Глава 6. ПЕРЕКАЧКА СТОЧНЫХ ВОД.

6.1. Назначение и оборудование насосных станций.

В зависимости от места расположения в общей схеме водоотведения города и выполняемых функций, станции могут быть:

локальные - предназначаются для транспортировки сточных вод от отдельно стоящих зданий, административно-хозяйственных помещений, домов индивидуальной застройки и т.п. в самотечные коллекторы;

районные - осуществляют транспортировку сточных вод от жилых микрорайонов из лежащих ниже коллекторов в лежащие выше;

главные – перекачивают сточную жидкость, отводимую со всей территории города на очистные сооружения.

Состав оборудования, его конструктивные особенности, тип, количество основного и вспомогательного оборудования определяется, исходя из объема сточных вод, поступающих на насосные станции.

6.2. Насосные агрегаты для перекачки сточных вод.

Согласно ГОСТ 113-79-80 динамические насосы для сточной жидкости выпускают следующих типов: СД - центробежные, СДС - свободновихревые. По расположению вала: горизонтальные, вертикальные (В), полупогружные (П). По уплотнению вала: сальниковое; торцовое; без уплотнения. По ступеням перекачки: одноступенчатые; двухступенчатые.

Динамические насосы типа СД и СДВ предназначены для перекачки городских и производственных сточных вод со следующей характеристикой сточной жидкости: $\rho = 1050$ кг/м^3; $\rho H = 6 \div 8{,}5$; $t = 80^\circ$ С; крупность абразивных включений до 5 мм и не более 1% по массе. На рис. 6.1 показана принципиальная схема центробежного насоса. Широкое рабочее колесо и вариация количеством лопаток от 2 до 5 позволяют перекачивать сточную жидкость с крупными механическими примесями. Всасывающий патрубок насоса крепится к крышке корпуса на болтах, что позволяет производить замену рабочего колеса, не снимая насос с фундамента. На всасывающем патрубке насосов СД и СДС в нижней крышке корпуса предусмотрены люки-ревизии, через которые производится очистка рабочего колеса от отбросов. Для предохранения от износа в верхней и нижней крышках корпусов насосов типа СДВ устанавливают сменные защитные диски, изготовленные из твердых сталей или отбеленного чугуна. В крупногабаритных насосах СД и СДВ (от 2400м^3/ч) покрывают антикоррозионными и антиабразивными материалами улитки и рабочие колеса, что в значительной степени удлиняет срок службы и предотвращает поверхность указанных узлов от износа.

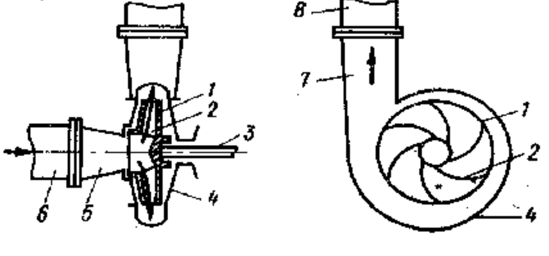

Рис. 6.1. Центробежный насос:
а - продольный разрез; *б* - поперечный; *1* - рабочее колесо; *2* - лопасти рабочего колеса; *3* - вал; *4* - корпус; *5* -всасывающий патрубок; *6* - всасывающий трубопровод; *7* - напорный патрубок; *8* - напорный трубопровод

Для перекачивания сточных вод, помимо насосов СД и СДВ, применяют погружные насосы отечественного производства: ГНОМ, ЭЦК и ЦМФ. Вышеперечисленные насосы используют как для проведения аварийной откачки сточной жидкости, так и для стационарной установки на насосных станциях.

За последние 10 лет в системе канализации г. Москвы для повышения надежности работы насосных станций стали широко применяться погружные насосы известных зарубежных фирм, таких как: ITT FLYGT (Швеция) и KSB (Германия).

