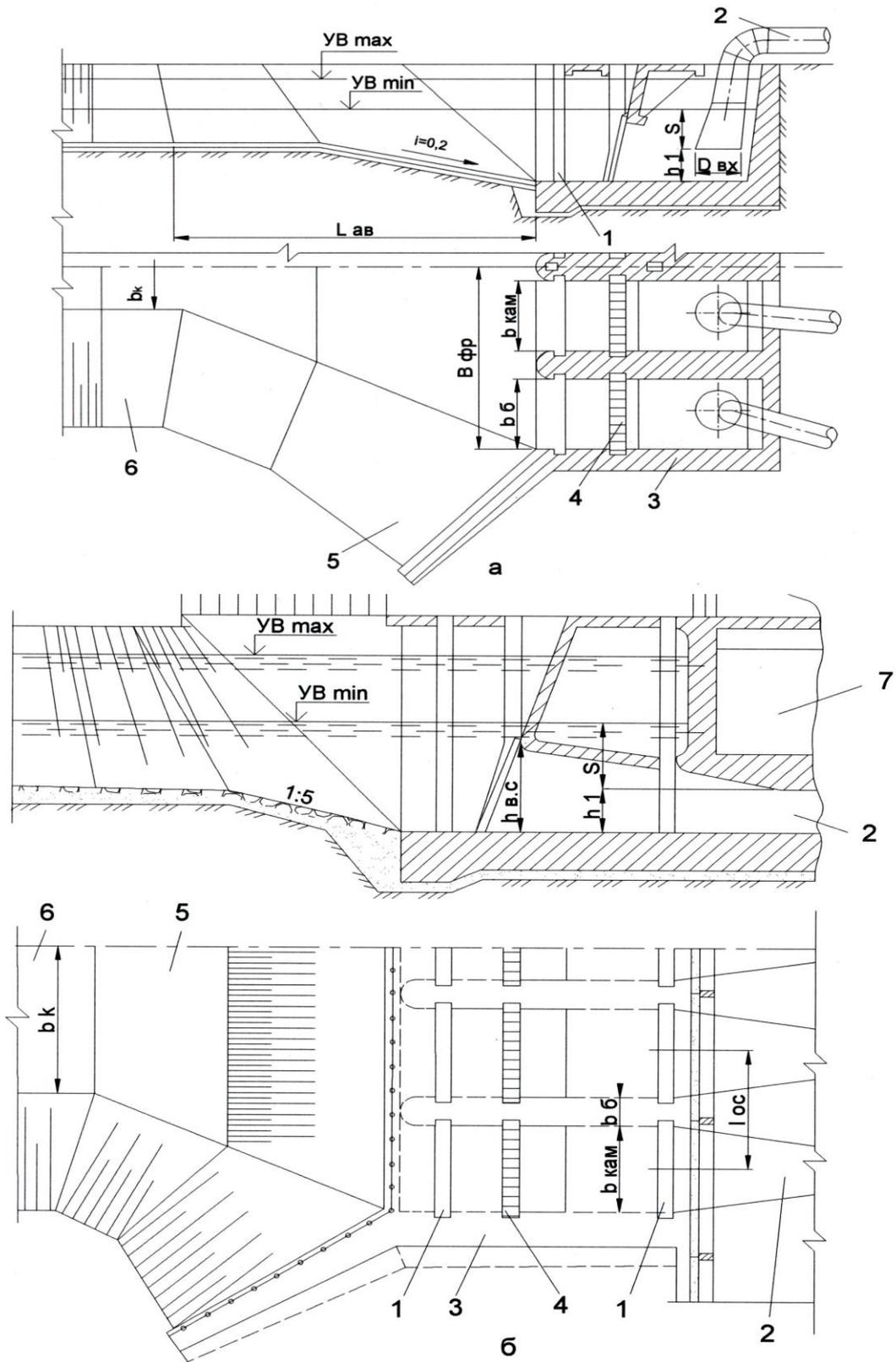
- каменную наброску, бетонные и железобетонные плиты для предотвращения разрушения откосов канала в результате действия волн и значительных скоростей течения воды;
- асфальтовые и битумные материалы, монолитный железобетон и сборные железобетонные плиты для предотвращения фильтрации воды из канала;
- цементную штукатурку для уменьшения шероховатости русл (обычно для скальных грунтов).

Применение того или иного типа облицовок и покрытий должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

4.5. Водозаборные сооружения на каналах

На тупиковых каналах устраивают береговые водозаборные сооружения (рисунок 4.3). Они включают в себя в общем случае подводящий канал, водоприемный оголовок (иногда называемый водоприемником) и аванкамеру. Подводящий канал является искусственным водотоком. Его можно отнести к водисточнику с легкими и иногда со средними условиями забора воды [25].

Водоприемный оголовок. В зависимости от подачи насосной станции, типа и конструкции насосов, их высоты всасывания водоприемный оголовок может быть выполнен отдельно от ее здания (раздельная компоновка) или совмещен с ним (совмещенная компоновка). В большинстве случаев он представляет собой железобетонный колодец, в который через входные отверстия из подводящего канала поступает вода. Входные отверстия устраивают, учитывая благоприятные условия забора воды из каналов, в передней стенке колодца в один ярус без порога. Водоприемник, разделенный быками на секции водоприемные камеры, называют камерным. Воду из секций забирают всасывающие трубы насосов. Число камер обычно принимают равным числу всасывающих труб насосов. Насосы подачей до $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ могут забирать воду из общей камеры.



а – выполненного отдельного со зданием насосной станции; б – совмещенного со зданием насосной станции; 1 – пазы ремонтных затворов; 2 – всасывающая труба насоса; 3 – водоприемника; 4 – наклонная сороудерживающая решетка; 5 – аванкамера; б – подводящий канал; 7 – здание насосной станции

Рисунок 4.3 – Схемы водозаборных сооружений на тупиковом канале

Ширина входного отверстия в водоприемной камере равна ее ширине $b_{\text{кам}}$ (рисунок 4.3,а). Значение $b_{\text{кам}}$ для насосов подачей до $2 \text{ м}^3/\text{с}$ увязывают с диаметром входного отверстия $D_{\text{вх}}$ всасывающей трубы, а для насосов подачей более $2 \text{ м}^3/\text{с}$ с шириной входного отверстия $D_{\text{вх}}$ всасывающей трубы. Диаметр $D_{\text{вх}}$ определяют по допустимой входной скорости воды, принимаемой в пределах $0,8...1 \text{ м/с}$, а длину водоприемного фронта камерного водоприемника главным образом по ширине $b_{\text{кам}}$.

Надежная и бесперебойная работа насосов, потери напора в водоприемнике в значительной мере зависят от размеров водоприемной камеры и правильного размещения в ней входной части всасывающей трубы.

Раздельную компоновку обычно имеют камерные водоприемники малых и средних насосных станций, оборудованных горизонтальными центробежными насосами, а при необходимости уменьшения вертикальных размеров водоприемника и крупных насосных станций, оборудованных вертикальными насосами типа ОП и В. Такая компоновка позволяет существенно уменьшить длину водоприемного фронта и ширину аванкамеры по сравнению с длиной здания насосной станции, а иногда и глубину заложения фундамента здания насосной станции камерного и наземного (незаглубленного) типа. Всасывающие трубы насосов выполняют удлиненными и, как правило, стальными.

Совмещенную компоновку (наиболее экономичное решение), как правило, имеют водоприемники насосных станций со зданиями блочного типа, оборудованными вертикальными насосами. Крупные лопастные насосы оснащают специальными всасывающими (подводящими) трубами. Трубы размещают в бетонном блоке подземной части здания. Конструкция водоприемника должна обеспечивать благоприятные условия входа потока воды в водоприемные камеры. Поэтому кромки всех элементов, образующих отверстия (быки, забральные стенки), должны быть закругленными, а поверхности проточной части гладкими. Водоприемник должен гарантировать надежный забор воды во всасывающие трубы и возможность отключения одних насосов без перерыва подачи воды другими. Во всасывающие трубы не должны попадать мусор, плавающие предметы, засасываться воздух.

Размеры водоприемной камеры отдельно стоящего водоприемника определяют в зависимости от диаметра входного отверстия $D_{\text{вх}}$ всасывающей трубы. Ширину камеры $b_{\text{кам}}$ принимают не менее $1,5D_{\text{вх}}$, но не более $2D_{\text{вх}}$ при скоростях входа воды во всасывающую трубу от $0,8$ до 1 м/с . Принятое значение $b_{\text{кам}}$ должно соответствовать ближайшему стандартному. Расстояние от входного отверстия вертикальной всасывающей трубы до дна камеры должно быть равно $0,8D_{\text{вх}}$. Длину водоприемной камеры для вертикальной всасывающей трубы, расположенной у ее задней стенки, назначают из условия размещения служеб-

ных мостиков, сороудерживающих решеток, ремонтных затворов, но не менее $3D_{\text{вх}}$, а для горизонтальной всасывающей трубы, входное отверстие которой расположено вертикально в плоскости задней стенки камеры, назначают не менее $2D_{\text{вх}}$ (см. рисунок 4.3, *а*). Расстояние между осями входных отверстий вертикальных всасывающих труб, забирающих воду из общей камеры, принимают не менее $3D_{\text{вх}}$, если обеспечен свободный подвод воды к каждой из них. Общая длина водоприемного фронта

$$B_{\text{фр}} = b_{\text{кам}} n + b_{\text{б}} (n - 1), \quad (4.2)$$

где $b_{\text{б}}$ – толщина быка, разделяющего соседние камеры, должна быть не менее 0,6 м; n – число камер.

Размеры водоприемной камеры водоприемника, совмещенного со зданием насосной станции, зависят от расстояния $l_{\text{ос}}$ между осями входных патрубков насосов. Ширина ее $b_{\text{кам}} = l_{\text{ос}} - b_{\text{б}}$.

Для здания насосной станции блочного типа ширина $b_{\text{кам}}$ не должна быть меньше ширины на входе всасывающей трубы коленчатого типа, рекомендуемой заводом-изготовителем для насосов типа О, ОП, В.

Заглубление S верхней кромки входного отверстия всасывающей трубы под минимальный уровень, воды в водоприемной камере зависит от его размеров и формы, условий подхода к нему потока воды и от размеров и формы водоприемной камеры. Значение S определяют из условия недопущения образования воронок и подсоса воздуха в насос. Для вертикальной или наклонной максимально придвинутой к задней стенке камеры всасывающей трубы с входным отверстием, расположенным параллельно поверхности воды, заглубление $S \geq (0,8...1) D_{\text{вх}}$, но не менее 0,5 м при скоростях входа воды в нее от 0,8 до 1 м/с (рисунок 4.3, *б*). Для горизонтальной всасывающей трубы с вертикально расположенным входным отверстием заглубление $S \geq (0,6...0,8) D_{\text{вх}}$, но не менее 0,4 м.

Значение S для вертикального входного отверстия (рисунок 4.4, *а*) следует уточнять по формуле:

$$S \geq 0,75v \sqrt{D} a, \quad (4.3)$$

где v – скорость воды во всасывающей трубе, м/с; D – диаметр всасывающей трубы, м; a – превышение верхней точки входного отверстия всасывающей трубы над верхней точкой ее сечения диаметром D , м.

Для всасывающих труб с прямоугольным входным отверстием значение $S \geq (0,6...0,8) h_{\text{вх}}$, где $h_{\text{вх}}$ – высота входного сечения.

Минимальное заглубление верха вертикально расположенных входных отверстий стандартных всасывающих труб крупных осевых и центробежных

насосов подачей $Q > 2 \text{ м}^3/\text{с}$, размещенных в зданиях насосных станций блочного типа (рис. 4.4, б) можно определить по формулам:

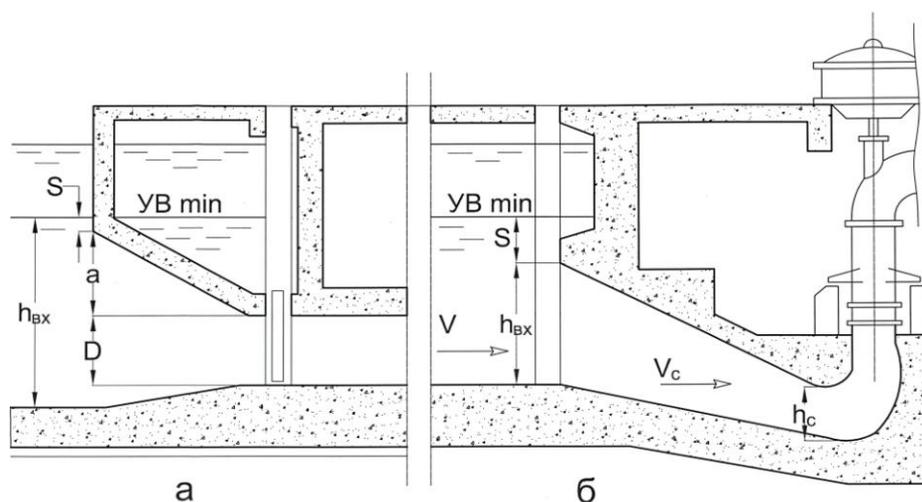
– при острых кромках входного отверстия $S \geq 0,6 h_{\text{вх}}$;

– при плавно закругленных кромках входного отверстия $S \geq 0,4 h_{\text{вх}}$, но не менее 0,4...0,5 м.

Полученное значение S для стандартных всасывающих труб таких насосов следует уточнять по формуле

$$S \geq 0,75 v_c \sqrt{h_c} \quad \text{а,} \quad (4.4)$$

где h_c – высота сжатого сечения перед коленом всасывающей трубы, м;
 v_c – средняя скорость воды в сжатом сечении, м/с; a – разность отметок верхних точек входного отверстия и сечения всасывающей трубы, м.



а – при расходе до $2 \text{ м}^3/\text{с}$; б – при расходе более $2 \text{ м}^3/\text{с}$

Рисунок 4.4 – Схема для определения заглубления входных отверстий всасывающих труб

При больших заглублениях рабочих колес крупных вертикальных лопатных насосов целесообразно всасывающие трубы прокладывать с подъемом в сторону водоприемника с целью уменьшения значений S , улучшения гидравлического режима водозаборного сооружения и уменьшения его стоимости.

Водоприемники мелиоративных насосных станций оборудуют грубыми сороудерживающими решетками и ремонтными затворами плоскими поверхностными или глубинными. Затворы размещают в специальных пазах. Решетки можно устанавливать вертикально или наклонно под углом $70...80^\circ$ к горизонту. Наклонным решеткам следует отдавать предпочтение. Они могут иметь любую площадь. Их применяют при глубине водоприемника до 10 м. При большом количестве плавающего сора в водисточнике иногда целесообразно использо-

вать выносные наклонные решетки. Их размещают перед оголовками быков сплошным фронтом. Сороудерживающие решетки можно устанавливать и в специальном отдельно расположенном сороудерживающем сооружении (СУС). Наклонные решетки очищают специальными решеткоочистными машинами (РОМ).

Площадь входных отверстий водоприемников мелиоративных насосных станций на тупиковых каналах следует определять по допустимым скоростям течения воды $v_{\text{реш}}$ при подходе к грубым сороудерживающим решеткам. При заборе воды из малозасоренных каналов и ручной очистке решеток принимают $v_{\text{реш}} \leq 0,5$ м/с, механической очистке $v_{\text{реш}} \leq 1$ м/с, при заборе воды из засоренных каналов и механической очистке решеток $v_{\text{реш}} \leq 0,8$ м/с.

В водоприемных камерах следует устанавливать плоские ремонтные затворы, если насосы расположены ниже уровня воды в канале. Поднимают и опускают их при выравненных (с помощью перепускных устройств) уровнях воды до и после затвора. Для обслуживания сороудерживающих решеток и затворов обычно предусматривают передвижные грузоподъемные механизмы подвесные тельферы, мостовые, козловые и полукозловые краны, передвигающиеся по специальным рельсам.

Водоприемник должен быть выше пристанционной площадки или берм канала на 0,1...0,15 м, а пристанционная площадка выше максимального уровня воды в канале на 0,4...0,7 м при расходах 10...100 м³/с.

Аванкамера. В большинстве случаев это симметрично расширяющаяся часть канала, выполненная с откосными стенками по типу диффузора (см. рисунок 4.2). Она сопрягает тупиковый подводный канал с водоприемным оголовком насосной станции и создает гидравлически благоприятные условия для подвода воды к входным отверстиям водоприемника. Чтобы избежать нежелательного отложения наносов в аванкамере, ее делают короткой с центральным углом конусности до 45°. Чтобы сократить размеры аванкамеры в плане, следует максимально уменьшать длину фронта водоприемника. Дно водоприемника сопрягают с дном подводного канала также в пределах аванкамеры. Как правило, оно находится ниже дна канала, поэтому концевому участку дна аванкамеры следует придавать положительный уклон $i = 0,2$.

Часто откосы аванкамеры сопрягают с боковыми устоями водоприемника обратными стенками (открылками), реже ныряющими стенками. Открылок обычно устанавливают под углом 90° к подошве бокового откоса аванкамеры, чтобы длина его была наименьшей. Ныряющую стенку ориентируют вдоль подошвы бокового откоса аванкамеры. Недостаток сопряжения ныряющей стенкой несколько ухудшаются гидравлические условия входа потока воды в крайние водоприемные камеры водоприемника.

При поступлении в подводящий канал насосной станции большого количества сора в аванкамере на расстоянии от оголовков быков водоприемника не менее чем две ширины его водоприемной камеры можно размещать специальное сороудерживающее сооружение СУС. Решетки в СУС лучше устанавливать под углом $75...80^\circ$ к горизонту, сплошным фронтом для облегчения его очистки. Входные отверстия водоприемника следует оборудовать грубыми решетками. Аванкамеру перед СУС обычно выполняют с горизонтальным дном при углах конусности $40...45^\circ$, но для улучшения растекания потока можно и с обратным уклоном. Длину ее определяют из условия сопряжения подводящего канала с СУС, а длину фронта СУС по допустимым скоростям течения воды в решетках. За СУС стенки аванкамеры могут быть откосными или вертикальными. Длина участка аванкамеры за СУС зависит от условий его сопряжения с водоприемником насосной станции. Уклон дна аванкамеры за СУС следует принимать не более 0,2.

Если длина фронта СУС равна длине водозаборного фронта водоприемника, то боковые стенки аванкамеры за СУС будут параллельны.

Контрольные вопросы к главе 4:

1. Какие функции выполняет водозаборное сооружение насосной станции? Каким оборудованием его следует оснащать?
2. Какие типы водозаборных сооружений применяют на реках? Чем они отличаются от аналогичных сооружений на каналах?
3. Из каких элементов состоит водозаборное сооружение насосной станции на тупиковом канале?
4. В каких случаях применяют совместную компоновку водозабора со зданием?
5. В каких случаях применяют отдельную компоновку водозабора со зданием?
6. Из каких условий определяется величина S – заглубления верхней кромки входного отверстия всасывающей трубы под минимальный уровень, воды в водоприемной камере?
7. Какие функции выполняет аванкамера, в чем особенности её проектирования?

5. РЫБОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА

5.1. Основы обеспечения защиты молоди рыб от попадания в водозаборные сооружения

Использование водных ресурсов для различных хозяйственных целей оказывает как прямое, гибель рыб при водозаборе, так и опосредованное воздействие на водоисточник, как сложную природную систему, характеризуемую множеством взаимосвязанных гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических параметров. В этой связи одной из актуальных проблем современного водохозяйственного строительства является создание конструкций рыбозащитных сооружений (РЗС) и устройств (РЗУ) способных обеспечить эффективную защиту молоди рыб от попадания в водозаборы различного назначения и конструкций. Гибель молоди рыб, при отсутствии или низкой эффективности РЗС на водозаборах, может во много раз превышать объёмы искусственного воспроизводства рыб на нерестово-рыбоводных предприятиях.

При проектировании рыбозащитных сооружений необходимо знание особенностей покатных миграций и распределения молоди в водотоке, закономерностей и причин попадания молоди рыб в водозаборные сооружения [34].

Покатные миграции (скат) молоди совершаются вниз по течению от мест нереста к местам нагула, они бывают *пассивные* и *активные*. При пассивных миграциях перемещение рыб осуществляется за счет энергии потока, в этот период молодь безразлична к потоку и не совершает активных движений. За время активных миграций молодь не только перемещается потоком, но и сама двигается в водном пространстве. Нередко встречается смешанный тип миграции – активно-пассивный. В этом случае рыбы ориентированы головой против течения, сопротивляясь потоку, сносятся им вниз.

При оценке гидравлических условий в зоне водозаборного сооружения важным является знание соотношений скоростей течения потока в этой зоне и скоростей плавания рыб, т.е. оценка физических возможностей рыб на способность ориентации в данных условиях. Установлено, что скорость движения рыб зависит от продолжительности плавания, и ограничивается энергетическими возможностями рыб.

Ориентация рыб в потоке воды осуществляется в основном при помощи двух органов чувств: зрения и осязания. Для большинства видов рыб зрительный механизм ориентации является ведущим. Для его проявления необходимо наличие ориентиров и достаточный уровень освещенности. Зрительный механизм ориентации наиболее развит у пелагических (поверхностных и глубинных) рыб, а слабее всего у донных.

Основными показателями интенсивности ската молоди рыб и, соответственно, попадания их в водозаборы, являются сезонная и суточная неравномерность (ритмика).

Сезонная ритмичность, т.е. изменение интенсивности ската, в течение сезона, которая в частности, характеризуется увеличением интенсивности попадания рыб в весенне-летний период. На характер сезонного ритма попадания рыб в водозаборы также влияют: сроки и интенсивность покатной миграции молоди; стадии развития скатывающих рыб; гидрологический режим водотока; место расположения водозабора (верховые и устьевые участки рек).

В реках скат молоди длится обычно 2-3 месяца, из водохранилищ круглогодично.

Суточная ритмика – изменение, в течение суток, интенсивности ската связана с суточной ритмикой жизнедеятельности рыб, а также с уровнем освещенности и характерна для водоемов с относительно прозрачной водой и характеризуется резким возрастанием попадания молоди в сумеречное время (с 21 до 3-4 часов ночи) в десятки раз.

Немаловажную роль в оценке условий для выбора места водозабора играет пространственное распределение рыб – изменение концентрации молоди рыб в период ската по глубине (вертикальное) и в поперечном сечении (горизонтальное), которое зависит от размерно-видового состава рыб, гидравлических и топографических условий в водотоке.

Распределение молоди в водохранилищах и озёрах изучено недостаточно, однако, для нереста наиболее благоприятны верхние и средние участки русловых водохранилищ, они же являются и местом нагула молоди. На распределение молоди большое влияние оказывают ветровые течения, гидрохимические и температурные условия.

В каждом случае распределение молоди определяется условиями питания и защиты от хищников. Суточные вертикальные миграции молоди, как правило, связаны с перемещением кормовых организмов.

Среди других причин, влияющих на попадание рыб в водозаборные сооружения на водотоках, отмечаются следующие:

- сроки и интенсивность покатной миграции молоди;
- стадии развития скатывающих рыб;
- гидрологический режим водотока;
- место расположения водозабора (верховые или устьевые участки рек);
- место размещения приемных окон или всасывающих оголовков (в зоне вероятного нахождения молоди рыб).

В водохранилищах и озерах может иметь место иной (порой случайный) характер попадания рыб, не связанный с покатной миграцией. При этом опре-

деляющими факторами для перемещения молоди являются водохранилищные и ветровые течения.

Рассматривая методологический аспект решения задач защиты рыб от попадания в водозаборы, следует руководствоваться принципами рыбозащиты – как категорией понятий, отражающих комплексный подход к оценке проблемы. Различают принципы экологический, поведенческий, физический [23].

Принцип рыбозащиты экологический - базируется на использовании закономерностей, связанных с образом жизни рыб (распределением, миграциями) и особенностями их попадания в водозаборное сооружение.

Принцип рыбозащиты поведенческий - предусматривает использование поведенческих реакций рыб на те, или иные раздражители (свет, звук, механические преграды, электрическое поле и др.).

Принцип рыбозащиты физический, основывается на использовании ряда физических явлений (разность плотности воды и рыб, механическое задержание и др.) при условии сохранения жизнеспособности рыб.

5.2. Классификация рыбозащитных сооружений и устройств

Современная классификация рыбозащитных устройств [19] основывается на понятиях: вид рыбозащиты, группа и тип РЗУ, которые отражают общую структуру систематизации существующих конструкций.

Вид рыбозащиты основывается на комбинации принципов рыбозащиты (экологического, поведенческого, физического) и определяет механизм взаимодействия рыб (ориентация, реакция и др.), водной среды и сооружения.

Все рыбозащитные сооружения разделяются на заградительные, оградительные, перераспределяющие, направляющие и комплексные.

К заградительным относится группа сооружений, создающих непреодолимую преграду для рыб на всех стадиях их развития путем формирования соответствующих гидравлических условий или элементами конструкции (поведенческий и физический принципы).

Оградительные, ограждают (отгораживают) зону обитания рыб от зоны влияния водозаборного сооружения (поведенческий и экологический принципы).

Перераспределяющие, обеспечивающих принудительное перераспределение рыб путем изменения структуры потока, таким образом, направляя их за пределы опасной зоны или в рыбоотвод (физический и поведенческий принципы).

Направляющие, используют отрицательную реакцию рыб на изменение различных факторов среды, при этом изменения носят градиентный характер,

усиливающийся в сторону опасной зоны водоема (поведенческий и экологический принципы).

Все большее распространение получают рыбозащитные сооружения, включающие несколько этапов защиты рыб с последовательным использованием различных типов сооружений или их комбинацию в одном устройстве, такие сооружения называются *комплексными*.

Такая группа включает несколько типов РЗУ объединенных общностью рабочих органов, выполняющих рыбозащитные функции или используемых эффектов. Например, рабочий орган сетка – сетчатые, используется электрическое поле – электрические и т.д.

Тип рыбозащитного сооружения отражает состав, форму и размещение элементов данного технического решения. Например, РЗУ типа плоская сетка или сетчатый барабан, фильтрующая кассета и т.д.

5.3. Мероприятия и конструкции средств защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения

Анализ средств защиты рыб, которые могут быть использованы при водозаборе целесообразно начать со способов, основанных на экологическом принципе рыбозащиты, так как эти решения не имеют инженерного, конструкторского воплощения.

Экологические способы защиты рыб базируются на всесторонних и многолетних биологических исследованиях особенностей миграций и распределения рыб в реках, экологического районирования озер и водохранилищ, но по форме своей реализации они носят скорее профилактический характер. Применение экологических способов защиты заключается в обоснованном расположении в водоеме водозаборных сооружений, их приемных окон или всасывающих оголовков и установлении режима эксплуатации водозабора.

При использовании экологического принципа рыбозащиты в зависимости от вида регулирования водоотбора следует рассматривать следующие мероприятия:

– *при регулировании водоотбора по акватории водоема* – размещение водозаборов вне районов нерестилищ, зимовальных ям; ограничение водоотбора в местах нагула и на путях миграции молоди; ограничение водоотбора в устьевых участках и дельтах рек, в местах впадения притока в водохранилища и озера.

– *при зональном регулировании водоотбора* – ограничение водоотбора из литоральной зоны; применение оголовков с переменной зоной водоотбора; ограничение водоотбора по вогнутому берегу излучин рек.

– при вертикальном регулировании водоотбора – размещение оголовков в горизонте с минимальной концентрацией рыб; применение оголовков с переменной глубиной забора воды.