Фирма FLYGT является лидером в области применения погружных насосов. Первый насос фирмы был разработан и выпущен в 1948 г. Каждый год заводы фирмы ITT FLYGT выпускают свыше 80000 погружных насосов. Погружные насосы ITT FLYGT имеют обозначение, состоящее из двух букв с четырьмя цифрами, например: CP 3152. Первая буква описывает гидравлическую часть насоса, т.е. рабочее колесо и корпус. Поскольку рабочее колесо определяет область применения насоса, эта буква обозначает тип насоса, в который устанавливается данное рабочее колесо: насос типа B; насос типа C и т.д. (C - для данной марки - закрытое канальное рабочее колесо в корпусе для сред с длинноволокнистыми материалами или твердыми частицами во взвешенном состоянии). Вторая буква указывает способ установки насоса: свободностоящий насос, стационарная установка, стационарная мокрая установка, передвижной (P - полупостоянная мокрая установка с насосом на двойных направляющих стержнях с автоматическим подсоединением к напорному трубопроводу). Цифры указывают модель, а также определяют размер по сравнению с другими насосами того же типа.

Применение погружных насосов обеспечивает ряд преимуществ в конструкции водоприемного колодца и общей конструкции насосной станции: колодец меньше для заданной подачи насоса благодаря оптимальной гидравлике и меньшему объему наполнения вследствие укороченных насосных циклов; колодец меньше также и потому, что резервные насосы не устанавливают в нем, их хранят на складе; отпадает необходимость в строительстве здания насосной станции, или здание насосной станции можно сделать меньше, поскольку единственными узлами над водой являются блок управления насосами и распредустройство; установка насоса характеризуется простотой и быстротой.

Насосные станции с погружными насосами значительно дешевле, как в строительстве, так и в эксплуатации, снижаются расходы до 40 - 50%.

Все насосные станции оборудованы решетками, задвижками, обратными клапанами и измерительными приборами, электрифицированными грузоподъемными механизмами.

6.3. Расчет и проектирование насосных станций и напорных водоводов

Расположение насосных станций. На рис. 6.2 представлены два варианта расположения насосной станции в схеме водоотведения города. При равной производительности насосных станций и практически одинаковых напорах преимущество одного из приведенных вариантов будет зависеть в основном от соотношения капитальных вложений. Необходимо иметь в виду, что второй вариант будет уступать первому варианту по надежности вследствие большой протяженности напорных трубопроводов.

Опыт проектирования показывает, что лучшими экономическими показателями отличаются схемы с районными насосными станциями, расположенными в начальной части коллекторов. Это объясняется малой мощностью РНС и существенным снижением заглубления главных коллекторов и ГНС, обычно диктуемым начальными участками сети, имеющими большие уклоны.

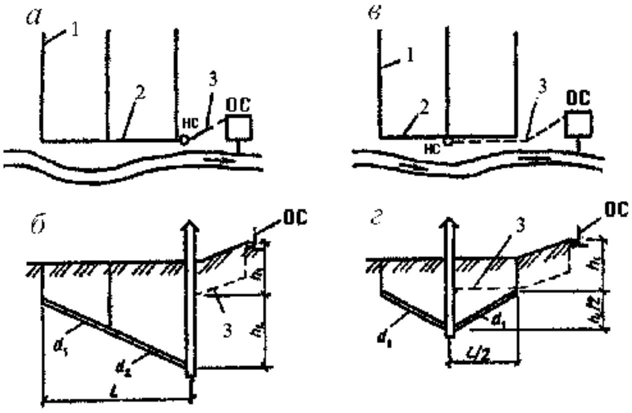

Рис. 6.2. Схемы водоотведения города с одной насосной станцией (*а*, *в*) и продоль-

ные профили главных коллекторов (*б*, *г*):
1 – коллектор; *2* – главный коллектор; *3* – напорный трубопровод

Насосные станции надлежит располагать в отдельно стоящих зданиях на расстоянии не менее 20 м от жилых домов и пищевых предприятий при их производительности до 50 тыс. $м^3$/сут и не менее 30 м при большей производительности. По периметру территории насосных станций необходимо предусматривать защитные зеленые насаждения шириной не менее 10 м. Не следует располагать насосные станции на проездах и набережных.

Насосные станции следует располагать на незатопляемой территории. Отметка порога у входа в них должна быть не менее чем на 0,5 м выше самого высокого уровня воды в водоеме с учетом нагона волны. Все подводящие самотечные трубопроводы перед насосной станцией должны объединяться в один, так как в насосную станцию допускается ввод лишь одного трубопровода.

Перед насосными станциями целесообразно предусматривать аварийные выпуски, использование которых возможно лишь в чрезвычайных случаях. Задвижки на аварийных выпусках должны пломбироваться. Наличие аварийных выпусков позволяет значительно уменьшить последствия прекращения работы насосных станций (затопление территорий города и поступление сточных вод в водоемы, заполнение подводящих трубопроводов и резервуаров насосных станций осадком и др.) в результате сокращения сроков простоя насосных станций. На рис.6.3 показан пример размещения насосной станции и трубопроводов различного назначения на территории квартала. Места расположения насосных станций и возможность устройства аварийных выпусков должны согласовываться со службами контроля за качеством воды и охраны рыбных ресурсов.

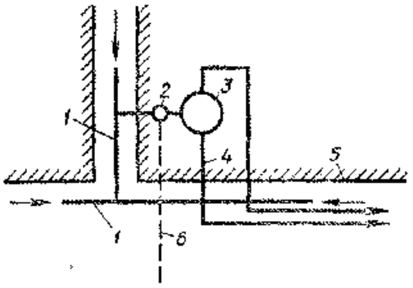

Рис. 6.3. Схема расположения насосной станции и трубопроводов:
1 – самотечные трубопроводы; *2* – камера; *3* – насосная станция; *4* – напорные трубопроводы; *5* – красные линии (границы квадратов); *6* – аварийный выпуск в реку

Исходные данные для проектирования и расчета насосных станций. Для расчета насосной станции требуется знать расходы в отдельные часы суток и особенно максимальный, средний и минимальный расходы, а также геометрическую высоту подъема воды.

Расходы устанавливают по суммарной таблице притока всех видов сточных вод.

Геометрическая высота подъема воды равна (рис. 6.4)

$$H_{Г} = Z_0 - Z_{НС},$$

где Z_0 – отметка уровня подачи сточных вод; $Z_{НС}$ – отметка уровня откачки сточных вод.

За расчетную отметку откачки уровня сточных вод принимают: отметку среднего уровня воды в приемном резервуаре; отметку уровня воды в подводящем коллекторе при минимальном притоке, если насосная станция не имеет регулирующего резервуара, что характерно для крупных насосных станций.

За отметку подачи сточных вод принимают: отметку верха (шелыги) напорного трубопровода в точке присоединения, если напорный трубопровод присоединяется к приемному колодцу или отводящему самотечному трубопроводу выше горизонта воды в них; отметку максимального расчетного горизонта при подаче под уровень воды (при расположении верха напорного трубопровода ниже уровня воды); отметку верха трубопровода при прохождении им повышенного участка местности, имеющего отметку земли выше уровня воды в точке подачи.

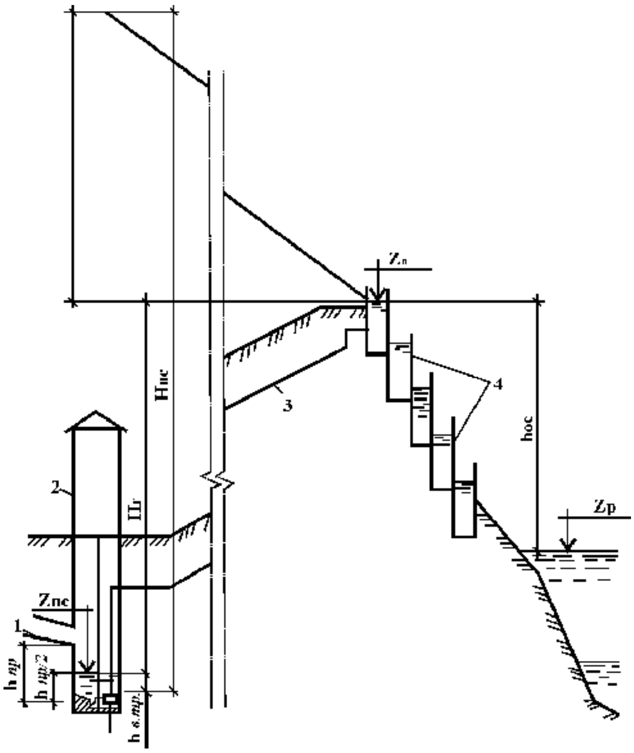

Рис. 6.4. Высотная схема расположения насосной станции и напорного трубопровода:

1 – самотечный подводящий трубопровод; *2* – насосная станция; *3* – напорный трубопровод; *4* – очистные сооружения

Для обеспечения самотечного движения сточной воды по очистным сооружениям и выпуска ее в водоем предусматривается определенный расчетный перепад воды h_{oc} между первым (головным) очистным сооружением и высоким уровнем воды в водоеме, равным величине общих потерь напора в пределах очистных сооружений и выпуска воды в водоем. Очевидно, что величина этого перепада зависит от числа, состава и конструкции очистных сооружений и выпуска. Таким образом (см. рис.6.4.)

$$Z_0 = Z_p + h_{oc},$$

где Z_p - верхний уровень воды.