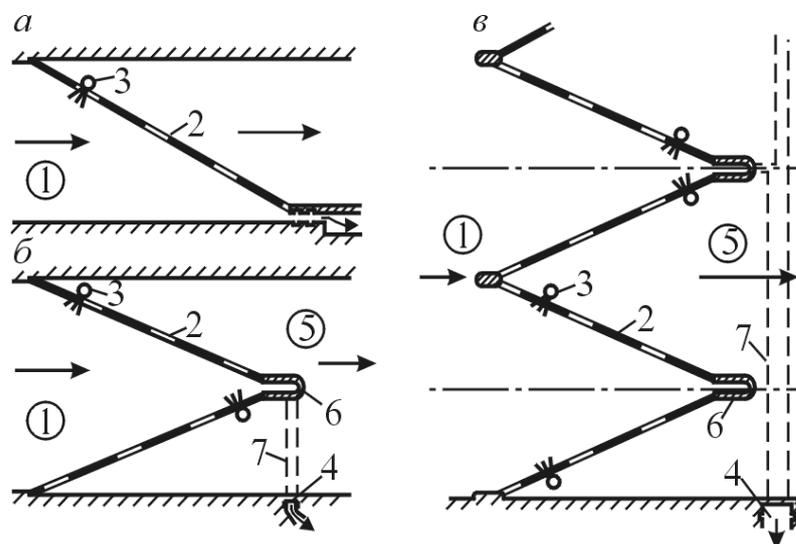
– при суточном регулировании водоотбора – ограничение водоотбора в сумеречно-ночное время суток; создание бассейнов суточного регулирования.

– при сезонном регулировании водоотбора – ограничение водоотбора во время максимального попадания молоди; создание бассейнов межсуточного регулирования.

Заградительные сооружения и устройства – это самый разнообразный, по количеству конструктивных решений, вид защиты рыб, который основан на использовании различных комбинаций физического, поведенческого и экологического принципов, включает группы сетчатых и фильтрующих устройств.

Сетчатые рыбозащитные сооружения и устройства (защитный экран – в виде сетки или перфорированной поверхности) составляют самую многочисленную, как по количеству (до 70% от всех РЗУ), так и по разнообразию применяемых конструкций, часть современного арсенала РЗУ.

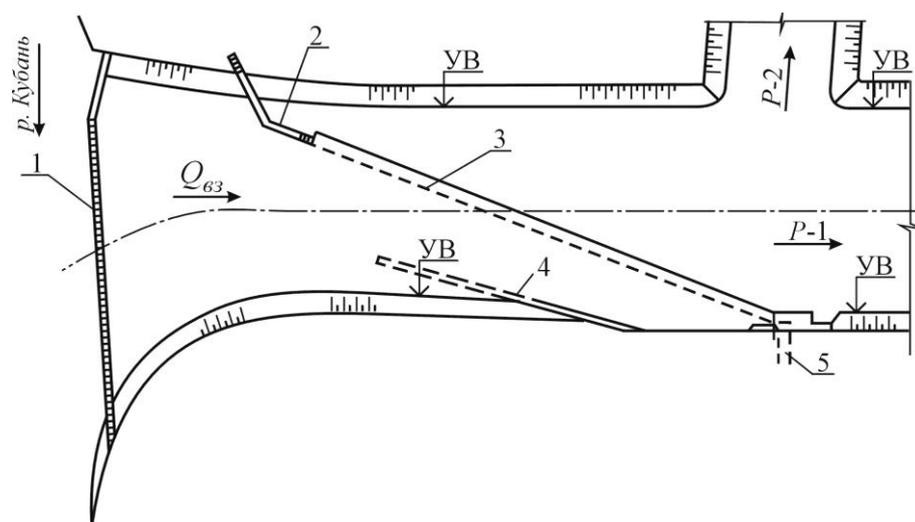
Плоская сетка с рыбоотводом. Плоская сетка с рыбоотводом, в соответствии со СП 2.06.07-87 является составной частью различных компоновочных схем рыбозащитных сооружений, представленных на рисунке 5.1.



а – односекционная с береговым рыбоотводом; б – V-образная с центральным рыбоотводом; в – W-образная с рыбоотводом в каждой секции;
1 – аванкамера; 2 – сетчатый экран; 3 – промывное устройство; 4 – лоток рыбоотвода; 5 – аррьеркамера; 6 – оголовок рыбоотвода; 7 – донная галерея

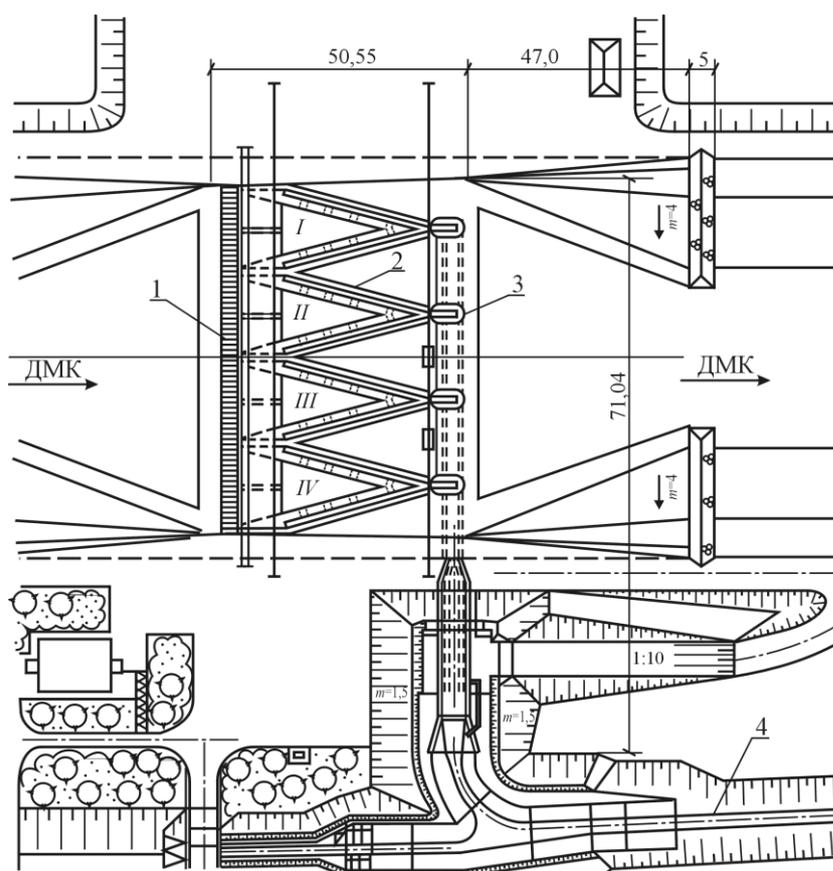
Рисунок 5.1 – Схема компоновок плоской сетки с рыбоотводом

Особенности конструкций и условия использования плоской сетки с рыбоотводом рассмотрены на примерах водозаборов различных по своему назначению, конструкции и подачи (рисунки 5.2 и 5.3).



- 1 – сороудерживающая решетка; 2 – глухая стенка сопряжения;
3 – сетчатый экран РЗУ; 4 – ныряющая стенка; 5 – рыбоотвод

Рисунок 5.2 – Компоновка плоской односекционной сетки на мелиоративном водозаборе, $Q = 42 \text{ м}^3/\text{с}$



- 1 – сороудерживающие решетки; 2 – рыбозащитные сетки;
3 – рыбоотводящие галереи; 4 – открытый рыбоотводящий канал

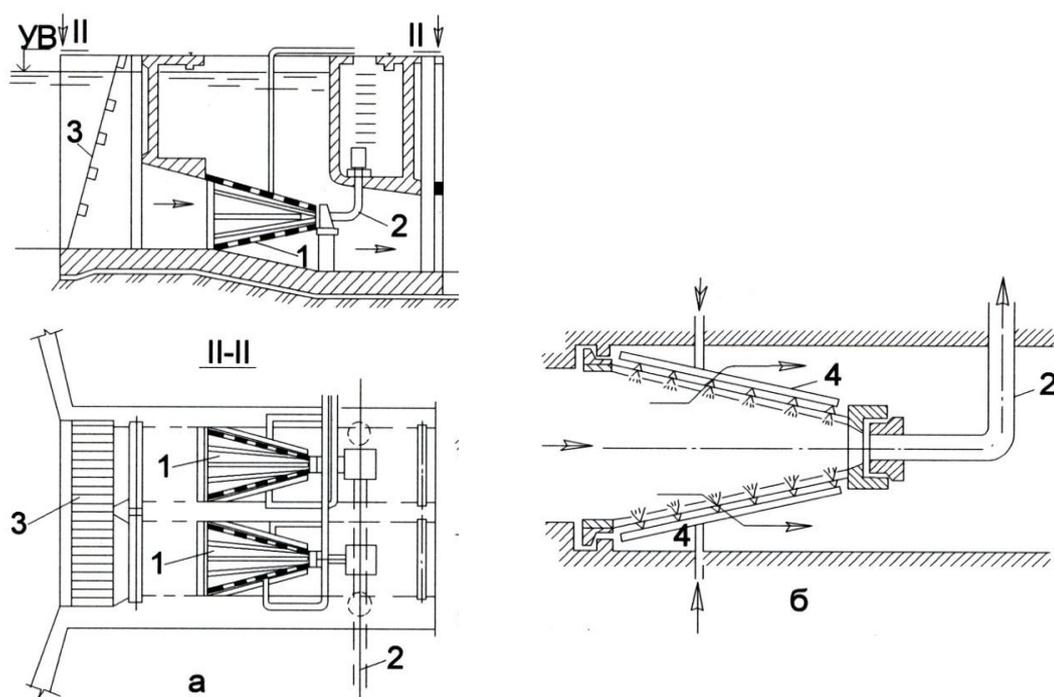
Рисунок 5.3 – Рыбозащитное сооружение типа плоской W-образной сетки на мелиоративном водозаборе, $Q = 250 \text{ м}^3/\text{с}$

Как видно из приведенных схем рыбозащитные сооружения такого типа являются отдельными сооружениями и размещаются на подводящих каналах насосных станций.

Плоскость полотна сетки устанавливается под углом $15...17^\circ$ к оси подводящего потока. Максимальная длина сетчатого экрана в направлении движения потока принимается не более 25 м. Сетчатый экран составляется из рам, вставляемых в пазы металлической или железобетонной несущей конструкции эстакады, на которой размещается служебный мост и оборудование для перемещения подъемных механизмов и промывных устройств. Расчетный расход рыбоотвода не должен превышать 10% от расхода воды на водопользование.

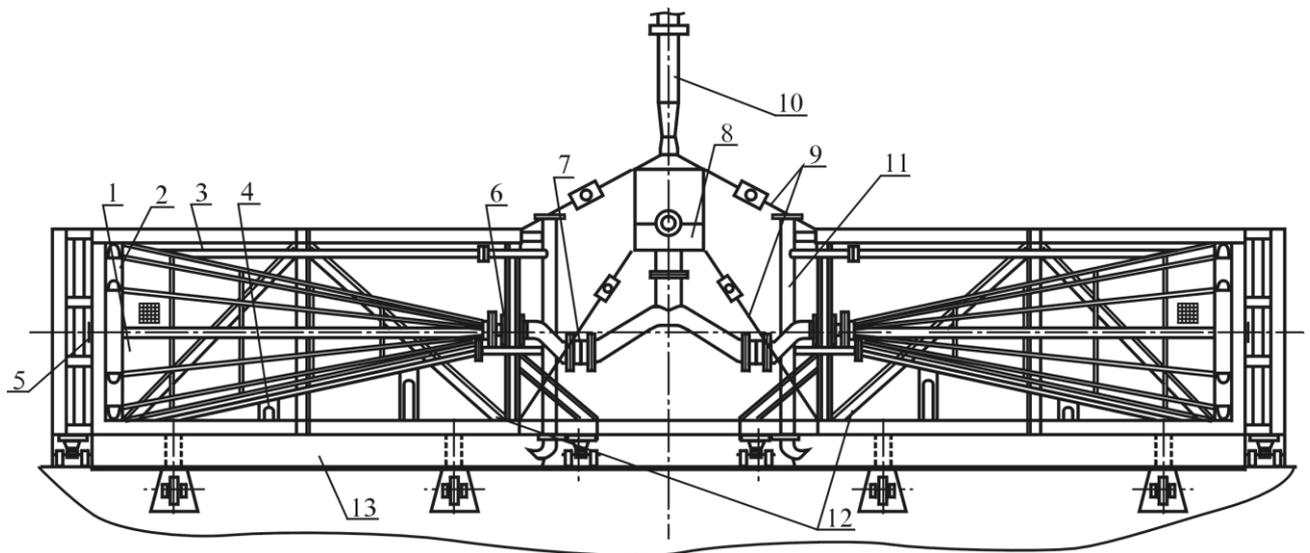
Конусная сетка с рыбоотводом представляет собой сетчатый усеченный конус, вращающийся с помощью привода вращения, промывного устройства в виде водоструйной флейты и рыбоотвода. Большее основание конуса устанавливается на течение и является водоприемной частью, а меньшее – местом размещения рыбоотводящего устройства.

Устройство устанавливается в стационарных условиях водозаборной камеры (рисунок 5.5, а), в напорном водоводе (рисунок 5.5, б) и на плавучих насосных станциях (рисунок 5.6).



а – в водозаборной камере; б – в напорном водоводе
1- конусная сетка; 2-рыбоотвод; 3- сороудерживающая решетка;
4- промывная флейта

Рисунок 5.5 – Схемы установки конусного рыбозащитного устройства



1 – конусная сетка; 2 – турбина механизма вращения конуса; 3 – линия подачи воды к механизму вращения; 4 – промывное устройство; 5 – опорные подшипники; 6 – рыбоотвод; 7 – гибкая муфта; 8 – рыбоперекачивающее устройство; 9 – тросовые растяжки; 10 – коллектор рыбоотвода; 11 – коллектор питания промывных устройств; 12 – каркас; 13 – несущая рама

Рисунок 5.6 – Конусное рыбозащитное устройство для плавучей насосной станции

Устройство работает следующим образом: вода, преодолев сороудерживающую решетку, поступает через водоприемную часть (большее основание) в сетчатый конус и далее, сквозь сетчатое полотно боковой поверхности, продвигается к водоприемнику насосной станции. Поступающие в сетчатый конус молодь рыб и мелкий мусор под влиянием транзитного тока воды, пограничного слоя от вращения конуса и струй промывного устройства перемещаются к меньшему основанию и направляются в рыбоотвод.

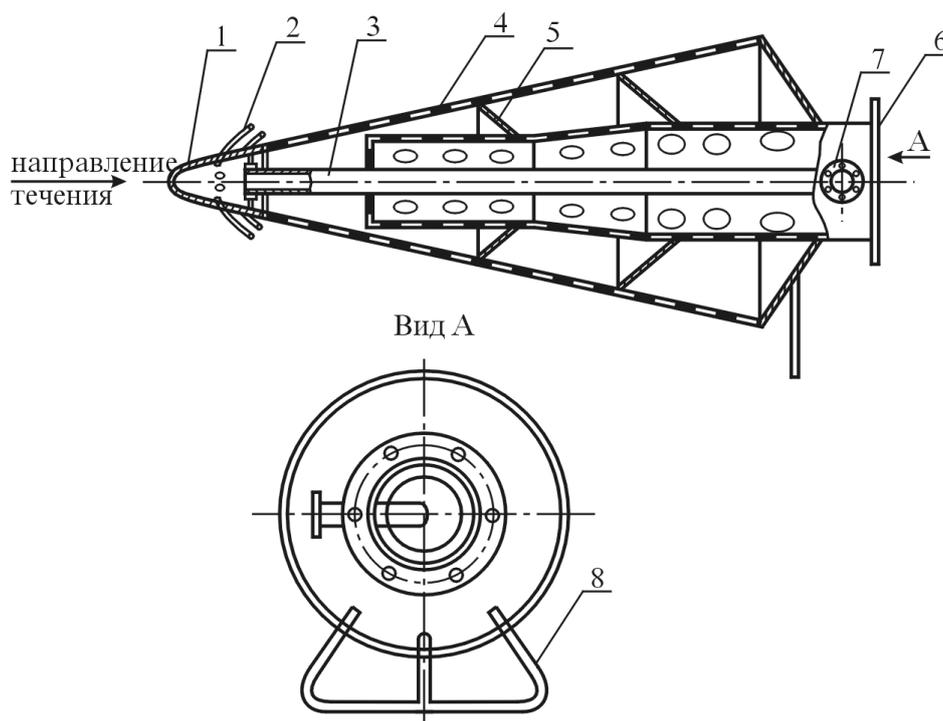
Особенностью устройства являются конструкции привода вращения, промывки и рыбоотвода. Механизм вращения, расположенный у большего основания конуса, представляет собой систему лопаток, размещенных по контуру опорного колеса, и гидравлических насадок, закрепленных на корпусе. Струи воды, под напором истекающие из насадок, взаимодействуя с лопатками турбинного колеса, обеспечивают вращение сетчатого конуса.

Промывное устройство в виде водоструйной флейты расположено вдоль образующей конуса с двух сторон таким образом, что способствует продвижению мусора и молоди к рыбоотводу.

Рыбоотвод принудительного типа состоит из приемного трубопровода, размещенного у малого основания конуса, и рыбоперекачивающего устройства в виде эжектора или рыбонасоса.

Рыбозащитное устройство для насосных станций выполняется в виде двух модулей, представляющих собой сетчатые конусы, размещенные в лотках, которые с помощью упоров шарнирно крепятся к корпусу насосной станции. Торцевые части лотков с одной стороны являются водоприемниками, а с другой размещается рыбоотвод. Боковой поверхностью, имеющей водоприемные окна, с помощью коробов лотки крепятся к отверстиям водоприемников насосной станции.

Рыбозащитный оголовок с потокообразователем (рисунок 5.7) и рекомендуется для передвижных насосных станций с расходом до $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$.



- 1 – потокообразователь; 2 – насадки потокообразователя; 3 – водовод потокообразователя; 4 – перфорированный рыбозащитный экран; 5 – корпус с перегородками; 6 – фланец к всасывающему водоводу; 7 – фланец к водоводу потокообразователя; 8 – опорная дуга

Рисунок 5.7 – Рыбозащитный оголовок с потокообразователем РОП

Принцип работы РОП заключается в следующем: при включении насосной станции вода из водисточника поступает через перфорированную боковую поверхность конуса в его внутреннюю полость и через отверстия корпуса во всасывающий водовод насоса, а далее через насос в напорный водовод. Одновременно часть расхода из напорного водовода (или отдельного насоса) через трубопровод питания потокообразователя поступает к его насадкам. Из насадок вода истекает в виде системы осесимметричных струй, образуя рыбоотводящий поток вокруг перфорированного конуса. Следует отметить, что наряду с вы-

полнением рыбоотводящих функций гидравлические струи являются составной частью механизма защиты молоди рыбы.

Одним из условий применения РОПа является установка его на поток вершиной вверх по течению с заглублением под минимальный уровень на 0,2–0,5 м и на минимальном расстоянии от дна водоисточника равном 0,5 м. Допускается также групповое применение РОП при расходах насосных станций кратных расходам отдельных типоразмеров.

Фильтрующие рыбозащитные сооружения составляют многообразную и достаточно распространенную группу конструкций. К ним относятся различного рода объемные фильтры в виде каменно-набросных дамб, кассет с фильтрующим наполнителем (щебень, керамзит, пластмассовые шарики и др.), панелей из фильтрующего материала и т.д.

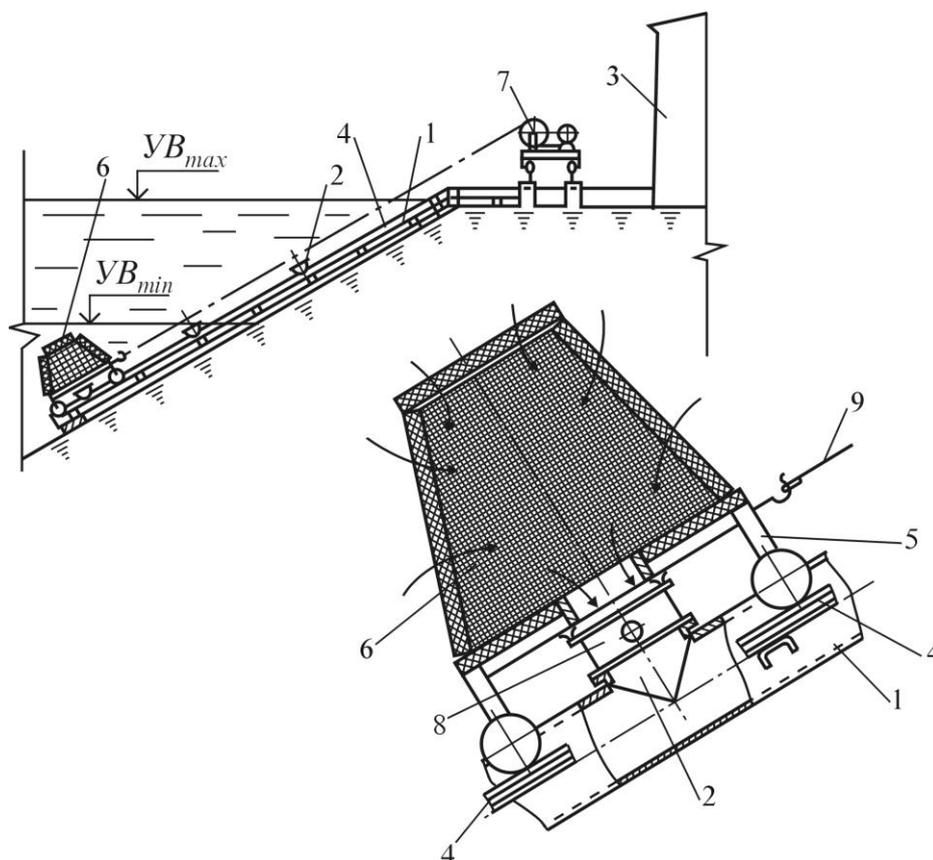
Фильтрующие кассеты представляют собой пространственную раму с решетчатыми стенками, наполненную фильтрующим материалом (щебень, керамзит и др.). Кассеты бывают панельными и насыпными, они устанавливаются в пазы быков, таким образом, заграждая путь молоди к водоприемникам насосных станций. В отличие от насыпных панельные фильтрующие кассеты удобны и надежны в эксплуатации, а разнообразие конструкций позволяет использовать их в самых различных условиях.

Для борьбы с засорением, кольматацией и обрастанием кассет их фильтрующий материал должен периодически (не реже 1 раз в месяц) промываться и просушиваться, что является основной сложностью в использовании фильтрующих кассет.

На рисунке 5.8 приведена схема водозабора оборудованного фильтрующим устройством, представляющим собой объемную кассету в виде усеченной пирамиды, образованную двойными сетчатыми стенками, пространство между которыми заполнено фильтрующим материалом (гравий или керамзит). Кассета установлена на тележке и перемещается с помощью лебедки и троса по направляющим, расположенным вдоль всасывающего трубопровода по откосу канала. Соединение РЗУ с приемным патрубком выполняется посредством специального уплотнения. Всасывающий водовод оборудован несколькими приемными патрубками, расположенными на разной глубине.

Промывка кассеты осуществляется после подъема на откос в надводном положении из напорного шланга, при сильном обрастании и кольматации фильтрующий материал заменяется.

Вместе с тем ихтиологические пробы, взятые в месте установки кассет, скорость течения потока в районе РЗУ (0,20–0,35 м/с) и результаты обследования кассет после подъема на поверхность свидетельствуют о низкой травмируемости рыб.



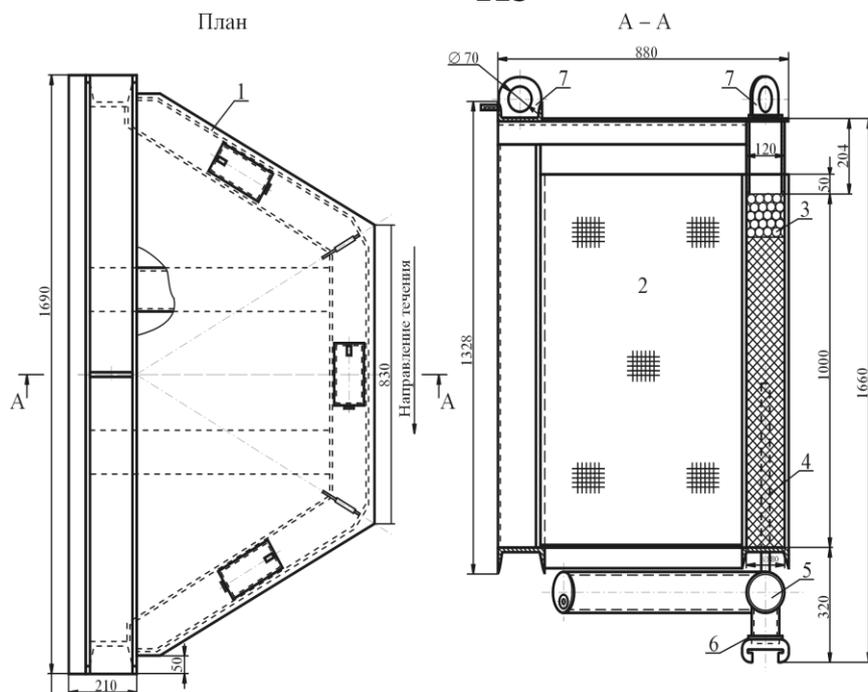
1 – всасывающий трубопровод; 2 – приемный патрубок; 3 – насосная станция; 4 – направляющие для движения тележки; 5 – тележка; 6 – фильтрующая объемная кассета; 7 – тяговая лебедка; 8 – клапан; 9 – трос

Рисунок 5.8 – Компоновка и конструкция фильтрующего РЗУ на унифицированном водозаборе

В настоящее время получают широкое распространение насыпные фильтрующие кассеты с наполнителем в виде пластмассовых шариков из полиэтилена диаметром 10–40 мм. Пластмассовые шарики могут иметь как отрицательную, так и положительную плавучесть, что позволяет уменьшить вес и увеличить размеры кассеты (до 2×4 м), их применение облегчает промывку, а кассеты в меньшей степени обрастают и кольматируются.

Конструкция фильтрующей кассеты с наполнителем из пластмассовых шариков диаметром 20 мм с отрицательной плавучестью реализована на водозаборе производительностью 5,1 м³/с, напором 32,0 м (рисунок 5.9).

Водоприемник представляет собой металлический раструб, установленный на железобетонной плите. В составе водозабора четыре водоприемника. Забор воды осуществляется водоприемными окнами, оборудованными рыбозащитными кассетами с объемными фильтрами.



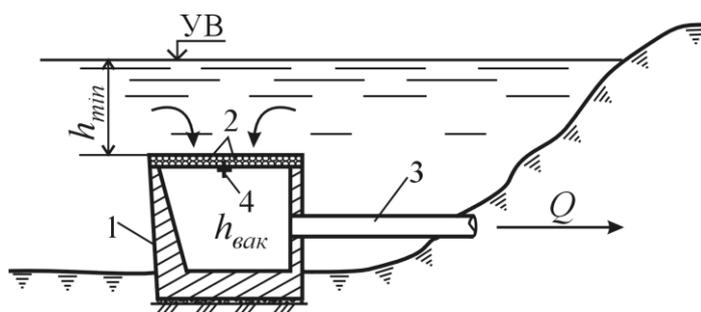
1 – корпус кассеты; 2 – фильтрующая поверхность; 3 – пластмассовые шарики; 4 – промывной насадок; 5 – промывной коллектор; 6 – соединительный патрубок коллектора; 7 – такелажные петли

Рисунок 5.9 – Фильтрующая кассета с гидравлической промывкой

Принцип работы кассеты основывается на том, что в рабочем состоянии шарики (тяжелее воды) располагаются в нижней части фильтрующего пространства, при этом верхняя часть кассеты, перекрыта глухой панелью и остается пустой. В процессе промывки вода, поступающая из промывного коллектора через систему коротких и длинных насадок в виде импульсных струй, приводит шарики в движение которые, поднимаясь, занимают верхнее пространство кассеты. При перемешивании шарики очищаются, а обратный ток воды от насосов отводит мусор за пределы водоприемника.