Расчету насосной станции должно предшествовать определение диаметра напорных трубопроводов. Число напорных трубопроводов необходимо принимать не менее двух с устройством в случае необходимости между ними переключений. Скорость движения сточных вод следует принимать в напорных трубопроводах в пределах насосных станций от 1 до 2,5 м/с, а за пределами их - 1 ÷ 1,5 м/с; во всасывающих трубопроводах - 0,7 ÷ 1,5 м/с.

Расчет насосных станций производят в следующем порядке: определение расчетного расхода; определение напора, который должна создавать насосная станция; подбор насосов по расходу и напору; построение характеристик (графиков) совместной работы насосов и напорных трубопроводов и определение рабочих точек.

Напор, который должна создавать насосная станция, находится по формуле (см. рис. 6.4):

$$H_{HC} = H_{Г} + h_{н.тр.} + h_{в.тр.},$$

где $h_{н.тр.}$ и $h_{в.тр.}$ – потери напора соответственно в напорном и всасывающем трубопроводах.

Напор, который должна создавать насосная станция, приближенно можно определить по формуле

$$H_{HC} = H_{Г} + KiL,$$

где K – коэффициент, учитывающий потери напора в трубопроводах, расположенных в насосной станции, и равный 1,05…1,1.

Важнейший этап расчета — построение характеристик (графиков) совместной работы насосов и напорных трубопроводов. Он подробно рассматривается в специальном курсе «Насосные и воздуходувные станции».

6.4. Определение вместимости приемных резервуаров и особенности их устройства.

В приемных резервуарах насосных станций возможно выпадение осадка. Этим и определяются особенности их устройства. Дно приемных резервуаров насосных станций бытовых сетей полных раздельных систем водоотведения должно иметь уклон к приямкам не менее 0,1. По периметру наружных стен резервуаров рекомендуется прокладывать трубопроводы, снабженные патрубками и присоединенные к напорному трубопроводу. С их помощью можно взмучивать и смывать осадок к приямкам. Кроме того, в помещении над резервуаром (помещении решеток) следует устанавливать поливочные краны, оборудованные шлангами с брандспойтами, которые также служат для взмучивания и смыва осадка в резервуарах. Одной из эффективных мер удаления осадка из резервуаров является обеспечение режима работы насосной станцией с периодическим полным опорожнением резервуара.

Напорные трубопроводы и аварийные выпуски. Число напорных трубопроводов от насосных станций следует принимать не менее двух с устройством в случае необходимости между ними переключений. Лишь при специальном обосновании допускается прокладка одного трубопровода. Напорные трубопроводы, как правило, должны выполняться из неметаллических труб (асбестоцементных, железобетонных, пластмассовых), внутри насосных станций трубопроводы - из стальных труб.

В высоких точках перегиба трубопровода необходимо устанавливать вантузы для выпуска и впуска воздуха, а в низких точках – выпуски для опорожнения трубопроводов при ремонтах и периодического сброса осадка. При повороте труб в горизонтальной и вертикальной плоскостях на угол более 10° следует устраивать упоры, конструкция и размеры которых должны определяться расчетом. Арматуру напорных трубопроводов надлежит располагать в колодцах или камерах.

Для предупреждения затопления помещения решеток в аварийных случаях на самотечных трубопроводах в колодце перед насосной станцией устанавливают затвор (задвижку), а для сброса воды в водоем устраивают аварийный выпуск. В начале аварийного выпуска, в колодце, устанавливают задвижку. Приводы затвора на самотечном трубопроводе и задвижки аварийного выпуска должны механизироваться, а управление ими должно осуществляться с поверхности земли. Задвижка аварийного выпуска должна быть опломбирована.

Устье (начало) аварийного выпуска следует располагать выше отметки высоких вод в водоеме для обеспечения спуска воды даже в период паводка. Оно обычно выполняется в виде берегового оголовка, но можно выносить его и на некоторое расстояние от берега. Отметка устья аварийного выпуска должна быть ниже меженного горизонта воды.