Порозласт – это блочный материал, состоящий из инертных наполнителей (гравий, керамзит и др.) и полимерного связующего (полиэтилен). Порозластовые фильтры успешно зарекомендовали себя в качестве элементов рыбозащитных устройств различных водозаборов. Порозластовые плиты для рыбозащитных устройств изготавливаются из гравия крупностью 10-12; 12-14; 14-16 и 16-20 мм в зависимости от допустимых подходных скоростей потока и производительности водозабора.

Рыбозащитные сооружения с порозластовыми фильтрами выполняются как стационарными, так и плавающими, компоновка фильтров осуществляется в соответствии с условиями водоотбора. В качестве примера на рисунке 5.10 приведена компоновочная схема водоприемника с горизонтально расположенными порозластовыми фильтрующими плитами.



1 – приемная камера; 2 – порозластовые плиты; 3 – водовод; 4 – опорные элементы

Рисунок 5.10 – Схема водоприемника с порозластовым рыбозащитным экраном

В отличие от заградительных, перекрывающих пути перемещения рыб к водозабору, оградительные сооружения отделяют (ограждают, отгораживают) область обитания и транзитного перемещения рыб от зоны влияния водозабора. Особенностью этого вида сооружения является их зависимость от гидравлических условий в зоне водозабора. В одном случае это максимальное использование благоприятных для условий рыбозащиты гидравлических параметров потока (зонные и забральные), в другом – формирование необходимых гидравлических условий, предотвращающих или уменьшающих возможность контакта молоди с элементами сооружений (гидродинамические).

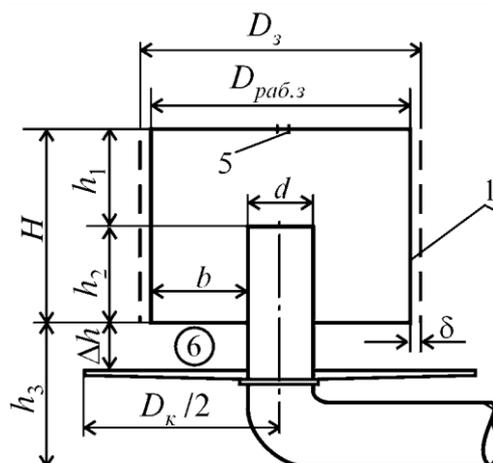
Зонтичные рыбозащитные оголовки Укргипроводхоза рекомендуется применять на водозаборах из водохранилищ с расходом до $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

Зонтичный оголовок представляет собой цилиндр с крышкой или короб из водонепроницаемого материала (дерево, металл, бетон), монтируемый в виде колпака на всасывающую трубу, установленную вертикально. Конструктивная схема зонтичного оголовка представлена на рисунке 5.11.

Механизм защиты молоди рыб зонтичных РЗУ основан на использовании закономерностей формирования факела всасывания у водозаборных оголовков насосных станций. Установка зонтичного колпака позволяет создать такие гидравлические условия, при которых молодь рыб, попавшая в зону влияния водозабора, может свободно ее покинуть.

В условиях интенсивных шуголедовых явлений и движения наносов, а также значительной концентрации молоди донных рыб предусматривается донный козырек. Конструкцию зонтичного РЗУ с козырьком рекомендуется устанавливать на водозаборах систем водоснабжения.

При размещении РЗУ в транзитном потоке зонтичный колпак устанавливается смещенным вниз по течению относительно оси всасывающего трубопровода.



- 1 – зонтичный колпак; 2 – всасывающий водовод; 3 – воздуховод;
 4 – отверстия рыбоотвода; 5 – отверстие для выхода остаточного воздуха;
 6 – защитный козырек

Рисунок 5.11 – Конструкция зонтичного РЗУ

Важным условием применения зонтичных РЗУ является размещение их в местах с наименьшей концентрацией молоди рыб на глубинах более 3 м.

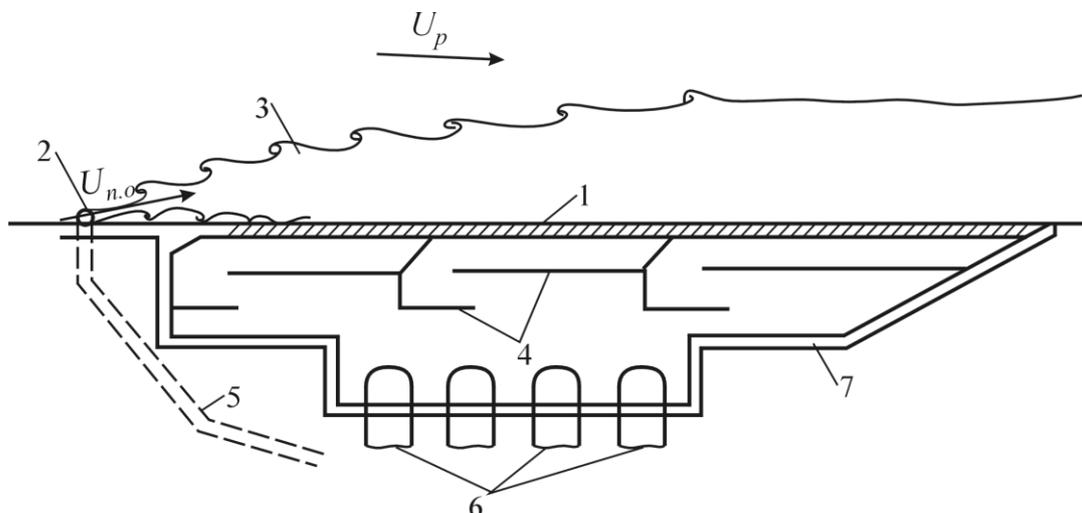
Устойчивое влияние гидродинамической структуры потока на поведение рыб установлено давно и широко используются, прежде всего, при их промысле. Эффект воздействия гидродинамических полей с целью управления молодью рыб заложен в ряде конструкций рыбозащитных сооружений и устройств.

Жалюзийные рыбозащитные сооружения основаны на поведенческом и физическом принципах, являются надежной преградой для попадания в водозабор взрослой рыбы и обладают достаточно высокой эффективностью защиты молоди рыб.

Механизм управления поведением молоди у жалюзи связан с реакцией рыб на турбулентные возмущения, формируемые экраном. Эта реакция имеет комплексный характер, включая органы зрения, боковой линии и слуха. При этом эффективность отведения молоди рыб зависит от интенсивности турбулентных возмущений перед жалюзийным экраном и распределения скоростей течения между пластинами по его фронту. Однако ранняя молодь рыб длиной тела менее 12–16 мм по своим энергетическим возможностям не может самостоятельно уйти от жалюзийного экрана, поэтому поведение этой молоди у рыбозащитного устройства полностью зависит от гидравлической структуры потока у жалюзи.

Следует отметить, что жалюзийные экраны в чистом виде практически не используются, а являются основным элементом в составе комбинированных РЗУ с наличием завес из гидравлических струй.

Жалюзийный экран с завесой из гидравлических струй (рисунок 5.12) расширяет возможности рыбозащитных функций и повышает эффективность защиты молоди рыб.



- 1 – жалюзийный экран; 2 – струепродуктор; 3 – гидравлическая струя;
4 – система выправительных диафрагм; 5 – водовод к струепродуктору;
6 – всасывающие трубы водозабора; 7 – опорные стенки водоприемника

Рисунок 5.12 – Жалюзийный рыбозащитный экран омываемый гидроструями

Для получения относительно равномерного распределения скоростей течения между пластинами по длине экрана предусматривается устройство системы диафрагм, конфигурация и расстановка которых осуществляются по результатам лабораторных исследований. Жалюзийный экран устанавливается параллельно транзитному потоку, а при скорости транзитного потока ниже критических скоростей для защищаемых рыб применяются гидравлические струи, обеспечивающие отвод молоди за пределы влияния экрана.

5.4. Рыбоотводы и вспомогательное оборудование рыбозащитных сооружений

Функциональная эффективность рыбозащитного сооружения в значительной степени зависит от выполнения условий отведения молоди в безопасную часть водоема, а также от состояния и работоспособности вспомогательного механического оборудования.

В состав механического оборудования РЗС входят промывные устройства и подъемные механизмы, сорадерживающие решетки и сороочистительные машины и др. Из всего многообразия мехоборудования РЗС здесь рассматри-

ваются только промывные устройства.

Способы и инженерные решения, с помощью которых обеспечивается отвод рыб от рыбозащитного устройства, определяются гидравлическими, биологическими и техническими условиями водозаборного и рыбозащитного сооружений.

При наличии в транзитном потоке водоисточника скоростей превышающих критические скорости плавания защищаемых рыб, а конструкция и компоновка РЗУ способствуют естественному отводу молоди транзитным потоком, специальные устройства для рыбоотведения не предусматриваются. В противном случае для организации отвода рыб требуется комплекс различных сооружений и устройств, иногда протяженностью в десятки километров. Вывод молоди рыб за пределы РЗУ осуществляется с помощью рыбоотводящего устройства.

Рыбоотводящее устройство, как правило, представляет собой единое целое с рыбозащитным и зависит от конструкции последнего. Принцип работы рыбоотводящего устройства основывается на использовании различных гидравлических явлений и закономерностей поведения молоди рыб [21].

Конструктивно рыбоотводящие устройства могут состоять:

- из приемной части в виде различного типа водосливов или щелевых бычков с конфузорным входом;
- подводящей части в виде лотков или трубопроводов;
- рыбосборной части в виде бассейнов или переходных расширяющихся лотков;
- отводящего тракта в виде каналов, лотков или трубопроводов.

При отводе рыб с использованием гидравлических или водовоздушных струй, конструкция устройства представляет собой систему насадок и трубопроводов для подачи рабочей жидкости с максимальной скоростью истечения, для условий безопасности молоди рыб, не превышающей 10,0–12,0 м/с.

Транспортирование рыб в безопасное место водоема может осуществляться транзитным потоком или созданием рыбоотводящих трактов.

Рыбоотводящий тракт включает сооружения и устройства для транспортирования рыб (каналы, лотки, сопрягающие сооружения и др.) от рыбосборной части до устьевоего участка в месте сопряжения с водоемом-рыбоприемником.

В том случае, когда уровень воды в рыбосборном бассейне или лотке обеспечивает командование над водоемом-рыбоприемником, рыбоотводящий тракт выполняется самотечным. При этом в состав рыбоотводящего тракта входят головной регулятор, канал или лоток, сопрягающие сооружения (при необходимости).

Головной регулятор размещается в конце рыбосборного бассейна или

лотка и обеспечивает гидравлический режим рыбоотводящего тракта в соответствии с режимом работы рыбозащитного сооружения.

В зависимости от компоновки РЗС регулятор принимается открытым, диафрагмовым или закрытым (трубчатым). Расчет регулятора выполняется на максимальный рыбоотводящий расход по схеме затопленного гидравлического прыжка. По условиям безопасности движения молоди рыб в водобойной части регулятора нельзя размещать какие-либо гасители энергии, а устройство водобойного колодца должно обосновываться условиями безопасности рыб.

Проводящая часть тракта выполняется в виде канала с наиболее рациональной, для данных условий, формой поперечного сечения.

Сопряжение участков тракта с различными геометрическими параметрами осуществляется с помощью плавных переходов, не создающих препятствий для движения рыб. Затворы, задвижки, водомерные устройства также не должны создавать препятствия для движения молоди, а проводящие участки тракта должны выполняться без задигов и резких выпуклостей.

При преодолении возвышенных участков местности проводящая часть может быть выполнена в трубе, при этом по длине трубы предусматривают устройство смотровых колодцев через каждые 50 м друг от друга.

При значительных уклонах местности по трассе канала располагаются сопрягающие элементы в виде системы ступеней высотой не более 0,5 м или сопрягающее сооружение типа ступенчатого перепада с высотой ступеней не более 3,0 м или конечного (устьевого) сооружения в виде консоли с высотой падения струи не более 3,0 м до уровня водоема-рыбоприемника. Гидравлический расчет сопрягающих сооружений осуществляется в соответствии с принятыми в гидротехнике методиками.

В реках устье рыбоотводящего тракта размещается ниже по течению вне зоны влияния водозабора. В водохранилищах и других водоемах устье размещается с учетом закономерностей внутренних течений и направлений господствующего ветра.

При отсутствии командования рыбосборного бассейна над водоемом-рыбоприемником рыбоотводящий тракт выполняется с принудительным переводом рыб на командные отметки. В этом случае на месте головного регулятора устраивается рыбоперекачивающее устройство, а проводящая часть выполняется в виде открытого канала или напорного трубопровода.

Недостатком принудительных рыбоотводных трактов является травмирование молоди рыб при прохождении через подъемные устройства, для уменьшения вероятности травмирования рыб перекачивающие устройства должны быть низконапорными, низкооборотными, с отрицательной высотой всасывания.

В отечественной и зарубежной практике в качестве подъемников в составе принудительных рыбоотводов используются:

- центробежные рыбонасосы, основные требования: частота вращения рабочего колеса до 600 об./мин; наличие ударопоглощающих устройств (демпфер и насадки на лопасти), снижающих травмируемость молоди; применение гибких напорных рыбоотводящих трактов; применение специальной арматуры с плавными закруглениями (диффузоров, конфузоров, тройников, вилок и др.). Типоразмеры центробежных рыбонасосов: РБ-100, РБ-150, РБ-200 и РБ-250, производительностью от 20 до 140 л/с и напором от 4 до 30 м;

- эжекторные подъемники или водоструйные рыбонасосы: закрытые и открытые; с одним и двумя впускными патрубками; с центральным и кольцевым подводом эжектирующей жидкости. Скорость истечения жидкости из насадка не должна превышать 10–12 м/с, перепад давления на входе и выходе из рабочей камеры должен быть в пределах 0,1 МПа;

- осевые насосы: без выправляющего аппарата (неподвижных лопаток); с минимальным числом оборотов (до 600 об./мин); с максимальным диаметром рабочей камеры; с минимальным углом установки лопастей. Рекомендуются следующие типы: ОПВ 6-87; ОПВ 6-110; ОХГ 6-70; ОХГ 6-87; ОХГ 8-70.

- шнековые насосы имеют ряд преимуществ, во-первых, эти насосы "тихоходные" – скорость вращения шнека 25–200 об./мин. Во-вторых, конструкция устройства снижает травмируемость молоди рыб и, наконец, их отличает малая энергоемкость, высокая техническая надежность и простота эксплуатации. Известные зарубежные образцы шнековых подъемников рассчитаны на пропуск расхода от 0,01 до 6,0 м³/с и высоту подъема от 0,7 до 9,5 м, диаметр шнека достигает 4,0 м.

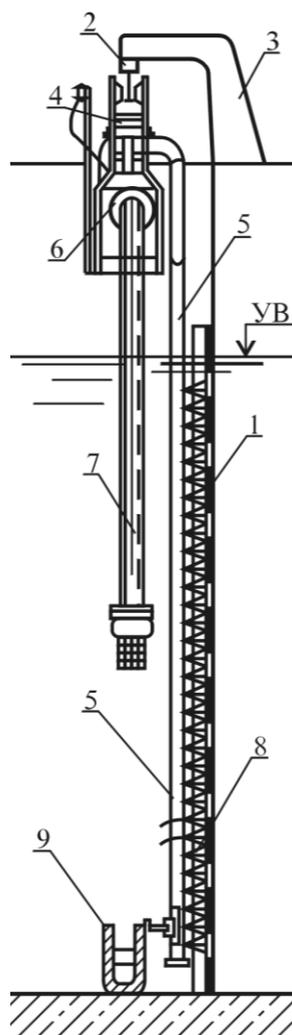
Промывные устройства работают по принципу подачи рабочей жидкости в виде системы струй на сетчатое полотно с целью смыва мусора, наносов, молоди рыб с последующим их переводом в рыбоотвод [22].

Промывное устройство состоит из тележки с приводом перемещения, насосной установки и промывной «флейты».

Водоструйное промывное устройство – «флейта», представляет собой трубу, по образующей которой просверлены отверстия, обращенные в сторону сетчатого полотна и навстречу потоку, проходящему через сетку. Вода поступающая из отверстий «флейты» создает сплошной фронт струй, направленных на сетку и отбрасывающих от нее сор и прижатую молодь рыб.

Схема промывного устройства в виде водоструйной «флейты» в составе сетчатого рыбозащитного сооружения представлена на рисунок 5.13.

Разработаны конструкции водовоздушных промывных устройств создающие в качестве рабочей жидкости водовоздушную смесь.



1 – сетчатый экран; 2 – монорельс; 3 – опора; 4 – тележка; 5 – промывная «флейта»; 6 – насос; 7 – всасывающая труба; 8 – промывные струи; 9 – направляющая опора

Рисунок 5.13 – Промывное устройство плоской сетки

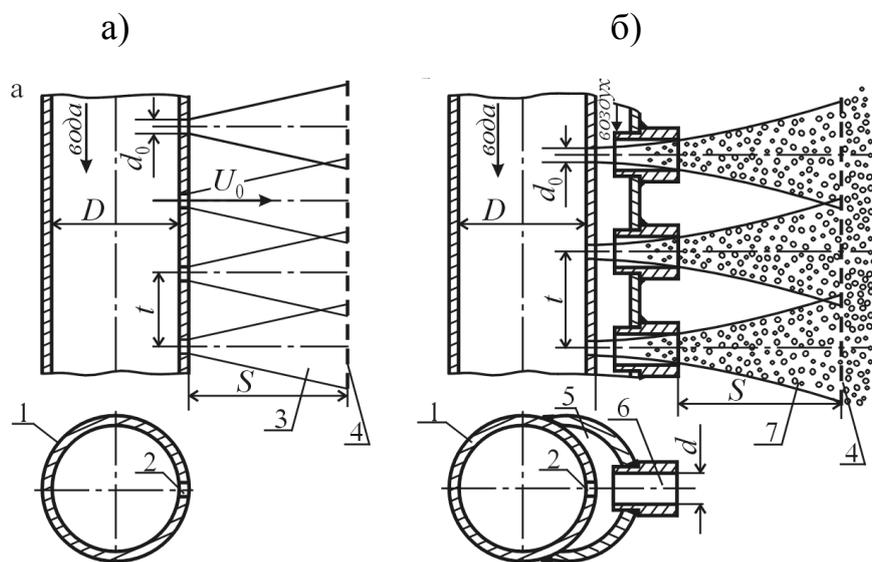
Особенностью предложенного водовоздушного устройства является наличие воздуховода, представляющего собой полутрубу с системой насадок герметически скрепленную с коллектором (трубой-водоводом). Насадки устанавливаются коаксиально с отверстиями коллектора, а сам воздуховод в верхней части имеет отверстие для соединения с атмосферным воздухом.

Повышенный эффект воздействия водовоздушной струи на сетное полотно объясняется механизмом взаимодействия воздушного пузырька и сетки, при разрыве которого возрастает гидродинамическая нагрузка на частицу, при этом частица отрывается от элементов сетки.

Схема рабочих элементов водоструйного и водовоздушного промывных устройств представлены на рисунке 5.14.

Дополнительным преимуществом водовоздушного промывного устройства является эффект, создаваемый подъемом воздушных пузырьков, переме-

щающих частицы сора в верхние слои потока, повышая эффективность промывки по сравнению с водоструйным в 1,5–2,0 раза. При водовоздушной промывке от сетного полотна отрываются минеральные и органические частицы, на которые водяные струи не воздействуют.



а – водоструйное устройство; б – водовоздушное устройство;

1 – коллектор (труба-водовод); 2 – раздаточные отверстия; 3 – гидравлические струи; 4 – сетное полотно; 5 – воздуховод; 6 – насадок (камера смешения); 7 – водовоздушная струя

Рисунок 5.14 – Рабочие элементы промывных устройств

Промывка фильтрующего материала рыбозащитных устройств также представляет сложную задачу. В настоящее время в практике применения фильтрующих рыбозащитных сооружений известно несколько способов промывки фильтрующих кассет:

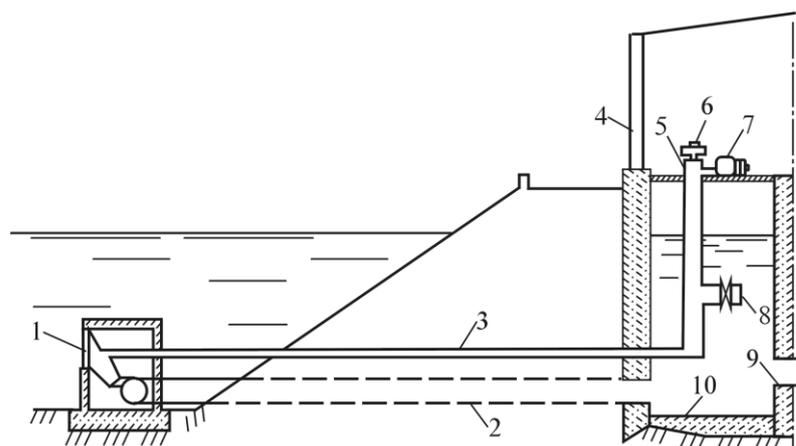
– обратным током воды, когда после отключения насоса с помощью специальных устройств (водонапорных колонн) или напорных водоводов насосной станции создается обратное движение воды, при котором во всасывающей линии и кассетах происходит промывка;

– вручную, после подъема на специальной площадке из брандспойта или с помощью промывных флейт;

– с помощью воздуха, при горизонтальном или наклонном размещении кассет и подачей сжатого воздуха под кассеты.

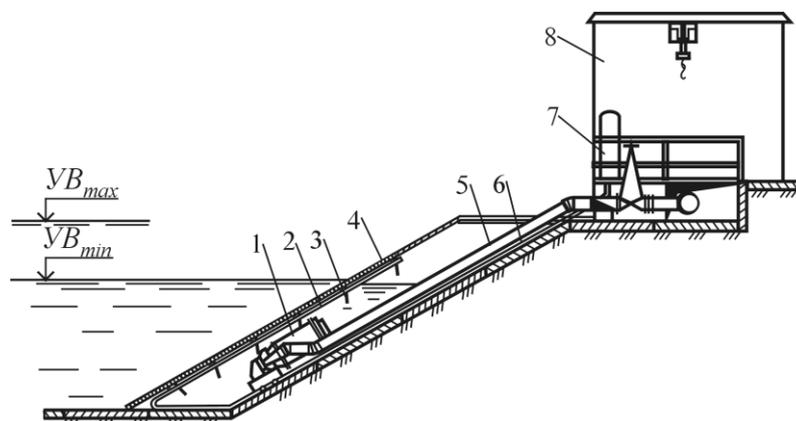
Для импульсной промывки фильтрующих кассет обратным током воды при наличии водонапорных колонн используется схема рисунка 5.15.

Принципиальная схема очистки фильтрующих кассет с помощью сжатого воздуха на примере водоприемника блочно-комплектных насосных станций (БКНСП) с погружными насосами приведена на рисунке 5.16.



1 – фильтрующая кассета; 2 и 3 – водоводы, соответственно всасывающий и обратной промывки; 4 – здание НС; 5 – водонапорная колонна; 6 – клапан срыва вакуума; 7 – вакуум-насос; 8 – водовод промывки; 9 – приемное окно; 10 – грязевый колодец

Рисунок 5.15 – Схема промывки фильтрующих кассет обратным током



1 – насос; 2 – отсек с воздуховодом продувки; 3 – перегородки; 4 – фильтрующие кассеты; 5 – напорный водовод; 6 – лоток; 7 – воздушный бак; 8 – блок-бокс НС

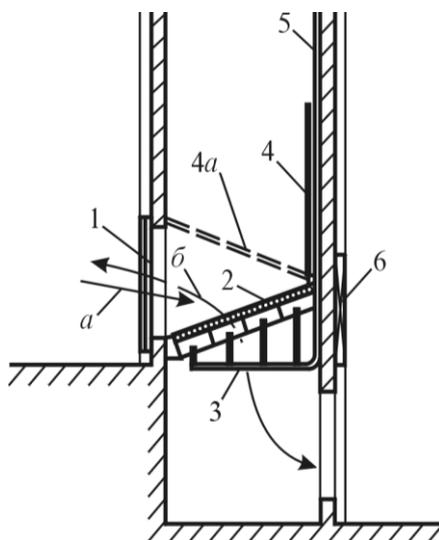
Рисунок 5.16 – Схема воздушной очистки фильтрующих кассет с погружными насосами

Фильтрующий экран устанавливается в плоскости откоса канала, а погружной насос с водоводом и оборудованием промывки располагается в железобетонном лотке. Воздух под кассеты подается с помощью системы воздухопроводов, для распределения воздуха под всей поверхностью наклонного фильтрующего экрана снизу устраиваются специальные перегородки, разделяющие экран на отсеки.

Вариант фильтрующего РЗУ с использованием воздушной продувки для очистки кассет в условиях водоприемника колодезного типа, которая возможна в сочетании с промывкой обратным током воды, приведен на рисунке 5.17.

В данной конструкции для кассет сохранен принцип предыдущей схемы с

перегородками, создающими промывные отсеки, однако, для повышения эффективности отвода продуктов продувки предусмотрено устройство отклоняющего экрана. Пунктирной линией (4а) на рисунке показано положение экрана в процессе продувки кассет.



1 – водоприемное окно с сороудерживающей решеткой; 2 – фильтрующая кассета с системой перегородок; 3 – система воздушной продувки; 4 – отклоняющий экран; 5 – воздуховод от компрессора; 6 – затвор

Рисунок 5.17 – Воздушная продувка фильтрующих кассет на водозаборе колодезного типа

Несмотря на многообразие технических решений промывки проблема очистки приемных экранов рыбозащитных сооружений для некоторых типов РЗУ остается не решенной, в большинстве своем она осложняется необходимостью борьбы с мелким мусором, заилиением и обрастанием дрейссеной.

Контрольные вопросы к главе 5:

1. Приведите основные схемы размещения сетчатого экрана РЗУ.
2. Перечислите основные схемы отвода рыб от РЗУ.
3. Приведите основные схемы компоновок сетчатых РЗУ с рыбоотводом.
4. Назовите основные недостатки РЗУ типа плоская сетка с рыбоотводом.
5. Достоинства и недостатки РЗУ типа плоская криволинейная сетка.
6. Основа использования струй для защиты молоди рыб при водозаборе?
7. Перечислите достоинства и недостатки фильтрующих РЗУ.
8. Приведите основные схемы фильтрующих кассет.
9. В чем особенности использования порозластовых элементов РЗУ?
10. Схемы промывки сетчатых экранов и фильтрующих элементов РЗУ.

6. ВНУТРИСТАНЦИОННЫЕ ТРУБОПРОВОДНЫЕ КОММУНИКАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

6.1 Всасывающие трубопроводы

Внутростанционные коммуникации насосных станций включают в себя: всасывающие, подводящие и соединительные трубопроводы, напорные линии насосов и всю трубопроводную арматуру, установленную на них. Поскольку отдельные части этих коммуникаций выходят за пределы зданий насосных станций, рассмотрим условия прохода труб через их стены.

Всасывающие трубопроводы подводят воду от водоприемных камер водозаборных сооружений к всасывающим патрубкам насосов (рисунок 6.1).

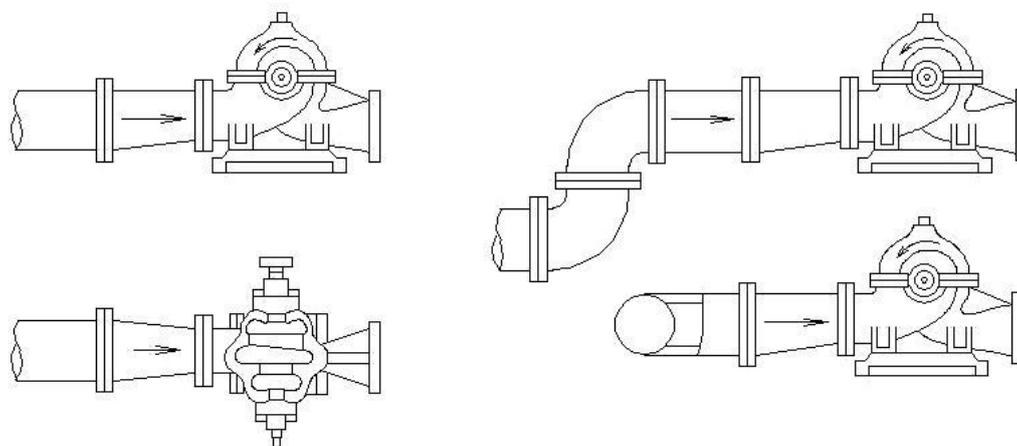


Рисунок 6.1 – Схемы устройства всасывающих линий

Давление в них может быть меньше атмосферного. Поэтому они должны быть герметичными. Всасывающие трубопроводы прокладывают только стальные. Все соединения труб вне здания насосной станции выполняют сварными, а в здании – сварными и фланцевыми. Входное отверстие всасывающей трубы должно быть заглублено под воду в приемной камере водозаборного сооружения настолько, чтобы воздух не проникал в него через воронку, формирующуюся при вихреобразовании. В трубопроводах не должны образовываться воздушные мешки. Поэтому их всегда прокладывают с уклоном не менее 0,005 с подъемом к насосу [26].

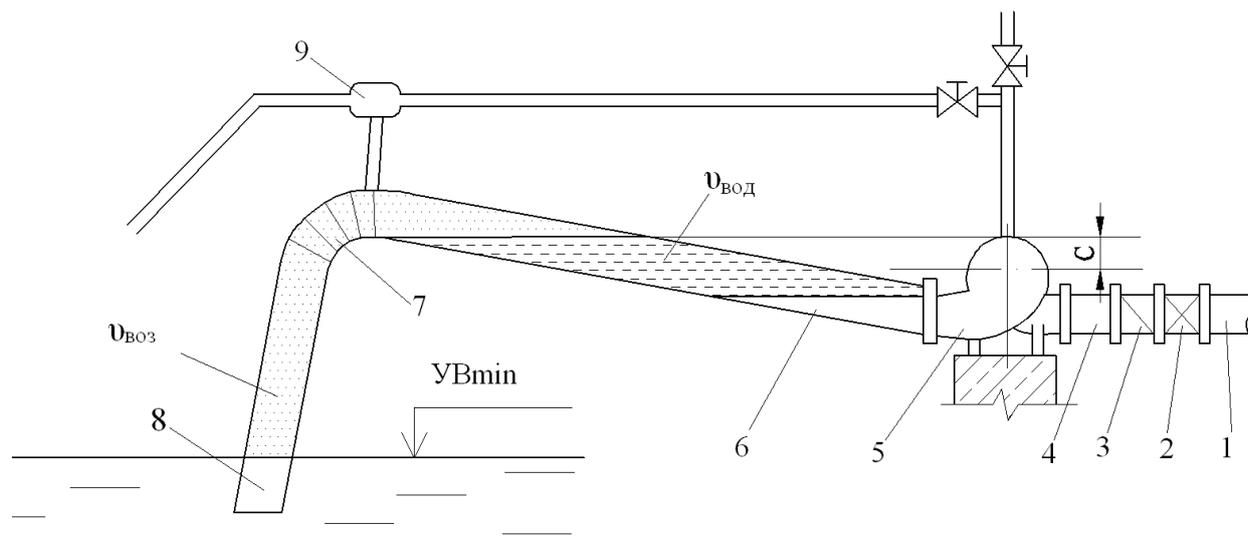
Всасывающие трубопроводы следует проектировать по возможности короткими (до 30 м) с минимальным числом стыков, поворотов и переходов (резкие переходы и повороты не допускаются), чтобы потери напора в них были небольшими. Число таких трубопроводов рекомендуется принимать всегда равным числу насосов.

Их диаметры можно назначать в соответствии со следующими скоростями

движения воды v_g в них: при $D_g \leq 250$ мм, $v_g = 0,6 \dots 1,0$ м/с; при $250 \text{ мм} < D_g < 800$ мм, $v_g = 0,8 \dots 1,5$ м/с; при $D_g > 800$ мм, $v_g = 1,2 \dots 2$ м/с. Причем диаметр D_g должен быть не меньше диаметра входного патрубка насоса d_g . При $d_g < D_g$ переход от всасывающего трубопровода к всасывающему патрубку насоса обычно выполняют в виде одностороннего конуса. Длину конуса вычисляют (из условия минимальных потерь напора в нем) по формуле $l_k = (3,5 \dots 4) (D_g - d_g)$.

Значительное увеличение длины трубопроводов приводит к усложнению пуска насосных агрегатов. При относительно быстром открытии запорной арматуры на напорной линии в период пуска насоса, скорости движения воды по длине всасывающего трубопровода будут существенно различаться между собой, что может вызвать разрыв сплошности потока. Поэтому на таких трубопроводах для замедления переходного процесса при пуске насоса необходимо увеличивать время открытия запорной арматуры на напорной линии. Режим открытия этой арматуры обычно назначают на основании результатов соответствующих расчетов переходных процессов. При значительных длинах число всасывающих трубопроводов можно сократить до двух и объединить их непосредственно перед насосной станцией всасывающим коллектором. Это позволит уменьшить длину всасывающих линий насосов.

Для малых и средних насосных станций допускается устраивать всасывающие трубопроводы с приподнятым коленом (рисунок 6.2). Диаметр их принимают в соответствии с минимально возможной скоростью движения воды. Отметка низа поднятой части всасывающей трубы должна быть не ниже отметки верха насоса. Воздух, скапливающийся в ее верхней части, можно удалять с помощью эжектора.



- 1- напорная линия; 2- задвижка; 3- обратный клапан; 4- монтажная вставка; 5- насос;
6- всасывающая труба; 7- колено; 8- вход в трубу; 9- эжектор

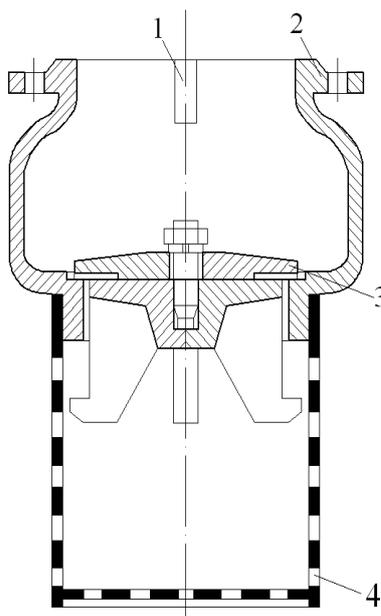
Рисунок 6.2. Схема всасывающего трубопровода с приподнятым коленом

При длине всасывающих трубопроводов более 30 м и диаметрах более 500 мм диаметр D_g рекомендуется выбирать на основе технико-экономических расчетов.

Всасывающие трубопроводы вне здания насосной станции прокладывают на опорах, устанавливаемых с учетом глубины промерзания грунта. Для возможности проведения осмотра, окраски и других работ расстояние от спланированной поверхности земли до низа трубопровода должно составлять 0,3 м при $D_g=0,5$ м, 1 м при $D_g=2$ м.

Внутри здания насосной станции всасывающие трубопроводы диаметрами более 300 мм прокладывают выше пола, а диаметрами до 300 мм как выше, так и ниже (в специальных каналах) пола. Заполняют их водой перед пуском основных насосов с помощью вакуумных насосов с водовоздушными баками. Исключение составляют всасывающие трубопроводы с приподнятым коленом (рис.9.9), в которых при отключении насосов вода остается.

Для предотвращения опорожнения при отключении насосов на всасывающих трубопроводах диаметрами до 400 мм допускается устанавливать специальные приемные клапаны с сеткой (рисунок 6.3), работающие как обратные, хотя это и приводит к возрастанию гидравлического сопротивления.



1 – ограничитель; 2 – фланец; 3 – тарель; 4 – съемная сетка

Рисунок 6.3 – Схема приемного клапана

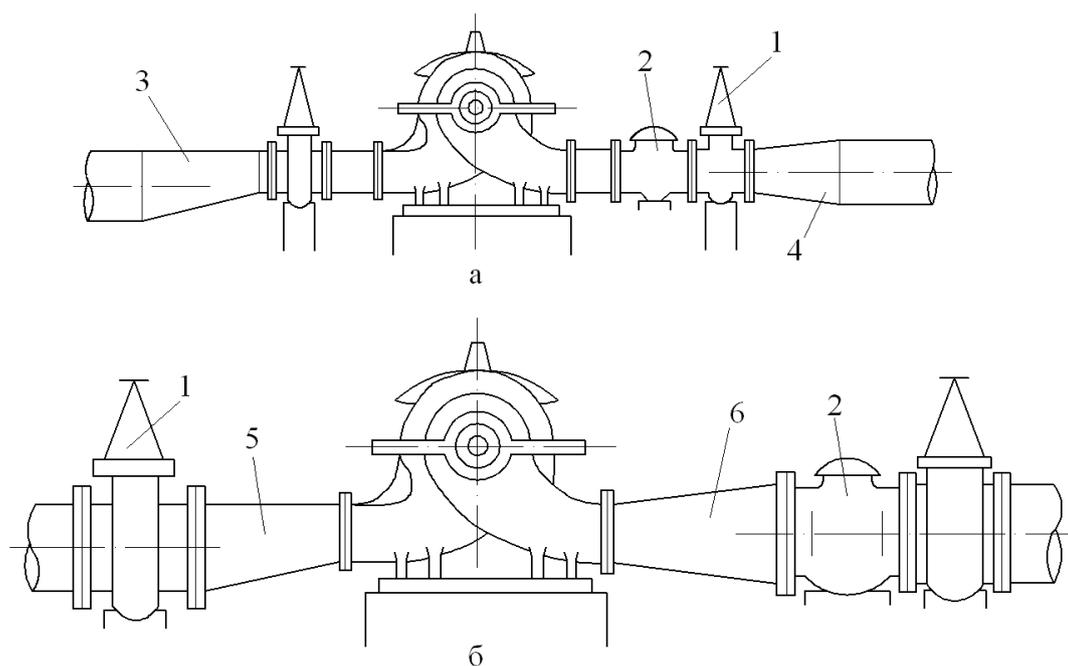
Если насос в отдельные периоды работает с отрицательной высотой всасывания, то для возможности его отключения или замены всасывающие трубопроводы оснащают запорной арматурой (укороченными задвижками, имеющими меньшие габаритные размеры и массу, чем обычные, или дисковыми затворами, рассчитанными на небольшое давление).

6.2. Подводящие трубопроводы

Давление в подводящих трубопроводах всегда больше атмосферного, так как уровень воды в источнике выше отметки верха насоса. Поэтому их можно прокладывать не только из стальных, но и из железобетонных труб (монолитных и сборных) как с подъемом, так и с понижением к насосу. Диаметр таких трубопроводов $D_в$, принимаемый в соответствии со скоростями движения воды $v_в$, обычно больше диаметра всасывающего патрубка насоса $d_в$, поэтому переход от диаметра $D_в$ к диаметру $d_в$ следует выполнять в виде конфузора [15].

Схемы установки трубопроводной арматуры на подводящей и напорных линиях насоса приведены на рисунке 6.4. На схеме *а* трубопроводная арматура имеет меньший диаметр, чем на схеме *б*, поэтому строительная стоимость ее несколько меньше. Для схемы *б* характерны меньшие потери напора в трубопроводной арматуре и соответственно меньшие эксплуатационные затраты.

Выбор той или иной схемы установки трубопроводной арматуры обосновывают технико-экономическими расчетами.



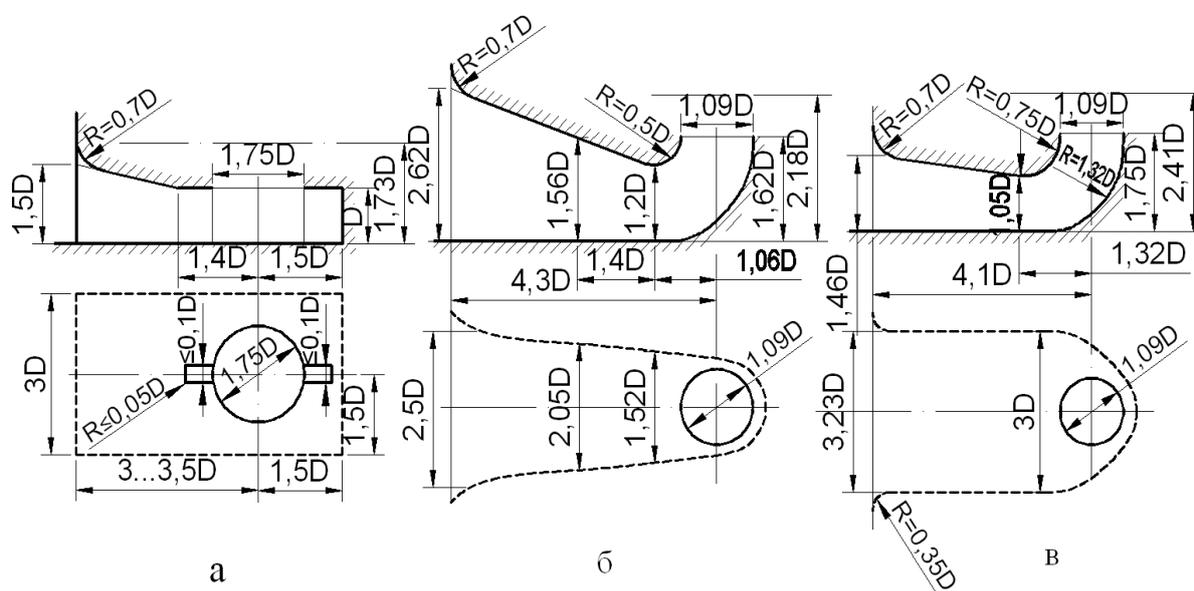
а – подводящей; б – напорной;
 1 – задвижка; 2 – обратный клапан; 3 – конфузор; 4 – диффузор;
 5 и 6 – монтажные вставка-конфузор и вставка-диффузор

Рисунок 6.4 – Схемы установки трубопроводной арматуры на линиях насоса

При совмещенной компоновке здания насосной станции камерного типа, оснащенного вертикальными центробежными насосами типа В с водозаборным

сооружением, подводящие трубопроводы от водоприемной камеры до насоса обычно состоят: из стального конфузора, жестко заделанного в стену (или задвижки), монтажной вставки и сварного стального колена переменного сечения (от диаметра монтажной вставки $D_в$ до диаметра входного патрубка $d_в$) или из ребристого патрубка, жестко заделанного в стену конфузора, запорной арматуры, монтажной вставки и сварного стального колена (монтажную вставку можно исключить, поскольку допускается некоторая подвижка колена). В зданиях насосных станций блочного типа, оборудованных вертикальными центробежными и осевыми насосами, подводящие трубопроводы выполняют в бетонных армированных блоках, находящихся в основании зданий.

Подводящие трубопроводы могут иметь камерный и коленчатый подвод. Камерный подвод (рисунок 6.5, а) применяют при установке в зданиях насосных станций блочного типа вертикальных осевых насосов с относительно небольшой подачей и диаметром рабочего колеса менее 87 см. Это объясняется тем, что при относительно небольших диаметрах входного патрубка $d_в$, в зависимости от которого принимают все размеры подводящего трубопровода, изготовить опалубку прямоугольной формы при строительстве здания насосной станции значительно проще, чем криволинейной. Коэффициент гидравлического сопротивления трубопроводов с камерным подводом $\zeta \approx 0,6$.



а – с камерным подводом; б, в – с коленчатым подводом

Рисунок 6.5 – Формы исполнения подводящих трубопроводов

Коленчатый подвод (рисунок 6.5, б, в) применяют при установке в зданиях насосных станций вертикальных осевых и центробежных насосов с относительно большой подачей. Объясняется это тем, что коэффициент гидравличе-

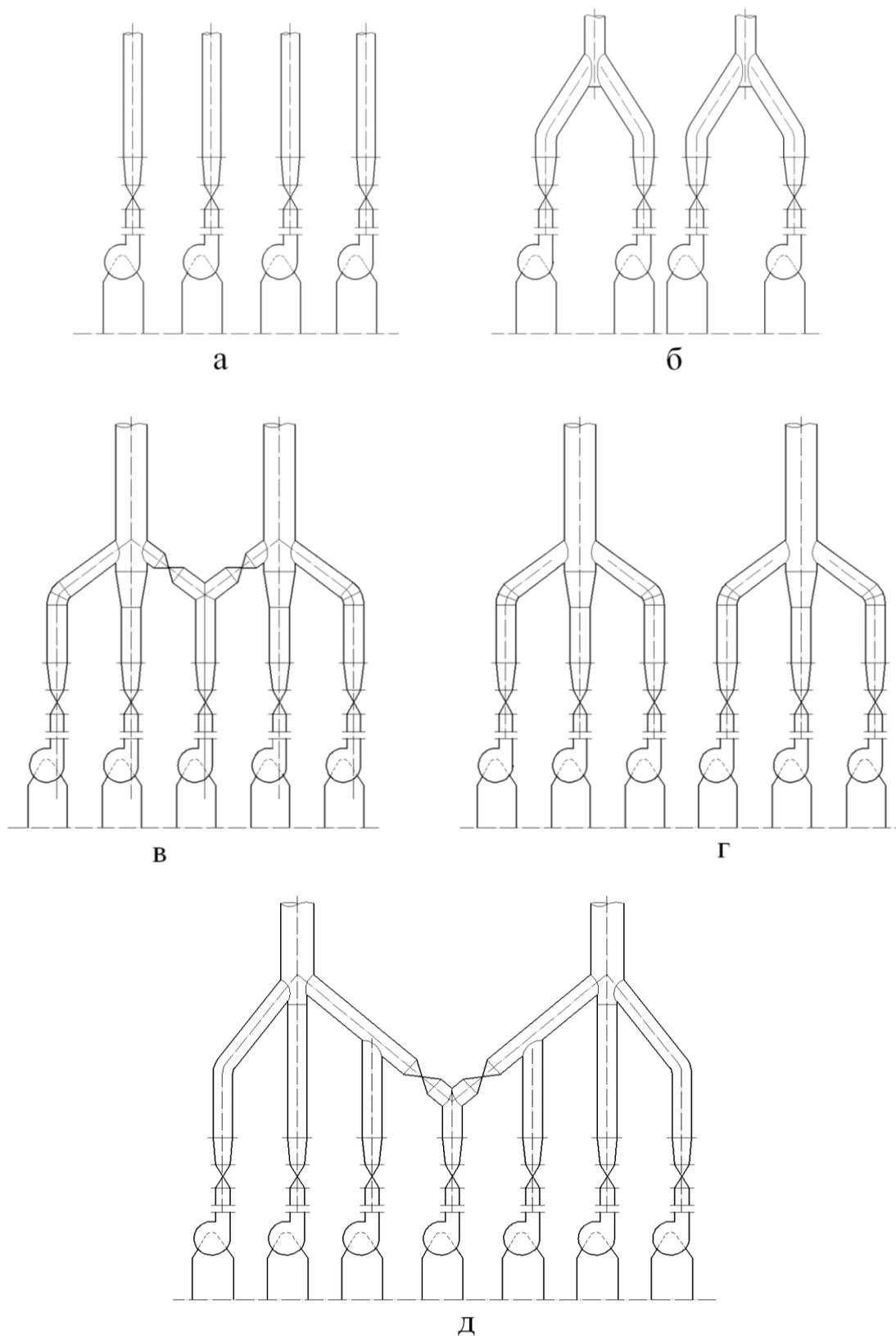
ского сопротивления трубопроводов с таким подводом $\zeta \approx 0,5$, меньше коэффициента сопротивления трубопроводов с камерным подводом. Поскольку напоры, развиваемые осевыми насосами, невелики, а подачи весьма значительны, то даже такое незначительное уменьшение значения ζ дает существенные экономии энергии при подаче воды и увеличение КП насосной станции.

6.3. Напорные коммуникации

Напорные коммуникации подводят воду от насосов к напорным трубопроводам и в большинстве случаев обеспечивают отключение их друг от друга. Они включают в себя напорные линии насосов и соединительные трубопроводы. Число напорных трубопроводов может быть равно и меньше числа насосов. В случаях, когда число напорных трубопроводов меньше числа насосов, схема напорных коммуникаций будет в значительной степени зависеть от целевого назначения насосной станции, а в функции напорных коммуникаций может входить переключение насосов от одного напорного трубопровода к другому. Для мелиоративных насосных станций III категории надежности допускаются перерывы в работе. Поэтому в случае аварии необходимость переключения насосов на любую нитку напорного трубопровода необязательна. Поэтому схемы их напорных коммуникаций можно упростить, что позволит снизить потери напора в этих коммуникациях, а следовательно, уменьшить затраты энергии на подъем воды. Схемы напорных коммуникаций оросительных насосных станций, оборудованных центробежными вертикальными насосами, приведены на рисунке 6.6.

Напорные линии насосов оборудуют только запорной арматурой (задвижки или дисковые затворы), перед которой помещают монтажные вставки. Обратные клапаны в большинстве случаев на напорных линиях не устанавливают. Это связано, во-первых, с тем, что их закрытие при изменении направления движения воды в напорных линиях в случаях аварийных отключений насосов может привести к значительному повышению давления в напорных трубопроводах, во-вторых, вертикальные центробежные насосы и агрегируемые с ними электродвигатели допускают кратковременное реверсивное вращение роторов, в-третьих, обратные клапаны диаметром более 1000 мм, рассчитанные на относительно большие давления промышленностью, вообще не выпускаются.

Схему *a* применяют в том случае, когда протяженность напорных трубопроводов невелика. Каждый насос подает воду в свой индивидуальный трубопровод, то есть число напорных трубопроводов равно числу насосов. Эта схема наиболее простая, не требующая никаких переключений. Запорная арматура предназначена только для отключения насоса от трубопровода.



а – подача воды насосами в индивидуальные трубопроводы;
 б, г – подача воды в два напорных трубопровода при четном числе насосов;
 в, д – подача воды в два напорных трубопровода при нечетном числе насосов

Рисунок 6.6 – Схемы напорных коммуникаций насосных станций, оборудованных центробежными вертикальными насосами

Схемы *б* и *г* используют при четном числе насосных агрегатов (четыре, шесть) и относительно большой протяженности напорных трубопроводов. Одна половина насосных агрегатов может работать на одну нитку трубопроводов, а другая — на вторую. Недостаток этих схем — неодинаковые расходы воды в трубопроводах при нечетном числе одновременно работающих насосов; достоинство — простота напорных коммуникаций по сравнению со схемами *в* и *д*.

Схемы *в* и *д* применяют при нечетном числе насосных агрегатов. Две соединительные линии оборудованы запорной арматурой, что позволяет подключать средний насос, как на левую, так и на правую нитку трубопроводов. Располагают арматуру за пределами здания насосной станции в специальном колодце. Устройство их дает возможность равномерно распределять расходы воды по трубопроводам при нечетном числе работающих насосов (при обязательной работе среднего из них).

Схемы напорных коммуникаций насосных станций, оборудованных осевыми и горизонтальными центробежными насосами, приведены на рисунке 6.7.

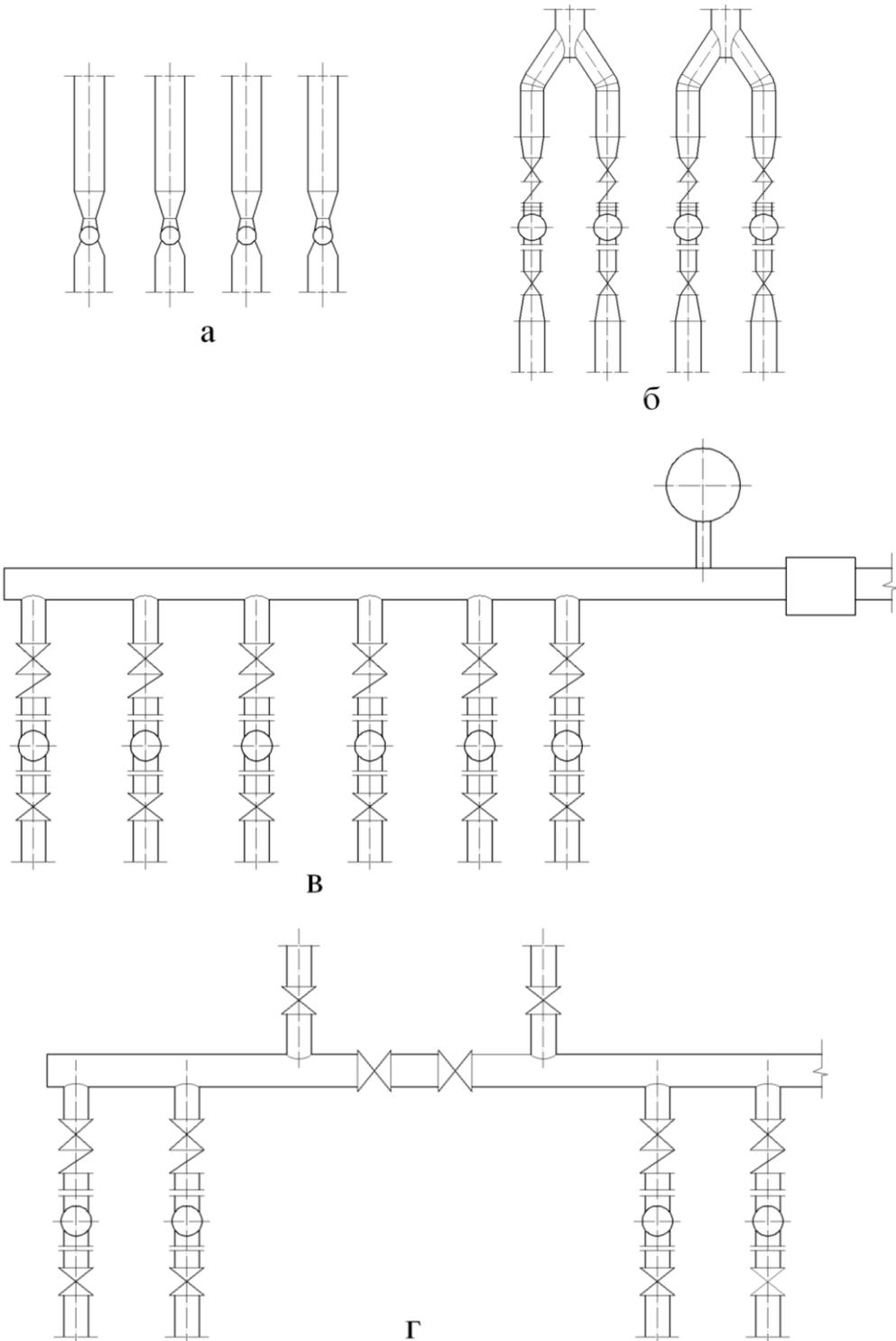
На схеме *а* показаны наиболее простые напорные коммуникации для осевых насосов. Запорной арматуры на них нет. При коленчатом отводе насоса под углом 60° напорная линия часто включает в себя: отвод под углом 30° и диффузор для перехода от напорного патрубка насоса диаметром d_n к напорному трубопроводу диаметром $D_{тр}$.

Схему *б* широко применяют на оросительных насосных станциях при подаче воды четырьмя насосами в два напорных трубопровода. На напорных линиях возможны два варианта размещения арматуры: монтажная вставка, обратный клапан, запорная арматура (задвижка, затвор) и диффузор или диффузор, монтажная вставка, обратный клапан и запорная арматура.

Установка обратных клапанов перед запорной арматурой дает возможность заменять их, не выключая напорный трубопровод. Обычно обратные клапаны выходят из строя чаще, чем задвижки. Поскольку размеры обратных клапанов с верхней подвеской тарели относительно велики, в отдельных случаях для уменьшения ширины здания насосной станции их выносят за его пределы и размещают в специальных колодцах.

Схему *в* применяют на оросительных насосных станциях, оснащенных четырьмя основными и двумя вспомогательными (бустерными) насосами и подающих воду к дождевальным машинам. Напорные линии насосов подключают к напорному коллектору. На каждой из них устанавливают монтажную вставку, обратный клапан и задвижку (затвор). Диаметр напорной линии небольшой длины, как правило, принимают равным диаметру напорного патрубка насоса, а диаметр коллектора — одинаковым по всей длине и равным диаметру напорного трубопровода. К началу напорного трубопровода присоединяют водовоздушный

бак. Для обеспечения автоматической работы насосной станции на этом трубопроводе устанавливают индукционный расходомер.



а – подача воды осевыми насосами; б, в, г – подача воды горизонтальными центробежными насосами соответственно в два трубопровода, в закрытую оросительную сеть, в водопроводную сеть

Рисунок 6.7 – Схемы напорных коммуникаций насосных станций, оборудованных осевыми и горизонтальными центробежными насосами

Схема z характерна для насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения. Любой насос в соответствии с такой схемой можно подключить как на правую, так и на левую нитку трубопроводов. Поэтому задвижки имеют не только напорные линии насосов, но и коллекторы, и напорные трубопроводы. На напорных трубопроводах насосных станций коммунального водоснабжения иногда устанавливают дополнительные обратные клапаны, в какой-то степени предохраняющие станции от затопления в случаях аварии.

Диаметры напорных линий D_n назначают по следующим значениям скорости движения в них воды: для $D_n \leq 250$ мм $v_n=1,5...2$, для $D_n \geq 250$ мм $v_n=2...2,5$ м/с. Поскольку значения D_n обычно больше значений d_n , переходы от напорных линий диаметром D_n к напорным патрубкам диаметром d_n выполняют в виде диффузоров. Длину диффузоров принимают равной $l_d = (6...7)(D_n - d_n)$.

На напорных линиях насосов возможны два варианта расположения арматуры: монтажная вставка, затвор (задвижка), диффузор или диффузор, монтажная вставка, затвор (см. рисунок 6.4). Для крупных насосов второй вариант бывает предпочтительнее, так как скорости движения воды в напорных патрубках весьма большие - 6...8 м/с.

6.4. Трубопроводная арматура

К основным параметрам трубопроводной арматуры относят диаметр условного прохода D_y и условное давление рабочей среды p_y [11].

Диаметром условного прохода D_y называют номинальный внутренний диаметр трубопровода, на котором устанавливают арматуру. Диаметр D_y , как правило, не совпадает с фактическим диаметром трубопровода.

Условным давлением p_y является наибольшее избыточное рабочее давление при температуре рабочей среды 20 °С.

В каталогах трубопроводной арматуры, кроме основных параметров, обычно указаны ее рабочее и пробное давления. *Рабочим* называют наибольшее избыточное давление, при котором арматура работает длительное время при рабочей температуре жидкой среды, а *пробным* избыточное давление, при котором арматуру и соединительные части трубопроводов подвергают гидравлическим испытаниям на прочность и плотность. При температуре рабочей среды 20°С рабочее давление равно условному. Трубопроводную арматуру изготавливают для следующих условных давлений p_y : 0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,4; 10,0; 16,0 МПа. При определении условного давления и подборе необходимой арматуры допускается превышение до 5% фактического рабочего давления над указанным условным.

Запорная арматура. Ее назначение перекрывать поток воды в трубопро-

водах. К такой арматуре относят задвижки, дисковые затворы, вентили, краны.

Задвижки оснащены запорным органом, перемещающимся возвратно-поступательно перпендикулярно оси потока жидкости. В зависимости от конструкции запорного органа их подразделяют на параллельные и клиновые. В параллельных задвижках проход корпуса перекрывается двумя подвижно соединенными между собой дисками, которые раздвигаются одним или двумя расположенными между ними клиньями, а в клиновых одним клинообразным круглым диском, который помещается в гнезде между наклонными уплотняющими кольцами корпуса. Параллельные задвижки имеют некоторые преимущества перед клиновыми. Уплотняющие кольца их легче обрабатываются и медленнее изнашиваются. При относительно редком пользовании клиновой задвижкой запорный орган заклинивается, и для его открытия приходится прикладывать большие усилия.

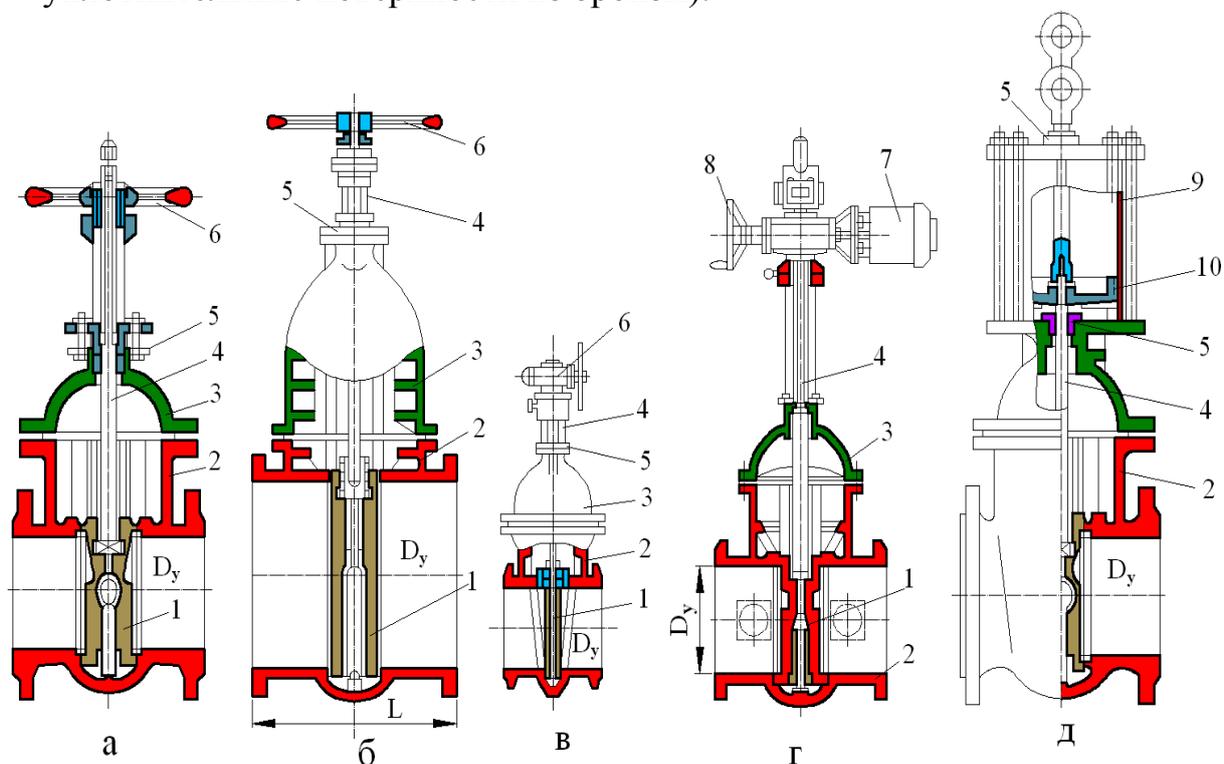
Задвижки изготавливают с выдвигным и невыдвигным шпинделем. Выдвигной шпиндель при вращении совершает поступательное движение, а невыдвигной только вращательное. Поэтому габаритные размеры задвижек с выдвигным шпинделем больше габаритных размеров задвижек с невыдвигным.

По положению выдвигного шпинделя можно судить о степени открытия задвижки. У такого шпинделя более удобно очистить и смазать резьбу. Закрываются задвижки обычно при вращении шпинделей по часовой стрелке. Шпиндели задвижек относительно небольших диаметров, рассчитанных на небольшие давления, приводят во вращение с помощью маховика или ключом с квадратным сечением, а задвижек больших диаметров, рассчитанных на большие давления, с помощью редуктора с червячной или конической передачей.

Задвижки могут быть плоскими, овальными, круглыми. Плоские задвижки применяют при низких давлениях жидкости, овальные при средних, круглые при высоких. Корпус задвижек, рассчитанных на давление до 1 МПа, изготавливают из чугуна, а рассчитанных на давление более 1 МПа из стали.

Задвижки выпускают с ручным, электрическим и гидравлическим приводом. Задвижки с ручным приводом обычно имеют небольшой диаметр. Их используют в случаях, когда необходимости в частых перекрытиях трубопровода нет. Задвижки с электрическим приводом применяют при необходимости частого перекрытия трубопроводов больших диаметров. Этот привод позволяет легко автоматизировать работу задвижек. Недостаток задвижек с электрическим приводом ненадежная работа в сырых помещениях. Поэтому их не рекомендуется размещать в местах с пониженной влажностью. В случаях аварийного отключения электропитания насосной станции только гидравлический привод может обеспечить автоматическое закрытие задвижек. Задвижки с таким приводом можно устанавливать и в сырых помещениях.

Схемы различных задвижек приведены на рисунке 6.8. Задвижки с выдвижным шпинделем (рисунок 6.8, а; б) выпускают диаметрами $D_y=50...400$ мм и обозначают следующим образом: 30 ч 6 бр (30 – задвижка, ч – корпус из чугуна, 6 – номер модели, бр – уплотнительные поверхности из бронзы). Задвижки с невыдвижным шпинделем изготавливают диаметром $D_y=500$ мм. Они имеют обозначение: 30 ч 15 бр (30 – задвижка, ч – корпус из чугуна; 15 – номер модели, бр – уплотнительные поверхности из бронзы).



а, б – параллельные с ручным приводом с выдвижным и невыдвижным шпинделем; в – клиновая с ручным приводом и невыдвижным шпинделем; г, д – параллельные с электрическим и гидравлическим приводом; 1 – запорный диск; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – шпиндель; 5 – сальник; 6 – штурвал; 7 – электропривод; 8 – маховик ручного привода; 9 – цилиндр; 10 – поршень

Рисунок 6.8 – Схемы задвижек

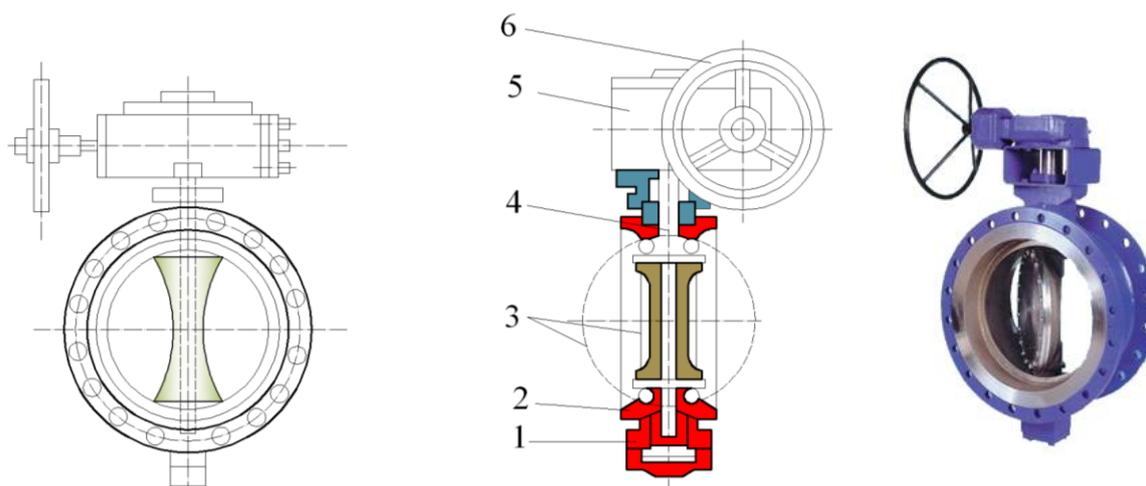
Клиновые задвижки с невыдвижным шпинделем, ручным приводом и червячной передачей (рисунок 6.8, в) рассчитаны на давление $p_y=2,5...6,4$ МПа. Их выпускают диаметрами $D_y=500, 600, 800$ мм и обозначают следующим образом: 30 с 375 нж (30 - задвижка, с - корпус из углеродистой стали, 3 - привод с червячной передачей, 75 - номер модели, нж - уплотнительные поверхности из нержавеющей стали).

Параллельные задвижки с выдвижным шпинделем с электрическим приводом (рисунок 6.8, г) рассчитаны на давление $p_y=0,25...6,4$ МПа, с гидравлическим (рисунок 6.8, д) на давление $p_y=1$ МПа. Задвижки с электрическим приводом изготавливают диаметрами $D_y=100...400$ мм. Они имеют обозначение 30 ч

906 бр (30 – задвижка, ч – корпус из чугуна, 9 – электрический привод, 06 – номер модели, бр – уплотнительные поверхности из бронзы). Задвижки с гидравлическим приводом выпускают диаметрами $D_y = 50...400$ мм и обозначают следующим образом: 30 ч 706 бр (30 – задвижка, ч – корпус из чугуна, 7 – гидравлический привод, 06 – номер модели, бр – уплотнительные поверхности из бронзы).

Достоинство задвижек любой конструкции хорошая герметичность при перекрытии трубопроводов; недостатки значительные габаритные размеры, масса и стоимость, не рассчитаны на работу в положении частичного открытия (поэтому использовать их для регулирования подачи насосов не следует), неравномерное изменение гидравлического сопротивления при закрытии (вначале незначительно, а в конце очень резко).

Дисковые поворотные затворы в отличие от задвижек имеют меньшие габаритные размеры, массу и стоимость, лучшие гидравлические характеристики, более высокую надежность. Коэффициент гидравлического сопротивления ζ при полностью открытом затворе несколько больше, чем при полностью открытой задвижке (рисунок 6.9). Это объясняется тем, что в открытом состоянии диск несколько уменьшает проходное сечение трубопровода. При закрытии затвора значение ζ изменяется более плавно, чем при закрытии задвижки. Поэтому при равномерном закрытии задвижки и затвора одинаковых диаметров за одно и то же время давление в трубопроводе, оснащенный задвижкой, повышается на большие значения, чем в трубопроводе, оснащенный затвором.



1 – корпус; 2 – резиновая уплотнительная муфта; 3 – диск; 4 – вал;
5 – редуктор; 6 – маховик

Рисунок 6.9 – Схемы дисковых затворов с ручным приводом

Дисковые поворотные затворы выпускают диаметрами $D_y = 100 \dots 2800$ мм как с уплотнением по диску, так и с уплотнением по корпусу. Затворы с уплотнением по диску обеспечивают одностороннюю герметизацию при направлении потока жидкости к диску со стороны вала. При повороте диска на 90° резиновое уплотнительное кольцо, закрепленное в его канавке, прижимается к седлу корпуса. При направлении потока жидкости в противоположную сторону уплотнительное кольцо отжимается от уплотнительного седла и между ними образуется кольцевой зазор. Однако объем вытекающей через появившийся зазор жидкости, зависящий от давления и диаметра диска, как правило, незначителен, а при установке затвора во внутриводопроводных коммуникациях вообще несуществен. Это объясняется тем, что на подводящей линии такой затвор отключает насос от водопровода, а на напорной от трубопровода, то есть движение воды через затвор всегда одностороннее. Затворы с уплотнением по корпусу обеспечивают двустороннюю герметизацию.

Конструкция дисковых поворотных затворов диаметрами $D_y = 150 \dots 400$ мм, рассчитанных на давление $p_y = 1$ МПа, с уплотнением по корпусу и ручным приводом от рычажно-винтового редуктора показана на рисунке 6.9. Проходное сечение затвора закрывают и открывают, поворачивая диск 3, жестко закрепленный на валу 4, на 90° ручкой маховика 6. Такую же конструкцию имеют затворы с электрическим приводом.

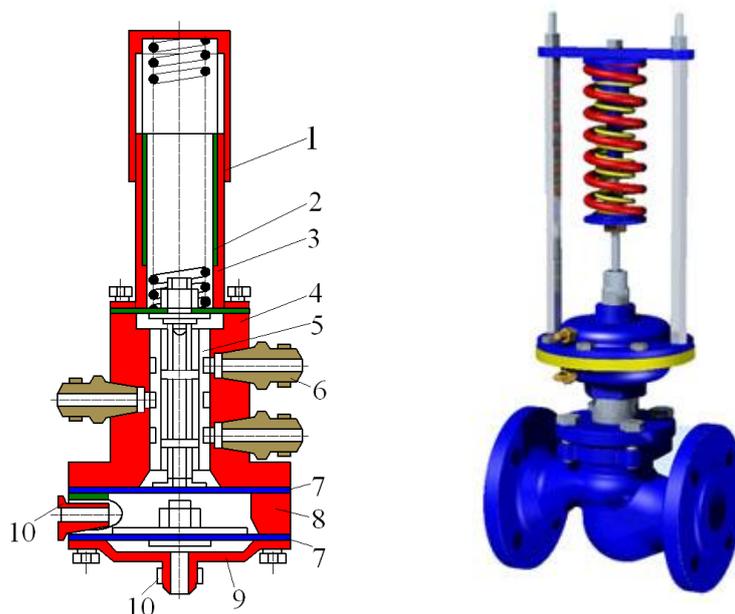
Вентили изготавливают относительно небольших диаметров и в основном устанавливают на системах внутреннего водоснабжения, а также на трубопроводах вспомогательных насосных установок, оросительных и осушительных насосных станций. Их открывают и закрывают с помощью золотника, насаженного на шпindel. Степень открытия можно определить по высоте подъема шпинделя. Для подъема и опускания золотника на шпинделе имеется резьба.

Пробковые краны выпускают небольших диаметров. Сечение трубопровода перекрывает поворачивающийся на 90° конусный вкладыш (пробка), притертый к внутренней поверхности корпуса. Поскольку сечение перекрывается очень быстро, процесс перекрытия может сопровождаться гидравлическим ударом.

Регулирующая арматура. В ее состав входят регуляторы расхода и регуляторы давления («после себя» или «до себя»). На насосных станциях наиболее распространены регуляторы давления «после себя». Они могут быть выполнены на базе поворотного затвора с гидроприводом (РДЗ) и оснащены регулирующим клапаном (рисунок 6.10). При повышении давления за затвором оно передается мембране 7 и связанному с ней плунжеру 6. Плунжер смещается влево.

Вода по соединительной трубке поступает в одну из полостей (первую)

гидроцилиндра. Вторая полость при этом сообщается с атмосферой. Затвор закрывается. При снижении давления в трубопроводе пружина в регулирующем клапане перемещает плунжер вправо и давление передается во вторую полость гидроцилиндра. Первая полость при этом сообщается с атмосферой. Затвор открывается. Аналогично работает и регулятор давления «до себя».



1 – колпак; 2 – пружина; 3 – стакан; 4 – корпус; 5 – втулка; 6 – плунжер;
7 – мембраны; 8 – проставочное кольцо; 9 – фланец; 10 – штуцера

Рисунок 6.10 – Схема регулирующего клапана

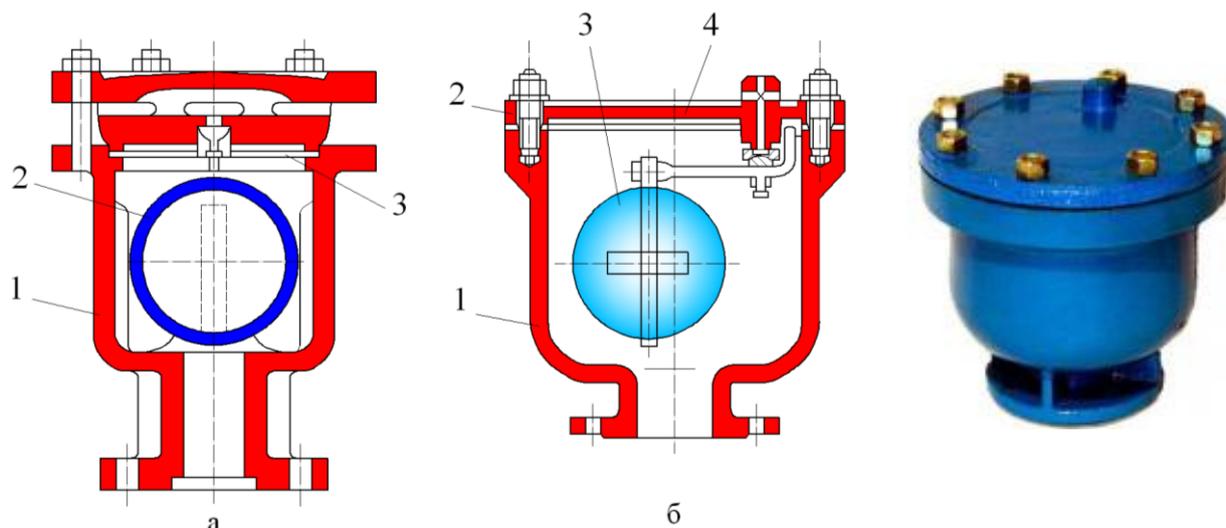
Аэрационная арматура. К этой арматуре относят вантузы и клапаны для впуска и заземления воздуха. Вантузы предназначены для периодического удаления воздуха из трубопроводов при эксплуатационном режиме работы систем водоподачи, а клапаны для автоматического впуска воздуха в местах разрыва сплошности потока в трубопроводах и последующего сжатия его для уменьшения давления при переходных процессах [26].

Вантузы подразделяют на шаровые, рычажные и мембранные.

В шаровых вантузах (рисунок 6.11, а) при отсутствии воздуха в трубопроводе вода поднимает и прижимает полиэтиленовый шар 2 к отверстию втулки 3. При скоплении воздуха в верхней части вантуза шар опускается вместе с водой, отверстие втулки открывается, и воздух выходит наружу.

В рычажных вантузах (рисунок 6.11, б) по мере накопления воздуха в трубопроводе уровень воды в корпусе 1 понижается, и шар-поплавок 3 под действием своего веса опускается вниз, поворачивая рычаг относительно оси, закрепленной на крышке 2. Тарель 4 открывает отверстие для выпуска воздуха. Когда весь воздух выйдет из трубопровода, шар-поплавок 3 всплывет, и тарель 4

закрывает выпускное отверстие.



а – шаровой (1 – корпус; 2 – шар; 3 – втулка);
б – рычажный (1 – корпус; 2 – крышка; 3 – шар-поплавок; 4 – тарель)

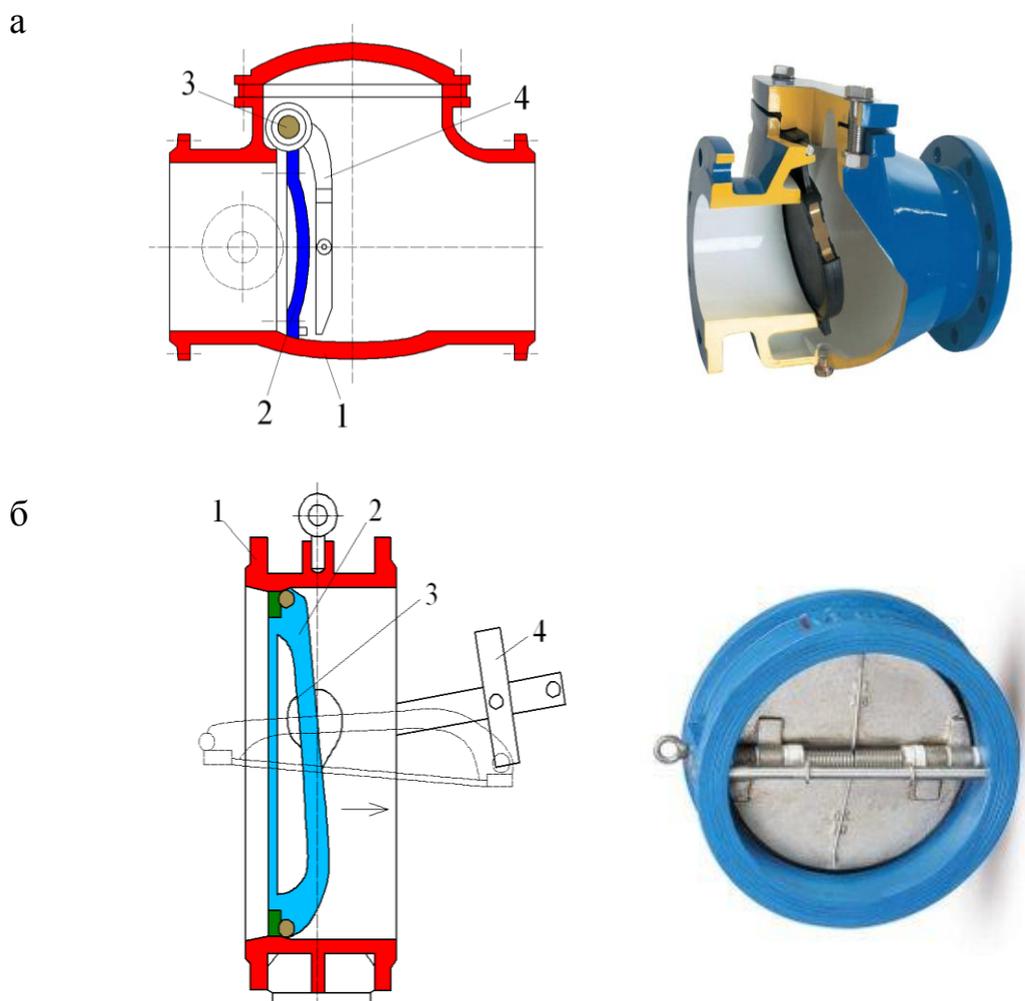
Рисунок 6.11 – Конструкции вантузов

Предохранительная арматура. Предназначена для автоматического ограничения параметров (давление, расход) потока жидкости. Рассмотрим арматуру, ограничивающую только давление в трубопроводах при переходных процессах в системах водоподачи. К такой арматуре относят: предохранительно-сбросное устройство, защитный гидравлический клапан, гасители гидравлических ударов, предохранительный клапан-вантуз.

Предохранительно-запорная арматура. К этой арматуре относят обратные клапаны, предотвращающие движение воды через насосы в обратном направлении и отключающие их от напорных трубопроводов. Движение потока жидкости перекрывается при закрытии тарели, шарнирно закрепленной в корпусе клапана.

Промышленность выпускает обратные клапаны с верхней подвеской тарели и с эксцентрично расположенной осью. У клапана с верхней подвеской тарели (рисунок 6.12, а) рычаг 4 вращается вокруг оси 3, а у клапана с эксцентрично расположенной осью (рисунок 6.12, б) тарель 2 жестко прикреплена стопорными болтами 4 к полуосям 3. При прямой подаче жидкости через насос на тарель 2 действует подъемная сила (ее значение зависит от скорости потока жидкости). Эта сила создает гидродинамический момент относительно оси вращения, действующий в направлении открытия тарели. Кроме того, на тарель 2 в направлении закрытия действует момент от ее веса. При частичном открытии клапанов пульсация потока жидкости вызывает колебание тарели вокруг оси. Последствия таких колебаний особенно опасны для клапанов с эксцентрично

расположенной осью, так как тарель многократно ударяется об ограничитель открытия, что приводит к срезанию стопорных болтов, разрушению цапф и отрыву тарели от полуосей. При частичном открытии обратных клапанов значительно увеличивается их гидравлическое сопротивление, а в определенном интервале скоростей потока жидкости возрастают потери напора.



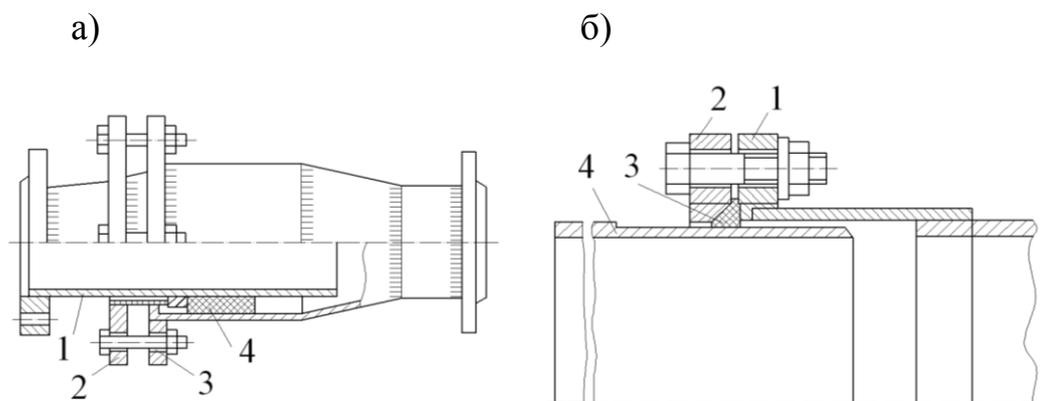
а – с верхней подвеской тарели; б – с эксцентрично расположенной осью;
1 – корпус; 2 – тарель; 3 – ось; 4 – рычаг

Рисунок 6.12 – Конструкции обратных клапанов

Для описанных клапанов характерен следующий недостаток: при достаточно быстром изменении направления движения жидкости в напорной линии насоса их тарель не успевает до конца закрыться, и процесс ее закрытия заканчивается уже при относительно большой скорости движения воды в обратном направлении, что приводит к гидравлическим и механическим ударам.

Монтажная арматура. К этой арматуре относят монтажные вставки, применяемые при монтаже и демонтаже внутристанционных коммуникаций. В

качестве монтажных вставок можно использовать сальниковые компенсаторы (рисунок 6.13, а).



- а – типа сальникового компенсатора (1, 3 – внутренний и наружный патрубки; 2 – подвижный фланец; 4 – сальниковая набивка);
 б – сварная стальная (1 – наружный патрубок; 2 – фланец; 3 – уплотнение; 4 – внутренняя труба)

Рисунок 6.13 – Конструкции монтажных вставок

Вставки можно выполнять и сварными стальными (рисунок 6.13, б). В отличие от компенсатора такие вставки имеют меньшую длину.

Контрольные вопросы к главе 6:

1. Чем отличаются всасывающие трубы от подводящих?
2. Какие требования предъявляют к напорным коммуникациям мелиоративных насосных станций?
3. Какую арматуру устанавливают на внутристанционных коммуникациях насосных станций?

7. НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

7.1. Общие сведения

Напорные трубопроводы транспортируют воду, находящуюся под давлением, от насосных станций до водовыпускных сооружений или мест ее отбора и являются ответственным элементом гидротехнического узла машинного водоподъема. Стоимость их (включая стоимость труб и работ по укладке) может превышать стоимость насосной станции с основным и вспомогательным оборудованием. Правильный выбор диаметра, материала и покрытий труб применительно к конкретным условиям строительства и эксплуатации позволяет значительно увеличить срок службы трубопровода и всей напорной системы и снизить расходы на их строительство и эксплуатацию. При снижении массы труб значительно облегчается их транспортировка, монтаж, ремонт и замена [34].

Потери напора в напорном трубопроводе должны быть по возможности минимальными. Они зависят в основном от шероховатости внутренней поверхности труб. При уменьшении шероховатости этой поверхности их значения также уменьшаются, а следовательно, снижаются необходимый напор и затраты энергии на подачу воды.

Напорные трубопроводы на насосных станциях выполняют железобетонными, стальными, асбестоцементными, чугунными и пластмассовыми. Обычно их прокладывают в грунте, а стальные также и на поверхности [27].

Во избежание неравномерной осадки каждая труба подземного трубопровода должна опираться по всей длине (кроме части в прямках) на ненарушенный грунт. Поэтому грунт в траншее, отрываемой под трубопровод, недобирают до проектной отметки, а недоборы зачищают непосредственно перед укладкой труб. Прямки для монтажа и заделки стыковых соединений труб диаметрами до 300 мм выкапывают перед установкой каждой трубы на место, а диаметрами более 300 мм за одни, двое суток до их установки на место. Крутизну откосов траншей и крепление вертикальных бортов назначают в зависимости от гидрогеологических условий и глубины траншеи.

Для отвода ливневых и фильтрационных вод вдоль трассы -подземных трубопроводов устраивают трубчатый дренаж в каменной стенке, а вдоль трассы стальных незасыпных открытый.

Пазухи траншей утрамбовывают слоями, с поливом каждого слоя водой. Только стальные трубопроводы диаметрами до 500 мм допускается засыпать без трамбования. Минимальная высота засыпки над верхом трубы 0,8 м.

Трубопроводы начинают прокладывать с пониженных и наиболее уда-

ленных от склада труб участков или с участков, поблизости от которых расположены действующие напорные трубопроводы, чтобы использовать их для испытания других участков трубопроводов.

Устройство лазов для периодического осмотра внутренних поверхностей надземных трубопроводов должно быть обосновано.

7.2. Выбор трассы, числа ниток и материала трубопровода

Выбор трассы. Протяженность напорных трубопроводов должна быть минимально возможной. Теоретически наименьшую длину имеют трубопроводы, оси которых лежат на прямых линиях, соединяющих насосную станцию с водовыпускным сооружением. Однако выбор трассы вдоль этих линий обычно приводит к излишним объемам земляных работ или невозможен по другим причинам. Трасса напорных трубопроводов в большинстве случаев имеет повороты как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости [33].

Напорный трубопровод целесообразно прокладывать с непрерывным подъемом к водовыпускному сооружению. Это упрощает его опорожнение на зимний период или для ремонта. Однако в конкретных топографических условиях такое требование выполнить не всегда удается. Поэтому на отдельных участках допускается прокладка трубопроводов с обратным уклоном. В повышенных точках перелома профиля устанавливают вантузы для выпуска воздуха при заполнении и нормальной эксплуатации напорных трубопроводов и клапаны для впуска воздуха при опорожнении трубопровода. В пониженных точках перелома профиля необходимо предусматривать устройства для опорожнения трубопроводов.

Число поворотов трассы напорных трубопроводов в вертикальной и горизонтальной плоскостях должно быть минимальным; резких поворотов следует избегать. В местах изменения направления оси трубопроводов следует устанавливать анкерные опоры.

Напорные трубопроводы должны быть защищены от размыва ливневыми водами. Трасса их должна проходить в благоприятных геологических условиях. Следует избегать прокладки трубопроводов в просадочных грунтах и на склонах с оползневыми явлениями. Если трасса трубопроводов все же проходит в просадочных грунтах, то перед укладкой труб необходимо выполнить мероприятия (замочка, механическое уплотнение, замена грунта), исключающие интенсивные осадки их в период эксплуатации.

Выбор числа ниток. При протяженности трассы до 100 м число ниток напорных трубопроводов Z_{TP} следует принимать равным числу насосов Z_n , при протяженности трассы 100...300 м, на основе технико-экономических расчетов,

при протяженности трассы более 300 м, меньше числа насосов. Если насосная станция подает воду в открытую емкость, то на одну нитку ее напорного трубопровода должно работать не более трех насосов, то есть $Z_{TP} \geq Z_H/3$. При подаче воды в сеть трубопроводов число работающих насосов на один напорный трубопровод можно назначить больше трех.

Насосная станция может иметь одну нитку напорного трубопровода только в том случае, если ее общая подача не превышает $5 \text{ м}^3/\text{с}$ и система водоподдачи допускает перерывы в подаче воды на время, необходимое для ликвидации аварии.

При параллельной прокладке нескольких ниток напорных трубопроводов расстояние в плане между наружными поверхностями труб (обычно находится в пределах $0,7...2,2 \text{ м}$) следует устанавливать с учетом организации и производства работ, необходимости защиты от повреждений смежных трубопроводов или аварии на одном из них, диаметра, материала труб, вида грунта. На параллельно проложенных напорных трубопроводах оросительных и осушительных насосных станций переключения не предусматривают.

Выбор материала трубопроводов. Материал напорных трубопроводов выбирают на основании статических расчетов с учетом условий их работы. На трубопровод всегда действует собственная масса трубы. Кроме того, он может находиться под воздействием давлений внутреннего, атмосферного (при образовании в нем вакуума), гидростатического грунтовых вод, грунта, временных нагрузок и массы транспортируемой воды.

При выборе материала труб нужно учитывать наиболее опасные комбинации указанных давлений и нагрузок для конкретных условий работы напорных трубопроводов. Предпочтение следует отдавать неметаллическим трубам. Применение стальных труб должно быть обосновано. Обычно эти трубы используют:

- при рабочих давлениях в трубопроводах более 1,5 МПа. Железобетонные и асбестоцементные трубы на такое давление не пускают;
- при диаметрах трубопроводов более 1600 мм и рабочих давлениях более 0,5 МПа. Неметаллические трубы выпускают меньших диаметров, а монолитные железобетонные на давление до 0,5 МПа;
- для переходов под железными и автомобильными дорогами, через овраги и водные преграды, при прокладке трубопроводов по опорам эстакад и в тоннелях.

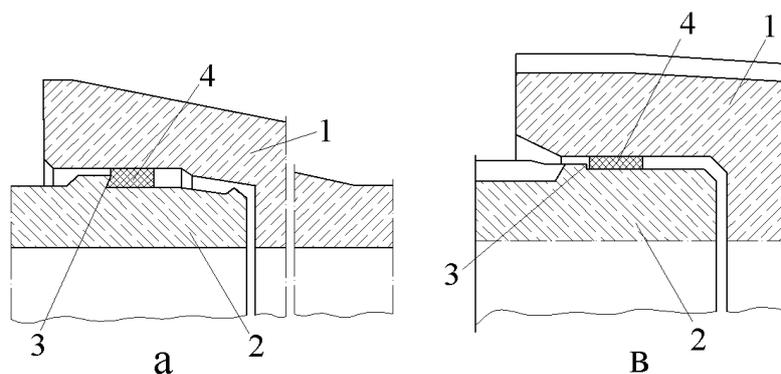
Стальные и пластмассовые трубопроводы следует рассчитывать на воздействие внутреннего давления и на совместное действие внешней приведенной нагрузки и атмосферного давления, а также на устойчивость при круглой форме поперечного сечения труб. Расчетное внутреннее давление рекомендуется

принимать равным или наибольшим по условиям эксплуатации или при гидравлическом ударе с учетом предусмотренных противоударных мероприятий (в зависимости от того, какое из них больше).

7.3. Железобетонные трубопроводы

Железобетонные трубопроводы прокладывают из сборных и монолитных железобетонных труб.

Сборные железобетонные трубы изготавливают методами виброгидропрессования на рабочее давление 1...1.5 МПа и центрифугирования на рабочее давление до 1 МПа. Соединение их раструбное (рисунок 7.1). Стыки уплотняют резиновыми кольцами 4 круглого сечения. Упор 3 препятствует выдавливанию уплотнительного кольца 4 из раструбной щели при воздействии на нее внутреннего гидравлического давления. Гибкий стык допускает взаимное смещение труб в продольном направлении до 5 мм и поворот конца трубы или прогиб в стыке до 1,5°. В начале монтажа на цилиндрический конец 2 трубы надевают резиновое кольцо 4. Затем трубу опускают краном или трубоукладчиком в траншею и центрируют относительно раструба ранее уложенной. Цилиндрический конец 2 отцентрированной трубы вводят в раструб ранее уложенной. Одновременно закатывают резиновое кольцо 4 в раструбную щель. Когда резиновое кольцо 4 доходит до бурта на цилиндрическом конце 2 трубы (об этом свидетельствует увеличение монтажных усилий), монтаж закончен.



а – виброгидропрессованные; б – центрифугированные; 1, 2 – раструбный и цилиндрический концы труб; 3 – упор; 4 – уплотнительное кольцо

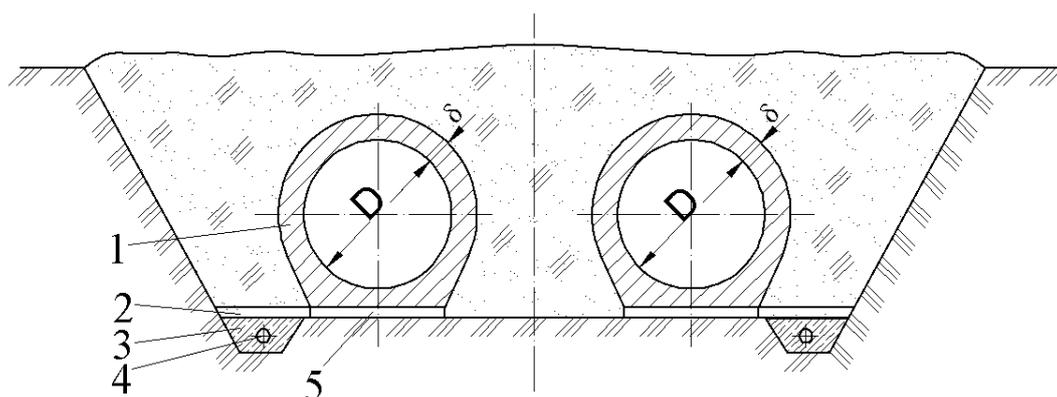
Рисунок 7.1 – Конструкции раструбных соединений сборных железобетонных труб

Сборные железобетонные трубы подразделяют на три класса. К 1-му классу относят трубы, предназначенные для прокладки трубопроводов с расчетным внутренним давлением до 1,5 МПа, ко 2-му до 1 МПа, к 3-му до 0,5 МПа.

На заводе трубы 1-го класса подвергают испытаниям на водопроницаемость давлением 1,8 МПа, 2-го давлением 1,3 МПа, 3-го давлением 0,6 МПа виброгидропрессованные и 0,7 МПа центрифугированные.

Гидравлическое сопротивление сборных железобетонных труб в значительной мере зависит от качества их внутренней поверхности. На состояние внутренней поверхности труб влияют состояние наружной поверхности резинового чехла, формирующего ее, и качественный состав бетонной смеси. Обычно гидравлическое сопротивление (потери напора) сборных железобетонных труб несколько меньше, чем стальных и чугунных того же диаметра.

Монолитные железобетонные трубы изготавливают на месте укладки из обычного монолитного железобетона класса прочности на сжатие 20, 25, 30, 40, с предварительно напряженной арматурой и со стальным сердечником. При высоте засыпки до 2 м поперечное сечение монолитных железобетонных трубопроводов принимают круглым, более 2 м, отличающимся от круглого, имеющим короткие горизонтальные или вертикальные вставки (рисунок 7.2).

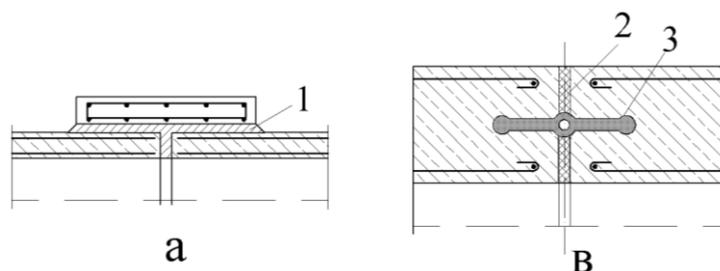


1 – монолитная железобетонная труба; 2, 3 – обратный фильтр;
4 – перфорированная асбестоцементная труба; 5 – подготовка из тощего бетона

Рисунок 7.2 – Схемы сечений монолитных железобетонных труб

В основание монолитных железобетонных трубопроводов укладывают подготовку из тощего бетона толщиной 0,1...0,15 м. В агрессивных грунтах подготовку следует выполнять из цемента, устойчивого по отношению к данному виду агрессивности.

Для снижения напряжений, вызываемых температурно-усадочными деформациями и неравномерностью осадок основания, трубопроводы разрезают деформационными швами (рисунок 7.3) на секции. Длину секции принимают в пределах 25...50 м. Конструкция деформационного шва должна обеспечивать свободное перемещение торцов труб соседних секций без нарушения прочности и герметичности трубопровода.



а – глухая железобетонная муфта; б – гибкий стык с использованием трехкулачковой резиновой шпонки; 1 – цементный раствор; 2 – битумные маты; 3 – профилированная резина

Рисунок 7.3 – Конструкции деформационных швов

Толщину стенок (см) монолитных железобетонных труб ориентировочно можно вычислить по следующей формуле:

$$\delta = 5 + 0,08D_B + 0,2H_p \quad (7.1)$$

где D_B – внутренний диаметр трубы, см; H_p – расчетный напор, м.

Достоинства железобетонных трубопроводов – коррозиестойки, являются диэлектриком, их пропускная способность не изменяется при эксплуатации, малометаллоемки, долговечны; недостаток – большая масса труб.

7.4. Стальные трубопроводы

Стальные трубопроводы следует применять только там, где трубопроводы из других материалов не могут быть использованы. Их прокладывают из стальных труб: сварных (прямошовных, спиралешовных, спиралешовных тонкостенных и водопроводных) и бесшовных (применяют только в том случае, когда в соответствии с расчетом на прочность установлена невозможность использования сварных труб). Диаметр, толщину стенок труб и марку стали можно назначать любыми.

Стальные трубопроводы в процессе эксплуатации подвергаются коррозии. Срок их службы, надежность и эффективность эксплуатации главным образом зависят от степени защиты металла от коррозионного разрушения. Внутренняя коррозия труб приводит к сквозному проржавлению, значительному увеличению гидравлического сопротивления (иногда в 8...10 раз) вследствие роста шероховатости, а следовательно, к сокращению срока эксплуатации трубопроводов, дополнительным затратам на их ремонт, перекладку, перерасходу энергии на подачу воды.

Для предотвращения коррозии внутреннюю и наружную поверхности

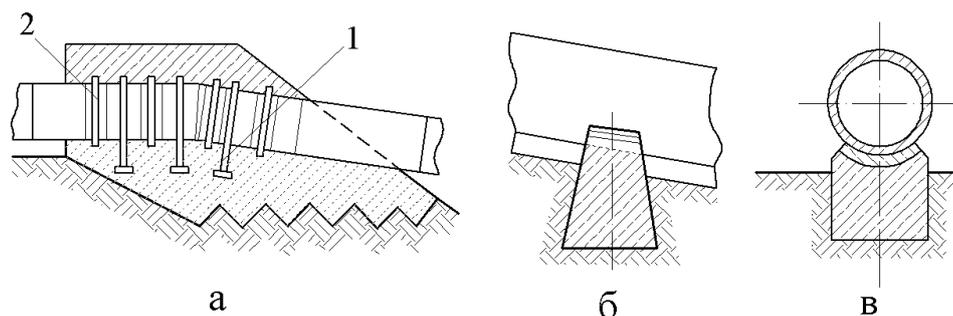
труб покрывают специальными оболочками (пассивные методы защиты) или применяют электрическую защиту труб.

Антикоррозийные покрытия наносят на трубы непосредственно перед их укладкой или в процессе ее. Для наружной изоляции труб в зависимости от коррозионной активности грунтов используют битумно-минеральные, битумно-полимерные, полимерные, этиленовые и другие аналогичные покрытия; для внутренней – покрытия на основе цемента и полимерные.

Если диаметр стальных трубопроводов превышает 2000 мм, их прокладывают по поверхности земли. Открытые трубопроводы выполняют неразрезными и разрезными.

Неразрезные трубопроводы применяют значительно реже разрезных. Их проектируют либо с гибким коленом (при использовании участка трубопровода в качестве коллектора для присоединения к нему напорных линий насосов), либо с криволинейной осью (при пересечении железных дорог, оврагов и рек шириной до 100 м).

На разрезных трубопроводах анкерные опоры (рисунок 7.4,а) устанавливают не реже чем через 200 м и во всех местах изменения их направления. Лишь при малых уклонах трубопровода расстояние между ними допускается принимать больше 200 м. Эти опоры на прямых участках трубопровода воспринимают осевые усилия, возникающие при температурных перепадах, в результате трения воды о стенки трубопровода, гидростатического и гидродинамического давления воды, а в местах изменения направления – центробежные силы и гидростатическое давление воды.



а – анкерная; б – промежуточная седловая; в – кольцевая с седловыми опорными устройствами; 1 – анкер; 2 – хомут

Рисунок 7.4 – Конструкции опор

Между анкерными опорами устанавливают компенсаторы и промежуточные опоры (воспринимают силы поперечные, действующие на трубопровод, и трения, возникающие при температурных перемещениях труб). Расстояния между промежуточными опорами (обычно составляет 12...21 м) определяют

расчетом.

По конструкции промежуточные опоры подразделяют на седловые и кольцевые. Седловые опоры (рисунок 7.4, б) применяют для относительно небольших диаметров трубопроводов (до 1000 мм). Они охватывают трубопроводы по дуге $90...120^\circ$. Для уменьшения трения на них укладывают металлические листы. Недостатки таких опор - образование местных напряжений в трубопроводе в местах их касания и значительной силы трения.

Кольцевые опоры выполняют со скользящими и катковыми опорными устройствами. Опоры со скользящими устройствами применяют для трубопроводов диаметрами до 1600 мм, а с катковыми (рисунок 7.4, в) – для трубопроводов диаметрами более 1600 мм. Опоры с катковыми устройствами должны иметь противоударные устройства для катков и упоры против перемещения трубопровода в поперечном направлении.

Все промежуточные опоры должны позволять регулировать положение трубопровода прокладками и клиновыми устройствами.

Компенсаторы можно использовать сальниковые, тарельчатые или линзовые. Между двумя анкерными опорами обычно устанавливают один компенсатор. Однако при прокладке напорных трубопроводов на слабых или просадочных грунтах допускается ставить два компенсатора осадочный и температурно-осадочный.

Оболочку открытого стального трубопровода при необходимости можно усиливать кольцами жесткости, расстояние между которыми определяют расчетом. Кольца жесткости в анкерных опорах изготавливают из листовой стали таврового сечения. Для удобства проведения монтажных работ расстояние от нижней части открытого трубопровода до поверхности земли должно быть не менее 600 мм.

Достоинства стальных трубопроводов – высокие прочность, пластичность, индустриальность монтажа, небольшая масса; недостатки – подверженность коррозии и зарастанию, увеличение гидравлического сопротивления в процессе эксплуатации, меньший срок службы по сравнению с неметаллическими и чугунными.

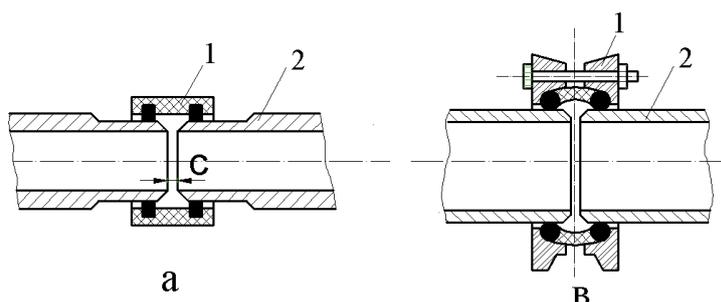
7.5. Асбестоцементные трубопроводы

Асбестоцементные трубопроводы прокладывают из труб четырех классов: ВТ6, ВТ9, ВТ12, ВТ15, рассчитанных на рабочее давление соответственно 0,6; 0,9; 1,2 и 1,5 МПа. Рабочим называют максимальное гидравлическое давление, при котором можно использовать трубу данного класса при отсутствии внешней нагрузки. Класс труб выбирают на основе расчетов, учитывающих условия

эксплуатации трубопровода. Трубы каждого класса в зависимости от внешнего диаметра и длины подразделяют на три типа: к первому относят трубы диаметрами 100...500 мм, длиной 3...4 м; ко второму – трубы диаметрами 200...500 мм, длиной 5 м; к третьему – трубы диаметрами 200...300 мм, длиной 6 м.

На заводах-изготовителях трубы класса ВТ6 испытывают на водопроницаемость гидростатическим давлением 1,2 МПа, ВТ9 – давлением 1,8 МПа, ВТ12 – давлением 2,5 МПа, ВТ15 – давлением 3 МПа.

Асбестоцементные трубы соединяют между собой муфтами: асбестоцементными или чугунными (рисунок 7.5). Уплотняют соединения резиновыми кольцами.



а – асбестоцементной; б – чугунной;
1 – муфта; 2 – труба

Рисунок 7.5 – Конструкции соединений асбестоцементных труб муфтами

Достоинства асбестоцементных трубопроводов – небольшая масса, являются диэлектриком, стойки в отношении коррозии; недостаток – хрупкость. При ударах в стенках асбестоцементных труб могут образоваться незаметные на глаз трещины, которые можно обнаружить только при заполнении трубопровода водой. Поэтому при транспортировке, разгрузке и монтаже таких труб необходимо соблюдать меры предосторожности.

7.6. Чугунные трубопроводы

Чугунные трубопроводы прокладывают из труб диаметром 65...1000 мм, изготавливаемых из серого чугуна методами центробежного и полунепрерывного литья. Они могут иметь стыковые соединения раструбные, которые уплотняют просмоленной или битуминированной пеньковой прядью и заделывают асбестоцементным раствором, и под резиновые манжеты. Стыковые соединения под резиновые манжеты обладают рядом преимуществ по сравнению с другими: они более гибки, имеют такую же прочность, что и трубы, допускают угловую деформацию трубопроводов до 4°, монтаж их можно полностью механизиро-

вать.

Чугунные трубы диаметром 65...300 мм выпускают длиной 2...6 м, а диаметром 400...1000 мм длиной 5...10 м.

Достоинства чугунных трубопроводов более коррозиестойкие, чем стальные, имеют большой срок службы, гидравлическое сопротивление в процессе их эксплуатации не изменяется; недостатки большая масса и значительная стоимость труб.

7.7. Пластмассовые трубопроводы

На сегодняшний день пластмассовые трубы имеют достаточно широкую сферу применения, являются очень востребованными, ряд свойств, выгодно отличающих их от других видов, делает эти изделия из пластика практически незаменимыми. Так, в отличие от металлических труб, они не подвергаются коррозии, не увеличивается сопротивление во времени, а их потери напора на трение на 30 % меньше. К тому же такие трубы морозоустойчивы и сохраняют пластичность при сниженной температуре. У них небольшой вес, хорошая пропускная способность, низкая теплопроводность. А также они отличные диэлектрики и просты при сборке. Единственный минус – низкая сопротивляемость раздавливанию [12].

Пластмассу получают из углеродов пропилена (ПП) или этилена (ПВХ, ПЭ), входящих в состав нефти и газа. Самыми популярными являются пластиковые трубы из поливинилхлорида (ПВХ), запросто поддаются сварке, могут растворяться в некоторых растворителях, имеют наиболее низкий коэффициент линейного расширения при рабочей температуре + 60° С. Монтаж труб из ПВХ обычно осуществляется методом холодной сварки. Прокладываются они как наружным, так и скрытым способом.

Трубы из полипропилена (ПП). Их монтаж выполняется методом диффузионной сварки, осуществить которую можно всего за несколько минут, а сама конструкция имеет высокую герметичность.

Полиэтиленовые (ПЭ) трубы подходят для использования при низких температурных показателях. Их часто применяют при создании наружных трубопроводов, предназначенных для транспортирования воды питьевого и хозяйственного назначения. Соединение полиэтиленовых труб, имеющих диаметр меньше 63 мм, проводится с помощью электросварных муфт, полипропиленовых и латунных фитингов с уплотнительными кольцами. Трубы с диаметром, превышающим 63 мм, соединяют методом стыковой сварки, а трубы из сшитого полиэтилена – методом неразъемного соединения или холодной запрессовки, как его еще называют.

Материал и тип пластмассовых труб выбирают с учетом условий работы и срока службы трубопроводов, температуры воды, агрессивности грунта.

Напорные трубопроводы из пластмассовых труб в компенсаторах не нуждаются. Для замедления старения такие трубопроводы должны быть защищены от действия прямых солнечных лучей.

Достоинства пластмассовых трубопроводов – не подвержены электрохимической коррозии, потери напора приблизительно на 30% меньше, чем в стальных трубопроводах, гидравлические сопротивления в процессе эксплуатации практически не изменяются, давление при переходных процессах повышается меньше, чем в трубопроводах из других материалов, благодаря меньшему модулю упругости материала небольшая масса труб; недостатки – невысокое сопротивление раздавливанию и большое значение коэффициента линейного расширения.

7.8. Испытание трубопроводов

В соответствии с правилами приемки строительных работ перед сдачей в эксплуатацию проводят испытание напорных трубопроводов: гидравлические или пневматические (если по климатическим условиям использовать воду нельзя или ее не хватает). Трубопроводы, уложенные в грунте, подвергают испытаниям вначале предварительным на прочность, а потом окончательным на плотность [15].

Предварительное испытание (выполняет строительно-монтажная организация) осуществляют на отдельных участках трубопровода длиной не более 1 км до засыпки его землей и установки вантузов, гидрантов, клапанов для впуска воздуха и другой трубопроводной арматуры. Концы выделенных для испытания участков перекрывают заглушками. Между испытываемыми участками ставят упоры: при наличии земляных перемычек, используя ненарушенный грунт, а при их отсутствии свайный (или трубы последующих участков при помощи винтовых распорок упирают в ранее уложенный и испытанный участок). Пазухи тщательно подбивают. Трубопровод заполняют водой от насоса или от другого расположенного вблизи действующего трубопровода, начиная с нижнего конца участка. Из вышерасположенного конца участка при этом выпускают воздух. При гидравлических испытаниях на прочность в трубопровод дополнительно подкачивают воду гидравлическим прессом. Когда давление снизится, трубопровод осматривают. Напорный трубопровод считается выдержавшим предварительное гидравлическое испытание, если нет разрыва труб и фасонных частей и утечек воды. Обнаруженные дефекты устраняют, и трубопровод подвергают повторному предварительному испытанию.

Окончательное испытание выполняют (в присутствии приемочной рабочей комиссии в составе представителей заказчика и строительно-монтажной организации) после завершения всех работ и засыпки траншеи. Вместо вантузов, клапанов для впуска воздуха и другой арматуры устанавливают заглушки. Фактическая утечка воды из трубопровода после испытания не должна превышать допустимую. Объем утечек соответствует объему воды, который придется добавлять в трубопровод для поддержания в нем испытательного давления.

Испытательное давление, время, в течение которого трубопровод должен находиться под этим давлением, допустимые утечки и длины испытываемых участков определяют по нормативным документам, проектам и инструкциям.

Пневматические испытания можно выполнять при рабочем давлении в трубопроводе не более 0,5 МПа. Для лучшего обнаружения неплотностей в испытываемых трубопроводах воздух перед закачкой иногда смешивают с дымом или одорируют, то есть добавляют в него остропахнущие газы. Нарушение герметичности можно обнаружить и по звуку выходящего воздуха.

Стальные напорные трубопроводы, проложенные на поверхности земли, подвергают испытаниям только на прочность.

Контрольные вопросы к главе 7:

1. Как определяют число ниток напорных трубопроводов?
2. Назовите способы соединения железобетонных, асбестоцементных и чугунных труб.
3. Какие напорные трубопроводы можно прокладывать открыто?
4. Укажите назначение анкерных и промежуточных опор.

8. ВОДОВЫПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

8.1. Назначение и классификация

Водовыпускное сооружение соединяет концевую (наиболее удаленную от здания насосной станции) часть напорных трубопроводов с водоприемником (водопотребителем) открытым оросительным каналом, водохранилищем, резервуаром, рекой. Оно должно: предотвращать обратный ток воды из водоприемника по напорным трубопроводам при отключении насосных агрегатов или разрыве напорного трубопровода; обеспечивать плавный выпуск воды из напорных трубопроводов в водоприемник с наименьшими потерями напора, распределение ее нескольким водопотребителям, надежный, устойчивый пуск насосов и впуск воздуха в напорные трубопроводы при их опорожнении от воды; обладать достаточной прочностью и устойчивостью; быть удобным в эксплуатации.

В общем случае в состав водовыпускного сооружения входят: водовыпускной оголовок, в котором находятся выходные диффузоры напорных трубопроводов; рабочие и ремонтные затворы; успокоительный колодец; элементы, сопрягающие колодец с отводящим каналом; аварийный сброс при опасности переполнения успокоительного колодца водой и перелива ее через стены сооружения или бермы канала [25].

По конструкции и способу предотвращения обратного тока воды при отключении насосных агрегатов различают водовыпускные сооружения: с запорными устройствами механического действия; сифонного типа; с переливной стенкой.

По числу водоприемников, в которые необходимо подать воду, водовыпускные сооружения подразделяют на прямоточные (подача воды в один водоприемник) и делители (подача воды в два или более оросительных канала, начинающихся непосредственно у водовыпускного сооружения).

В зависимости от расположения относительно здания насосной станции различают водовыпускные сооружения:

- отдельные. Применяют, когда разница между отметками уровня воды в водоприемнике и оси напорного патрубка насоса значительная и требуется устройство напорного трубопровода;
- совмещенные. Применяют при подаче воды низконапорными осевыми или диагональными насосами, вертикальные габаритные размеры которых соизмеримы с геодезической высотой подъема.

Водовыпускные сооружения выполняют как с затопленными выходными отверстиями трубопровода (расположены ниже минимального уровня воды в

водоприемнике), так и с периодически затопляемыми (расположены между максимальным и минимальным уровнями воды).

8.2. Сооружения с запорными устройствами механического действия

Водовыпускные сооружения с запорными устройствами механического действия универсальны. Их можно применять при любой амплитуде колебаний уровней воды в водоприемнике, а при соответствующем типе запорного устройства и при любой подаче насосной станции. На один напорный трубопровод может работать любое число насосов. Концевая часть напорных трубопроводов прямолинейна. Запорные устройства предотвращают обратный ток воды из водоприемника по напорным трубопроводам при отключении насосных агрегатов или разрыве напорного трубопровода [25].

Сооружения с рабочими запорными устройствами механического действия благодаря простой форме проточной части имеют малые гидравлические сопротивления и стоимость, просты в изготовлении. Недостатки их - протечки воды из водоприемника в напорный трубопровод при ремонтах через уплотнения рабочих и ремонтных затворов, необходимость установки аварийно-ремонтных затворов для проведения регулярных осмотров и ремонтов уплотнений и подвижных частей затворов и их регулировок.

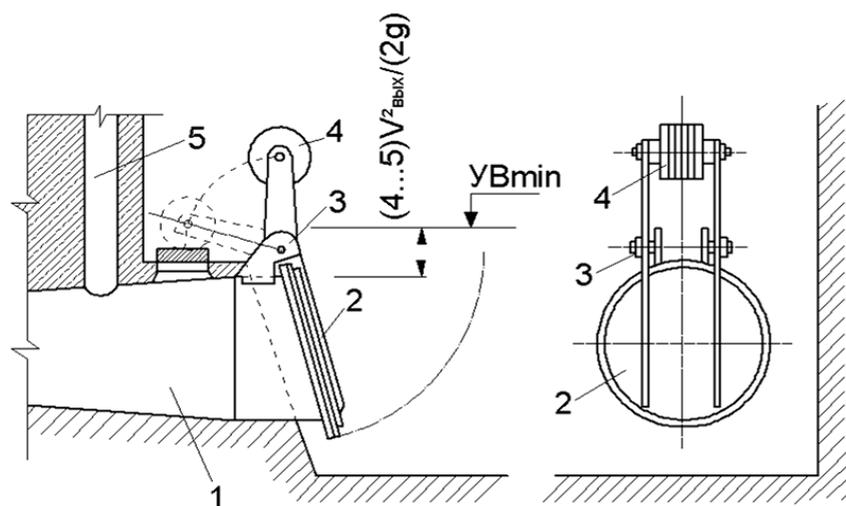
В качестве запорных на водовыпускных сооружениях применяют следующие устройства:

- простейшие однодисковые обратные клапаны-захлопки при диаметре выходного отверстия напорного трубопровода $D_{вых} \leq 1,2$ м;
- многодисковые клапаны-захлопки при $D_{вых} > 1,2$ м;
- клапанные затворы (с верхней горизонтальной осью вращения), оборудованные гидроприводом при площади выходного отверстия напорного трубопровода до 20 м²;
- плоские и сегментные затворы, снабженные подъемными механизмами, при площади выходного отверстия напорного трубопровода более 1 м²;
- обратные клапаны стандартного изготовления, которые устанавливают перед выходным диффузором.

Однодисковый клапан-захлопка (рисунок 8.1) представляет собой металлический диск с горизонтальной осью вращения, расположенной на верхней кромке выходного диффузора напорного трубопровода. По контуру выходного отверстия трубопровода устраивают резиновое уплотнение. При включении насоса вода заполняет трубопровод и достигает клапана. Под ее напором диск открывается, и вода поступает в водоприемник. При отключении насоса движение воды по напорному трубопроводу вначале прекращается, а затем начи-

нается уже в обратном направлении (из водоприемника). Диск под действием собственного веса и напора воды закрывается и ударяет по уплотнению. Для снижения силы ударов дисков по уплотнению и обеспечения более полного их открытия при диаметрах $D_{вых}=0,6...1,2$ м диски снабжают противовесами.

В водовыпускных сооружениях, оборудованных затворами механического действия, следует предусматривать воздуховоды трубы или галереи для выпуска воздуха из напорных трубопроводов при пуске насосов и впуска воздуха в них при отключении насосов и закрытии основных затворов.



1 – выходной диффузор трубопровода; 2 – диск; 3 – шарнир;
4 – противовес; 5 – воздушная труба

Рисунок 8.1 – Схема однодискового обратного клапана-захлопки

Выпуск воздуха из напорного трубопровода предотвращает повышение пускового напора насоса, а впуск воздуха в него препятствует образованию вакуума в нем при опорожнении. Воздушную трубу присоединяют к верхней точке напорного трубопровода, а выходное отверстие ее размещают выше максимального уровня воды в водоприемнике. Поперечное сечение воздуховода определяют по скоростям воздуха 40...50 м/с. Расход воздуха принимают равным расчетной подаче насоса при его выпуске и расходу насоса при турбинном режиме работы при обратном течении воды по трубопроводу. В водовыпускных сооружениях, оборудованных быстропадающими затворами, роль воздуховодов выполняют предзатворные камеры, соединяемые с атмосферой.

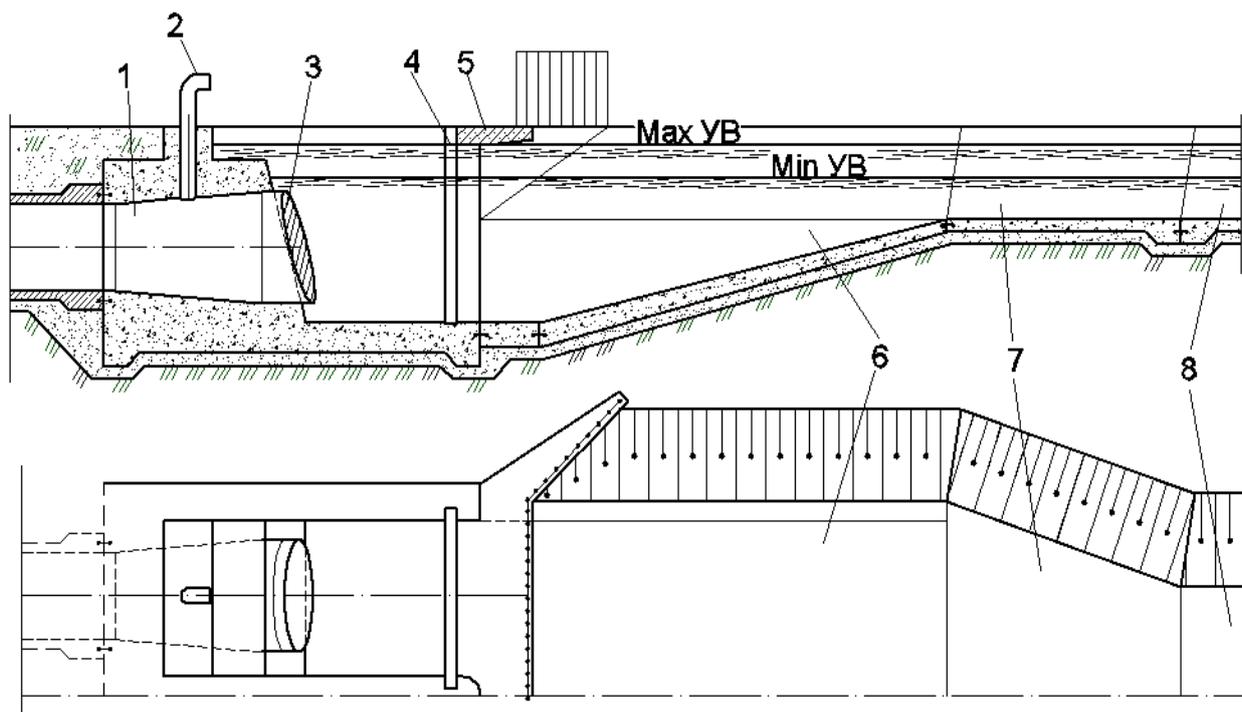
Основные размеры водовыпускного сооружения определяют в зависимости от размеров и числа напорных трубопроводов, размеров водоприемника (в большинстве случаев открытого канала) и амплитуды колебаний уровней воды в нем.

Порядок конструирования водовыпускного сооружения с затворами механического действия следующий. Задавая скорость на выходе из напорного

трубопровода $v_{\text{вых}}=1,5...2$ м/с, находят площадь выходного отверстия $F_{\text{вых}}$. При $F_{\text{вых}} < 2 \text{ м}^2$ форму выходного отверстия обычно принимают круглой, при $D_{\text{вых}} > 2 \text{ м}^2$ прямоугольной. Характерные размеры круглого сечения $D_{\text{вых}}$, прямоугольного $H_{\text{вых}}$ и $B_{\text{вых}}$. Переход с круглого сечения напорного трубопровода на выходное сечение площадью $F_{\text{вых}}$, осуществляют с помощью диффузора с углом конусности не более 10° . Верхняя точка выходного отверстия должна быть ниже минимального уровня воды в водоприемнике на значение $h_{\text{заг}}=(4...5) v_{\text{вых}}^2/(2g)$ (рисунок 8.2), но не менее 0,2 м. Из выходного отверстия трубопровода вода поступает в водовыпускную камеру шириной

$$b_{\text{кам}} = B_{\text{вых}} + 2b, \quad (8.1)$$

где b – запас между стенкой быка и выходным отверстием для размещения уплотняющих конструкций, принимают $b=0,3$ м, а при использовании плоских или сегментных затворов $b=0$; $B_{\text{вых}}$ – ширина выходного отверстия трубопровода, при круглом отверстии $B_{\text{вых}}=D_{\text{вых}}$, м.



- 1 – выходной диффузор трубопровода; 2 – воздушная трубка;
 3 – клапан-захлопка; 4 – паз под ремонтный затвор; 5 – служебный мостик;
 6 – успокоительный колодец; 7 – переходный участок; 8 – отводящий канал

Рисунок 8.2 – Схема водовыпускного сооружения, оборудованного клапан-захлопка

Каждое выходное отверстие отделяют от соседнего разделительной стенкой быком, в котором размещают пазы рабочих и ремонтных затворов.

Длина быка должна быть достаточной для размещения затворов и служебных мостиков.

Длина водовыпускного фронта сооружения (водовыпускного оголовка)

$$B_{\text{вып}} = b_{\text{кам}} n + b_{\text{б}}(n-1), \quad (8.2)$$

где n – число напорных трубопроводов; $b_{\text{б}}$ – толщина быка, м.

Из водовыпускного оголовка вода поступает в начальную часть успокоительного колодца, дно которого горизонтально и прямоугольно в плане.

Глубина колодца равна высоте водовыпускного оголовка:

$$H_{\text{вып}} = H_{\text{вых}} + b + h_{\text{заг}} + \Delta H + h_{\text{зап}}, \quad (8.3)$$

где $H_{\text{вых}}$ – высота выходного отверстия трубопровода, при круглом отверстии $H_{\text{вых}} = D_{\text{вых}}$, м; ΔH – амплитуда колебаний уровней воды в водоприемнике, м; $h_{\text{зап}}$ – превышение стен колодца над максимальным уровнем воды, м.

Для водовыпускного сооружения с быстропадающими затворами в формулу (8.3) следует ввести значение, соответствующее напору на гребне водослива при расходе, равном подаче насоса. Длину начальной части колодца принимают равной (2...3) $D_{\text{вых}}$ или (2...3) $H_{\text{вых}}$. Дно колодца сопрягают с дном отводящего канала наклонным порогом с уклоном 0,2 (дно колодца обычно ниже дна канала).

Общая длина колодца

$$L_{\text{кол}} = (2...3) D_{\text{вых}} + 5p, \quad (8.4)$$

где p – высота порога, равная разности отметок дна канала и колодца, м.

Стенки колодца могут быть откосными (для малых и средних насосных станций) или вертикальными. Вертикальные боковые устои водовыпускного оголовка или колодца с откосными стенками сопрягают, как правило, обратными стенками, поставленными под углом 45...90° к оси сооружения, а дно колодца в плане с дном отводящего канала – переходным участком с углом конусности 35...40°. Иногда переходный участок совмещают с наклонным порогом, что позволяет сократить общую длину водовыпускного сооружения.

Переходный участок и начальную часть отводящего канала крепят бетонными плитами или каменной наброской.

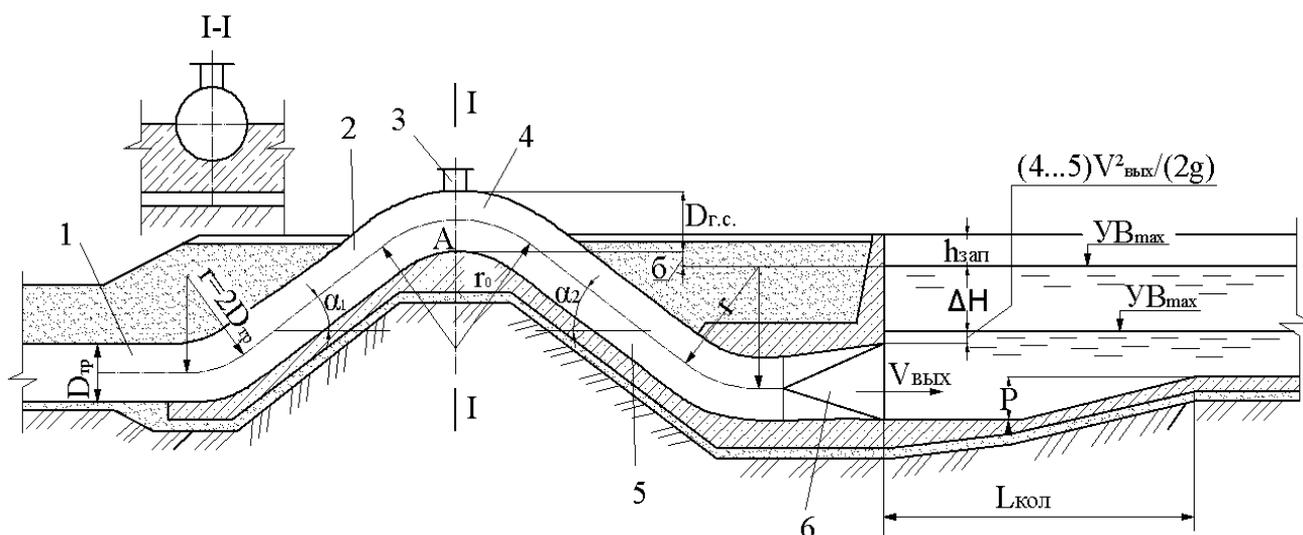
8.3. Сооружения сифонного типа

Водовыпускные сооружения сифонного типа наиболее распространены на мелиоративных насосных станциях.

Обратное течение воды через сифон (им заканчивается напорный трубопровод) предотвращается искусственно создаваемой специальным клапаном

срыва вакуума его разрядкой. На таких сооружениях никаких затворов механического действия не предусматривают. Область их применения ограничивают следующие условия: максимальный статический вакуум (превышение наивысшей точки сифона над минимальным уровнем воды в водоприемнике) должен быть не больше 6 м; при пуске насос не должен попадать в неустойчивую зону; при любых режимах работы напорного трубопровода сифон должен заряжаться.

Характерная конструктивная особенность сооружения сифонного типа – устройство концевой части напорного трубопровода в форме колена, изогнутого в вертикальной плоскости. При подаче воды по трубопроводу это колено работает в условиях вакуума, поэтому его называют сифоном. Сифон снабжают вспомогательными устройствами, выпускающими воздух из него при пуске насоса и впускающими воздух в него в количестве, достаточном для срыва вакуума при остановке насосов, то есть прекращении подачи воды по трубопроводам. Выпуск воздуха из сифона предотвращает повышение пускового напора насоса, а впуск воздуха в него (или разрядка) – обратное течение воды из водоприемника по напорному трубопроводу через насосы. Чтобы насосы работали наиболее эффективно, вакуум в сифоне должен быть максимальным в течение всего времени подачи воды по напорным трубопроводам, а сифон – герметичным (рисунок 8.3).



- 1 – напорный трубопровод; 2 и 5 – восходящая и нисходящая ветви сифона;
3 – люк для установки клапана срыва вакуума; 4 – горло сифона;
6 – выходной диффузор

Рисунок 8.3 – Схема водовыпускного сооружения сифонного типа

Проточную часть сифона можно разделить на несколько участков: восходящую ветвь, которая включает колено и наклонный участок, в пределах которого при необходимости осуществляется переход от круглого Поперечного

сечения напорного трубопровода к прямоугольному; горловое колено 4, нижняя точка которого является гребнем (порогом) сифона; нисходящую ветвь (см. рисунок 8.3), состоящую из наклонного участка, колена и выходного диффузора (в отдельных случаях выходной диффузор можно совместить с наклонным участком). Сечение I-I (см. рисунок 8.3) называют *горлом сифона*. Верхнюю кромку выходного сечения сифона называют *шелыгой*; а верхнюю образующую горлового колена 4 и наклонного участка *капором сифона*. Гребень сифона (точка А) должен быть выше максимального уровня воды, а шелыга – ниже минимального уровня воды в источнике. При пуске насоса вода постепенно заполняет напорный трубопровод, достигает гребня сифона и начинает переливаться через него. Воздух, находящийся в трубопроводе, выходит в атмосферу через открытый клапан срыва вакуума. Площадь выпускных отверстий клапана определяют, исходя из следующего требования: воздух не должен скапливаться в верхней части сифона, поскольку прорыв его в водоприемник из-под шелыги может вызвать колебание давления в сифоне и изменение напора насоса, что неблагоприятно отразится на работе насосной станции. В начальный момент перелива воды через гребень сифон работает как водослив, а геометрическая высота подъема насоса (определяется разностью отметок уровней воды на гребне сифона и в водоисточнике) будет максимальной.

Это обстоятельство следует учитывать при подборе насоса рабочая точка не должна попадать в область его неустойчивой работы. На характеристиках осевых насосов обычно указано значение максимального статического напора, превышать которое не следует. Когда уровень воды достигает гребня, и она начинает переливаться через него, сифон разобщается с атмосферой. Характер течения воды в нисходящей ветви имеет некоторые особенности.

На нисходящей ветви поток воды находится в бурном состоянии, поскольку уклон ее значительно превосходит критический. Этот поток сопрягается с потоком воды в колене и выходном диффузоре посредством гидравлического прыжка. Под капором сифона и верхней образующей нисходящей ветви заземляется воздух.

Эффективная и надежная работа сифона определяется устойчивым вакуумом и полным выносом выделяющегося из воды воздуха в водоприемник. Процесс выноса воздуха по мере подъема уровня воды в нисходящей ветви замедляется. Поэтому, если по каким-либо причинам герметичность сифона нарушается и в него начинает проникать воздух извне, он может разрядиться.

Зарядный расход для сифонов круглого сечения

$$Q_{зар} = \sqrt{g D_{г.с}^{2,5}} (0,53 - 0,17 \alpha_1 / 90), \quad (8.5)$$

где $D_{г.с}$ – диаметр (м), горлового сечения сифона; α_1 – угол наклона вос-

ходящей ветви сифона, град; g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Для крупных насосных станций зарядить сифон можно и при помощи вакуум-насоса. Но такая зарядка должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

При конструировании проточной части сифона следует:

– принимать угол наклона к горизонту восходящей ветви $30...45^\circ$, а нисходящей $30...40^\circ$ (меньшие углы наклона облегчают зарядку сифона);

– при диаметре трубопровода $D \leq 2,2$ м выполнять сифон из стальных (на сварке) труб с круглым поперечным сечением как восходящей, так и нисходящей ветвей;

– при $D > 2,2$ м изготавливать сифон из железобетона (желательно с внутренней стальной облицовкой для лучшей герметизации) прямоугольным поперечным сечением шириной $B = D$ и высотой $H = 0,8D$ (возможны и другие соотношения B и H , но площадь сечения обычно сохраняют постоянной). Переход с круглого сечения на прямоугольное осуществляют в пределах восходящей ветви на участке длиной не менее $2D$;

– назначать радиусы закруглений горлового колена не менее $(2...3,5)H$, нижнего колена восходящей и нисходящей ветвей не менее $2H$ (для круглого сечения $H = D$);

– определять площадь выходного отверстия сифона по допустимой скорости $1,5...2$ м/с. Переход с сечения нисходящей ветви на выходное сечение осуществляют с помощью диффузора с углом конусности $8...10^\circ$;

– устанавливать сифон так, чтобы шельга выходного отверстия была ниже минимального уровня воды в водоприемнике на $4...5$ скоростных напоров, но не менее чем на $0,2$ м, а гребень был выше максимального уровня воды в водоприемнике (с учетом высоты волн) не менее чем на $0,2$ м.

Ширина выходного оголовка, в котором размещают выходные диффузоры сифонов,

$$B_{\text{вып}} = B_{\text{вых}}n + \delta(n-1), \quad (8.6)$$

где $B_{\text{вых}}$ – ширина выходного отверстия, при круглом отверстии $B_{\text{вых}} = D_{\text{вых}}$, м; δ – толщина стенки, разделяющей выходные диффузоры сифонов, м, определяют из условий производства работ и прочности.

Из выходных отверстий сифонов вода поступает непосредственно в общий успокоительный колодец (бассейн) шириной $B_{\text{вых}}$ (быки здесь не устраивают). Другие размеры успокоительного колодца определяют так же, как и для водовыпускного сооружения с запорными устройствами механического действия.

Поскольку в сифоне необходимо поддерживать полный (предельный) вакуум в течение всего времени подачи воды по напорному трубопроводу, к кла-

пану срыва вакуума предъявляют следующие требования. Он должен: обеспечивать надежный срыв вакуума в сифоне при прекращении прямого течения воды по напорному трубопроводу; обладать высокой герметичностью для поддержания вакуума в сифоне при подаче воды по трубопроводу; работать автоматически. Клапаны срыва вакуума по принципу действия можно разделить на гидравлические и механические. Каждый клапан имеет отверстие для впуска воздуха в сифон. Через это же отверстие выпускают воздух из напорного трубопровода при его заполнении. Оно должно закрываться или открываться при помощи запорного устройства.

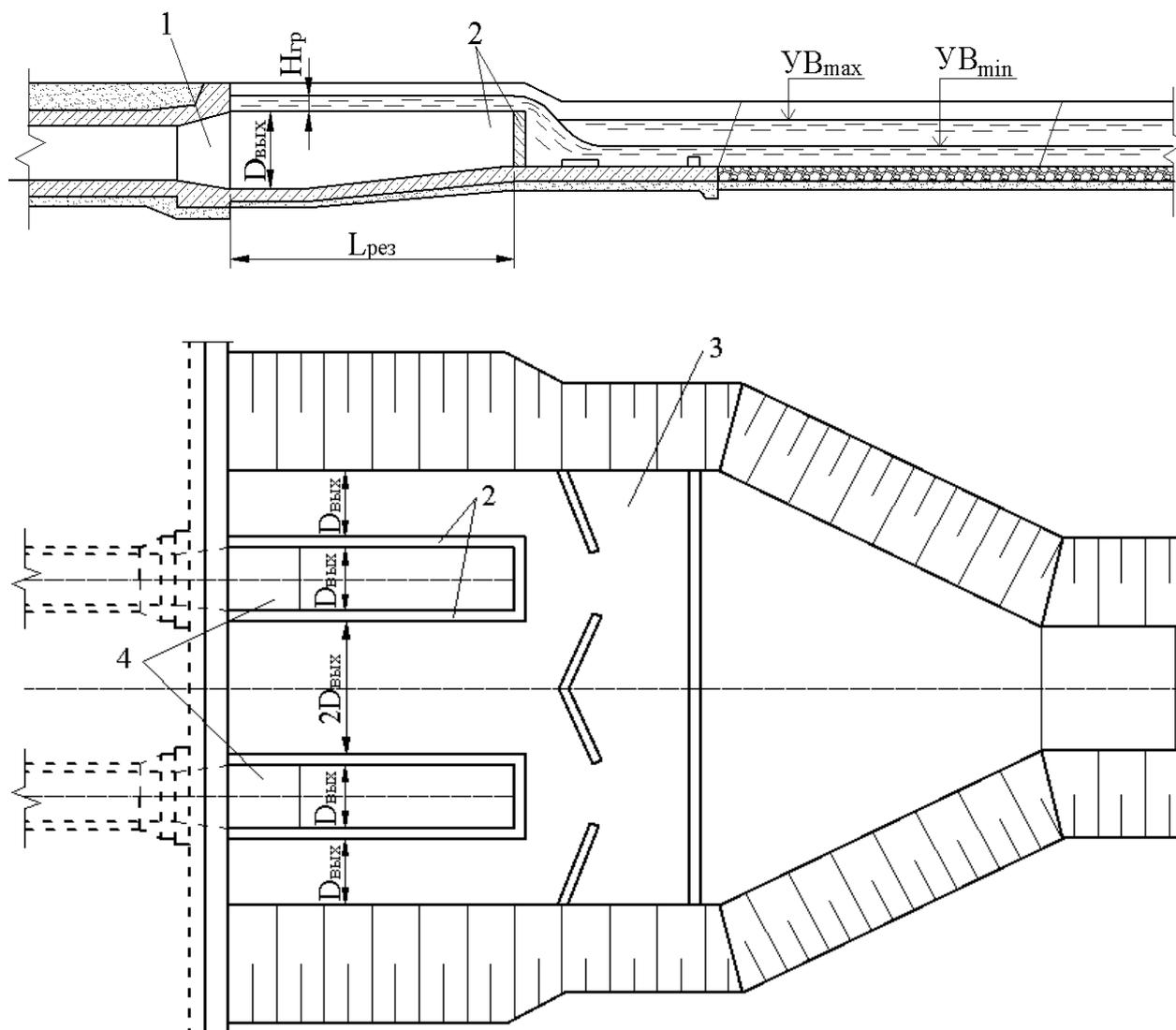
Достоинства сифонных водовыпускных сооружений отсутствуют какие-либо ремонтные затворы, при разряженных сифонах и неработающих насосах нет протечек воды из водоприемника в напорные трубопроводы, что облегчает проведение ремонтных работ. Однако следует помнить, что такое сооружение может работать и с незаряженным сифоном, что превращает его в водовыпускное сооружение с переливной стенкой, но с гораздо худшими гидравлическими характеристиками. В этом случае высота подъема насоса увеличивается на значение, равное разности отметок наивысшей точки сифона и уровня воды в водоприемнике, подача его снижается; а режимная точка смещается влево. Для обеспечения постоянной работы сифона в заряженном состоянии необходимы: тщательный регулярный контроль за работой водовыпускного сооружения, проверка герметичности сифона и работоспособности клапанов срыва вакуума. Отказ (несработка) клапана срыва вакуума может привести к длительному обратному течению воды по трубопроводу и аварии.

8.4. Сооружения с переливными стенками

Водовыпускные сооружения с переливной стенкой рекомендуется применять при малой амплитуде колебаний уровней воды в водоприемнике, обычно не превышающей 0,5 м. Из напорного трубопровода вода поступает в резервуар, стенки которого возвышаются над максимальным уровнем воды в водоприемнике, а из резервуара переливается в водоприемник. Обратное движение воды из водоприемника в трубопроводы невозможно. В таких сооружениях нет механических узлов [25].

Водовыпускное сооружение с переливными стенками (рисунок 8.4) имеет простую конструкцию и надежно в эксплуатации. Вода из диффузора напорного трубопровода со скоростью $v_{вых}$ поступает в резервуар, изолированный со всех сторон вертикальными стенками от бассейна. Уровни воды в бассейне равны уровням воды в водоприемнике. Верхняя кромка стенок горизонтальна и превышает максимальный уровень воды в водоприемнике обычно не более чем на

0,1 м. Вода, переливаясь через стенки, поступает в бассейн. Стенки работают как неподтопленный водослив с тонкой стенкой.



1 – выходной диффузор напорного трубопровода; 2 – стенки резервуара;
3 – бассейн; 4 – резервуар

Рисунок 8.4 – Схема водовыпускного сооружения с переливными стенками

Для пропуска расхода $Q_{гр}$ ($\text{м}^3/\text{с}$), проходящего по трубопроводу, на гребне водослива должен создаваться напор

$$H_{гр} = Q_{гр} / (mL\sqrt{2g})^{2/3}, \quad (8.7)$$

где L - длина гребня водослива, м; m - коэффициент расхода.

Чем больше длина гребня водослива L и коэффициент расхода m , тем меньше напор на водосливе $H_{гр}$, а следовательно, эффективнее его работа. Форма резервуара в плане может быть любой круглой, прямоугольной, поли-

гональной и т. д.

Разность отметок уровней воды в резервуаре и водоприемнике является дополнительной высотой подъема насоса $h_{\text{дон}}$. При максимальном уровне в водоприемнике значение $h_{\text{дон}}$ будет наименьшим:

$$h_{\text{дон}} = H_{\text{ГР}} + 0,1. \quad (8.8)$$

При уровнях воды в водоприемнике ниже максимального

$$h_{\text{дон}} = H_{\text{ГР}} + 0,1 + \Delta H, \quad (8.9)$$

где ΔH – амплитуда колебаний уровней воды в водоприемнике, м.

Водовыпускное сооружение с переливными стенками следует применять при $\Delta H = 0,5$ м. Длина гребня водослива должна быть такой, чтобы $H_{\text{ГР}} = 0,2 \dots 0,4$ м, а удельный расход на 1 м водослива $q = 0,2 \dots 0,9$ м³/с.

Размеры водосливной стенки можно определить следующим образом:

– назначают толщину гребня водослива (в верхней части) $\delta_{\text{ГР}} \leq 0,5 H_{\text{ГР}}$, вычисляют коэффициент расхода водослива

$$m = 0,44(0,7 + 0,185 H_{\text{ГР}} / \delta_{\text{ГР}}); \quad (8.10)$$

– вычисляют длину водосливной грани резервуара

$$L = Q_{\text{мп}} / [m(2g)^{1/2} H_{\text{ГР}}^{3/2}]. \quad (8.11)$$

где $Q_{\text{мп}}$ – максимальный расход трубопровода, м³/с; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²

$$V_{\text{рез}} = D_{\text{вых}}; L_{\text{рез}} = (L - D_{\text{вых}}) / 2,$$

здесь длину резервуара не следует делать менее $4 D_{\text{вых}}$, в этом случае $L > 9 D_{\text{вых}}$.

– при известной длине гребня водослива уточняют значение $H_{\text{ГР}}$. С этой целью находят значение $q = Q_{\text{ГР}} / L$, а затем коэффициент расхода m при $q < 0,1$ м³/с

$$m = (0,3 + 0,375q), \quad (8.12)$$

при $q \geq 0,1$ м³/с

$$m = 0,3 + 0,375(q - 0,1). \quad (8.13)$$

Длина резервуара $L_{\text{рез}} \geq 4D_{\text{вых}}$. Длина водосливной грани $L = 2L_{\text{рез}} + D_{\text{вых}}$.

Далее определяют напор $H_{\text{ГР}}$ при пропуске расхода $Q_{\text{ср.куб}}$ и уточняют коэффициент расхода по формулам (8.12) и (8.13). Затем вычисляют значение $H_{\text{ГР}}$ при пропуске максимального и минимального расходов воды по трубопроводу.

Вода, переливающаяся через гребни резервуаров, поступает в бассейн водовыпускного сооружения. Размеры и конструкция бассейна должны обеспечивать, с одной стороны, неподтопленное истечение воды через гребень во-

дослива при пропуске максимального расхода и при максимальном уровне воды в отводящем канале, а с другой – сопряжение струи воды, переливающейся через гребень, с потоком воды в отводящем канале (обычно находится в спокойном состоянии) в виде надвинутого гидравлического прыжка. Для выполнения этих условий рекомендуется: отметку дна бассейна водовыпускного сооружения принимать равной отметке дна отводящего канала, а расстояние в свету между соседними резервуарами – равным $2D_{вых}$; в концевой части бассейна устраивать специальный гаситель (см. рисунок 8.4), состоящий из одного ряда косых в плане зубьев и водобойной стенки. Площадь выходного отверстия и диаметр $D_{вых}$ (или $B_{вых}$) напорного трубопровода определяют по скоростям $v_{вых}=1,5...2$ м/с. Верхнюю кромку выходного отверстия напорного трубопровода заглубляют под минимальный уровень воды в резервуаре-водосливе на $(4...5) v_{вых}^2/(2g)$, но не менее чем на 0,2 м. Дно бассейна водовыпускного сооружения сопрягают с дном отводящего канала переходным участком с углом конусности $35...40^\circ$. Боковые стенки бассейна и переходного участка выполняют обычно откосными. Бассейн и начальную часть отводящего канала защищают от размывов бетонными плитами или каменной наброской.

Контрольные вопросы к главе 8:

1. Укажите назначение водовыпускного сооружения.
2. Какие типы водовыпускных сооружений применяют на мелиоративных насосных станциях?
3. В чем принципиальное отличие водовыпускного сооружения с затворами механического действия от сифонного?
4. В каких случаях целесообразно применять водовыпускные сооружения типа переливной стенки?
5. Что такое клапан срыва вакуума? Какие основные требования предъявляют к нему?

ГЛОССАРИЙ

Блочный тип здания применяют при установке вертикальных центробежных, диагональных, осевых, а иногда и горизонтальных осевых насосов при любых колебаниях уровней воды в источнике. Свое название этот тип здания получил потому, что в основании здания находится массивный железобетонный блок, в котором размещают подводящие трубы с коленчатым или камерным подводом.

Водовыпуск – составная часть узла машинного водоподъема, предназначенная для предотвращения обратного тока воды, плавного сопряжения напорного трубопровода и водоприемника, а также для предотвращения образования вакуума в опорожняемом трубопроводе. Включает в себя водовыпускное сооружение и водоприемник.

Водовыпускное сооружение – часть водовыпуска, оборудованная элементами, обеспечивающими бесперебойную работу водовыпуска.

Водовыпускное сооружение с затвором механического действия – В.в.с., оснащенное, для предотвращения обратного тока воды затвором механического действия: обратным клапаном, обратным клапаном с противовесом, обратным клапаном с эксцентричной подвеской, бысторопадающим затвором.

Водовыпускное сооружение с переливной стенкой – В.в.с., оснащенное резервуаром, кромки которого приподняты над максимальным уровнем воды в водоприемнике, работающими, как водослив с острой кромкой.

Водовыпускное сооружение сифонного типа – В.в.с., оснащенное сифоном с установленным в горле клапаном срыва вакуума.

Водозабор – составная часть узла машинного водоподъема, включающая в себя водоисточник и, в зависимости от назначения, комплекс сооружений, обеспечивающий забор воды в нужном количестве с нужным качеством.

Водозаборное сооружение – часть водозабора из открытых водоисточников, включающая в себя оголовки, самотечные и промывные водоводы, соударяющие решетки, рыбозащитные устройства.

Водозаборное сооружение берегового типа – В.с., расположенное на берегу водоисточника.

Водозаборное сооружение на тупиковом канале – В.с., расположенное в конце тупикового канала.

Водозаборное сооружение раздельного типа – В.с., скомпанованное раздельно от здания насосной станции.

Водозаборное сооружение руслового типа – В.с., расположенное в русле водоисточника.

Водозаборное сооружение совмещенного типа – В.с., совмещенное со

зданием насосной станции.

Геодезическая высота подъема – расстояние по вертикали от уровня воды в водоисточнике до уровня воды в водоприемнике (H_G).

Геометрическая высота всасывания – расстояние по вертикали от уровня воды в водоисточнике до оси насоса (h_B).

Геометрическая высота нагнетания – расстояние по вертикали от оси насоса до уровня воды в водоприемнике (h_H).

Гидравлические потери – потери удельной механической энергии на преодоление гидравлических сопротивлений в насосе. Они состоят из потерь:

- на поворот потока на 90° при входе в рабочее колесо и наличие угла атаки на лопасти;
- на трение жидкости на стенки каналов;
- при поступлении жидкости в спиральный сборник;
- потери в коническом диффузоре.

Гидравлический КПД – насоса – отношение напора насоса к теоретическому напору $\eta_s = \frac{H}{H_m}$, где: H – напор насоса; H_m – теоретический напор насоса.

Гидротараны – насосы, в которых периодическое силовое воздействие на воду в рабочей камере оказывает гидравлический удар, возникающий в подводящем трубопроводе при резкой остановке жидкости в нем.

Здания насосных станций предназначены для размещения основного и вспомогательного гидромеханического (насосы, трубопроводы с установленной на них арматурой), силового (двигатели, аппаратура, распределительные устройства), механического (грузоподъемные устройства, плоские затворы, сорудерживающие решетки) оборудования, служебных помещений и для защиты оборудования и обслуживающего персонала от воздействия осадков и прямых солнечных лучей.

Кавитационная характеристика – характеристику насоса $\Delta h = f(Q)$ – называют кавитационной. Она позволяет определить допустимую отметку установки насоса.

Камерный тип здания предназначен для установки в нем насосов как горизонтального, так и вертикального исполнения, когда колебания уровней воды в водоисточнике превышают допустимую высоту всасывания основных насосов или она отрицательна. Здания камерного типа могут быть: с сухой камерой, с мокрой камерой и сухим помещением для насосов и с мокрой камерой и затопленными насосами.

Наземный тип здания применяют в случае установки в нем горизонтальных насосов, работающих с положительной высотой всасывания при колебаниях уровней воды в водоисточнике в пределах допустимой высоты всасы-

вания и устойчивых берегах.

Схема гидроузла насосной станции для оросительных систем может включать: водоисточник; рыбозащитное сооружение; шлюз-регулятор; подводящий канал; водоотстойник; аванкамеру; водозаборное сооружение; здание насосной станции; напорный трубопровод; водовыпускное сооружение; водоприемник; отводящий канал трубопровод; водозаборный оголовок; закрытый водовод; береговой колодец; всасывающий трубопровод и др.

Схема гидроузла насосной станции для осушительных систем также может включать: дамбу обвалования; самотечный коллектор; шлюз самотечного сброса воды из канала при высоких уровнях воды в нем; регулируемую емкость; напорный трубопровод для увлажнительной системы; сороудерживающие сооружения и др.

Схема гидроузла насосной станции для сельскохозяйственного водоснабжения также может включать: очистное сооружение; резервуар чистой воды; водонапорную башню; водопроводную сеть и др.

Схема гидроузла насосной станции канализационной насосной станции также может включать: нижний коллектор; приемный резервуар с решетками; приемную камеру и др.

Схемы гидроузла со стационарными насосными станциями показывают состав основных сооружений насосной станции и последовательность их расположения по трассе водоподачи.

Струйные насосы, – в которых постоянное силовое воздействие на протекающую через насос жидкость оказывает подводимая из вне струя жидкости, пара или газа, обладающая высокой кинетической энергией.

Рыбозащитное сооружение (РЗС) – комплекс конструкций и устройств, обеспечивающих защиту рыб от источников опасности и отведение их в безопасные участки водоема с сохранением их жизнеспособности. В состав рыбозащитного сооружения могут входить: рыбозащитное устройство; рыбоотводящее устройство (рыбоотвод); промывное устройство; сороздерживающее устройство; подъемные устройства и служебные мосты.

Рыбозащитное сооружение комбинированное - техническое решение, основанное на использовании комбинации двух и более типов рыбозащитных устройств имеющих, чаще всего, общий рыбоотводящий тракт.

Рыбозащитное сооружение многоступенчатое – комплекс последовательно расположенных рыбозащитных устройств, основанных на различных принципах и обеспечивающих поэтапную защиту и отвод рыб в условиях одного водозабора.

Рыбозащитное устройство (РЗУ) – техническое решение для защиты рыб от источников опасности, способствующее их отведению в безопасные участки

водоема, и обеспечения их жизнеспособности.

Рыбозащитный оголовок – рыбозащитное устройство, устанавливаемое непосредственно на всасывающем трубопроводе насосной станции или водозаборе.

Рыбоотвод – технологический процесс, включающий две операции: вывод рыб из зоны рыбозащитного устройства и транспортирование их в безопасные участки водоема с сохранением жизнеспособности.

Рыбоотводящее устройство – техническое решение в составе рыбозащитного сооружения, обеспечивающее сбор молоди рыб от рыбозащитного устройства и перемещающее ее в безопасные участки водоема с сохранением жизнеспособности.

Устройство промывное – техническое решение, предназначенное для очистки рабочего органа рыбозащитного устройства (сетчатого полотна, фильтрующего элемента и др.) от мусора.

Эффективность рыбозащитного устройства – количество отведенных в безопасный участок водоема с сохранением жизнеспособности рыб от общего числа рыб данного вида и размера, попадающих в водозаборное сооружение при отсутствии РЗУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бегляров Д.С. Повышение надежности и эффективности работы закрытых оросительных систем. // Московский государственный университет природообустройства. М. 1996. ISBN5-8923-2001. 140 с.
2. Бегляров Д.С., Али М.С., и др. // Гидротехнические узлы сооружений насосных станций. Учебное пособие. М.: МГУП, 2005. 128 с.
3. Бегляров Д.С., Али М.С., и др. // Гидромашины. /Учебное пособие. М.: МГУП, 2004. 98 с.
4. Бегляров Д.С., Али М.С., // Насосы и насосные установки. Учебное пособие. М.: МГУП, 2005. 192 с.
5. Бегляров Д.С., Козлов Д. В., Али М.С. и др. // Гидромашины. Учебное пособие для студентов сельскохозяйственных высших учебных заведений. М.: МГУП, 2004. 186 с.
6. Бегляров Д.С., Изотов Д.Н., Суконкин В.А. // Гидротехнические узлы сооружений насосных станций. Учебное пособие. // Московский государственный университет природообустройства, г. Москва, 2005. с. 63.
7. Бегляров Д.С., Козлова М.С. //Методика расчета режимов пуска насосов при открытых задвижках на напорных линиях. // Журнал «Водоснабжение и санитарная техника» ООО «Издательство ВСТ», № 10, М. 2003. с. 17-20.
8. Бегляров Д.С., Рожков А.Н. // Главные канализационные насосные станции для перекачивания бытовых сточных вод. Учебное пособие. // Московский государственный университет природообустройства, М. 2004. с. 39.
9. Бегляров Д.С., Земский К.В., Али М.С. // Расчеты переходных процессов каскада насосных станций с учетом установки на водоводах водонапорных колонн. // Центр научно-технической информации "Мелиоводинформ". // Вопросы мелиорации. М. 2005. № 1-2. с. 61-63.
10. Бегляров Д.С., Чебаевский В.Ф. // Гидроэнергетические установки и их оборудование. Учебное пособие. М.: МГУП, 2009, 207с.
11. Беглярова Э.С. Бегляров Д.С и др. // Гидромашины и гидросиловые установки Учебное пособие. М.: МГУП, 2005. 224с.
12. Березин С.Е. и др. // Насосные станции с погружными насосами. Расчет и конструирование. М.: ОАО «Стройиздат», 2008. 160 с.
13. Благодарная Г.И. // Водозаборные сооружения. Харьков: ХНАГХ, 2006. 115 с.
14. Журбанов М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. // «Водоснабжение проектирование систем и сооружений», Москва 2004г.1026с.
15. Карелин В. Я., Минаев А. В. // Насосы и насосные станции: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1986. 320 с.
16. Каталог насосов, применяемых в мелиорации. М.: Росоргтехводстрой МВХ РСФСР, 1988. – 229 с.
17. Кривченко Г.И. // Гидравлические машины: Учебник. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 320 с.
18. Лезнов Б. С. // Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и

воздуходувных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.

19. Михеев П.А. Защита молоди рыб при водозаборе. Учебное пособие для студентов вузов / П.А. Михеев. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 112 с.

20. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения водозаборов систем водоснабжения. Учебное пособие для вузов / П.А. Михеев, Вл.Н. Шкура, Е.Д. Хещуриани. Новочеркасск: НГМА, 2005. – 111.

21. Михеев, П.А. Рыбоотводы гидротехнических сооружений / П.А. Михеев, А.И. Перелыгин. Ростов н/Д: Феникс; Новочеркасск ФГБОУ ВПО НГМА, 2014 – 265 с.

22. Михеев, П.А. Промывные устройства сетчатых полотен рыбозащитных сооружений / П.А. Михеев, В.П. Боровской, Е.В. Головня. Изд. Лик. Новочеркасск, 2016. – 182 с.

23. Ольгаренко Г.В. и др. // Насосные станции для орошения. Справочное пособие. Коломна, 2007. – 304с.

24. Павлов Д.С., Пахоруков А.М. Биологические основы защиты молоди рыб от попадания в водозаборные сооружения. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983.–264 с.

25. Рожков А. Н., Али М. С. // Экономическая эффективность применения насосных установок с регулируемым электроприводом при малых подачах воды. // Журнал «Водоснабжение и санитарная техника» ООО «Издательство ВСТ», № 5, М. 2015. – с. 69-74.

26. Чебаевский В.Ф., Вишневский К.П., Накладов Н.Н.: // Проектирование насосных станций и испытание насосных установок: Учебное пособие. М.: Колос, 2000. – 376с.

27. Чебаевский В.Ф., Вишневский Кондратьев В.В. и др.: // Насосы и насосные станции: М.: Агропромиздат, 1989. – 416с.

28. Штрэнлихт Д.В. // Гидравлика. - М.: Энергоатомиздат, 1984, – 439 с.

29. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. // Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. М.: Стройиздат, 1984, – 117 с.

30. СП 23.13330.2011 Основания гидротехнических сооружений.

31. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

32. СП 41.13330.2012 Железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.

33. СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий.

34. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения.

35. СП 101.13330.2012 (С изменением № 1) Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.

36. СП 66.13330.2011 Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. КОМПОНОВКА СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.....	5
1.1. Классификация насосных станций.....	5
1.2. Оросительные насосные станции.....	7
1.3. Осушительные насосные станции.....	10
1.4. Насосные станции сельскохозяйственного водоснабжения.....	12
1.5. Канализационные насосные станции.....	15
1.6. Общие рекомендации по компоновке сооружений.....	17
Контрольные вопросы к главе 1.....	19
2. ОСНОВНОЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.....	20
2.1. Состав основного гидромеханического и энергетического оборудования. Требования, предъявляемые к главным насосам....	20
2.2. Основное гидромеханическое оборудование насосных станций сельскохозяйственного водоснабжения.....	21
2.3. Основное насосно-силовое оборудование оросительных насос- ных станций, подающих воду в открытые емкости.....	30
2.4. Основное гидромеханическое оборудование насосных станций, подающих воду в закрытые оросительные сети.....	34
2.5. Основное насосно-силовое оборудование осушительных насосных станций.....	37
2.6. Выбор насосов.....	38
2.7. Двигатели для привода насосов.....	40
2.8. Определение мощности электродвигателя для привода насоса. Выбор электродвигателей.....	43
2.9. Вспомогательное оборудование насосных станций.....	45
Контрольные вопросы к главе 2.....	56
3. ЗДАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.....	57
3.1. Классификация зданий.....	57
3.2. Здания наземного типа.....	58
3.3. Здания камерного типа.....	60
3.4. Здания блочного типа.....	66
3.5. Передвижные насосные станции.....	70
3.6. Насосные станции, оборудованные погружными насосами.....	74
3.7. Подземная часть зданий.....	75
3.8. Верхнее строение зданий.....	79
Контрольные вопросы к главе 3.....	81
4. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.....	82
4.1. Классификация и условия применения.....	82
4.2. Речные водозаборные сооружения.....	85
4.3. Водозаборные сооружения на водохранилищах.....	92
4.4. Водоподводящие сооружения.....	93

4.5. Водозаборные сооружения на каналах.....	97
Контрольные вопросы к главе 4	103
5. РЫБОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА.....	104
5.1. Основы обеспечения защиты молоди рыб от попадания в водозаборные сооружения.....	104
5.2. Классификация рыбозащитных сооружений и устройств.....	106
5.3. Мероприятия и конструкции средств защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения.....	107
5.4 Рыбоотводы и вспомогательное оборудование рыбозащитных сооружений.....	118
Контрольные вопросы к главе 5	125
6. ВНУРИСТАНЦИОННЫЕ ТРУБОПРОВОДНЫЕ КОММУНИКАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.....	126
6.1. Всасывающие трубопроводы.....	126
6.2. Подводящие трубопроводы.....	129
6.3. Напорные коммуникации.....	131
6.4. Трубопроводная арматура.....	135
Контрольные вопросы к главе 6	143
7. НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ.....	144
7.1. Общие сведения.....	144
7.2. Выбор трассы, числа ниток и материала трубопровода.....	145
7.3. Железобетонные трубопроводы.....	147
7.4. Стальные трубопроводы.....	149
7.5. Асбестоцементные трубопроводы.....	151
7.6. Чугунные трубопроводы.....	152
7.7. Пластмассовые трубопроводы.....	153
7.8. Испытание трубопроводов.....	154
Контрольные вопросы к главе 7	155
8. ВОДОВЫПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.....	156
8.1. Назначение и классификация.....	156
8.2. Сооружения с запорными устройствами механического действия.....	157
8.3. Сооружения сифонного типа.....	160
8.4. Сооружения с переливными стенками.....	164
Контрольные вопросы к главе 8	167
ГЛОСАРИЙ.....	168
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	172

Учебное издание

Али Мунзер Сулейман
Бегляров Давид Суренович
Михеев Павел Александрович

НАСОСЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Учебник

Подписано в печать 23.12.2022 г.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Усл.- печ. л. 11,2. Уч.- изд. л. 11,4.
Тираж 300. Заказ №. 47 - 10131

Издательство Лик
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82 Е
тел: 8(8635)226-442, 8-952-603-0-609

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
«Колорит»
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82 Е
тел: 8(8635)226-442, 8-918-518-04-29, center-op@mail.ru