К использованию аварийного выпуска можно прибегать лишь в исключительных случаях. Их устройство должно согласовываться с органами санитарно-эпидемиологической службы, службы охраны рыбных запасов, а также регулирования использования и охраны вод.

6.5. Аварийно-регулирующие резервуары.

В 1996 году МГП «Мосводоканал» совместно с ГУП институтом «МосводоканалНИИпроект» был разработан, построен и введен в эксплуатацию новый тип канализационного сооружения - *аварийно-регулирующий резервуар* (АРР), предназначенный для приема бытовых и производственных сточных вод при авариях, отказах на сооружениях и в часы пик. Использование регулирующих емкостей достаточного объема в составе водоотводящих систем позволяет обеспечить равномерную работу насосной станции и очистных сооружений.

На рис.6.5. показана схема расположения АРР относительно НС.

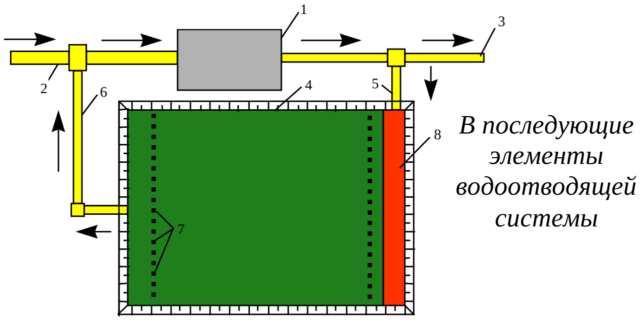

Рис. 6.5. Схема расположения АРР относительно НС:

1 - насосная станция перекачки сточных вод (НС); *2* - подводящий канал к НС; *3* - напорный водовод от НС; *4* - регулирующая емкость АРР; *5* - труба, соединяющая напорный водовод от НС с АРР; *6* - труба, соединяющая АРР с подводящим каналом НС; *7* - фильтры-поглотители для газо-воздушной смеси; *8* - галерея задвижек АРР

Конструирование насосных станций.

Схемы и конструкции насосных станций зависят от гидрогеологических условий и глубины заложения станций, их пропускной способности, состава и свойств перекачиваемой жидкости, типа и числа устанавливаемого оборудования, особенностей расположения насосных агрегатов по отношению к уровню жидкости в резервуаре (под заливом или нет), системы управления агрегатов и др.

Насосные станции, как правило, располагаются в пониженных местах, имеют глубокое заложение, даже ниже уровня подземных вод. В этом случае целесообразно применение насосных станций шахтного типа, имеющих круглую в плане форму (рис. 6.6., *а*, *б*). Применение опускного способа строительства позволяет преодолевать трудности возведения сооружений, обусловленные сложными гидрогеологическими условиями и большой глубиной заложения. Круглая форма целесообразна и в конструктивном отношении.

При устройстве насосных станций, предназначенных для перекачки сточных вод, содержащих пожаро- и взрывоопасные вещества, приемные резервуары отделяют от машинного отделения. При этом появляется возможность уменьшения заглубления машинного отделения и строительства его с меньшим заложением, чем приемный резервуар. Последний может возводиться опускным способом, а машинное отделение - открытым способом. Положение оси насоса и разницы отметок заложения резервуара и машинного отделения определяют расчетом с учетом высоты всасывания насосов.

Значительно упрощается схема и конструкция насосной станции, если она имеет небольшую глубину и возводится в сухих легких грунтах. Она может иметь прямоугольную форму, а резервуар совмещаться с машинным отделением.

Многообразие условий проектирования обусловливает применение разнообразных схем и конструкций насосных станций. Рассмотренными выше схемами станций не исчерпываются возможные их варианты. В зависимости от условий проектирования могут быть применены различные комбинации из описанных выше схем.

Насосные агрегаты и другое оборудование следует размещать таким образом, чтобы к ним был удобный подход для обслуживания. Целесообразна одно-рядовая схема расположения насосных агрегатов с установкой их перпендикулярно стене, отделяющей машинный зал от приемного резервуара.

Размер насосных станций следует определять, исходя из габаритов оборудования и величины проходов между ним, а также состава вспомогательных и бытовых помещений в соответствии с рекомендациями СНиП.

Подземная часть насосных станций выполняется из бетона или железобетона, а наземная – из кирпича. Для перекачки различных расходов разработаны типовые проекты насосных станций с различным заглублением подводящих трубопроводов. На рис.6.6, 6.7 и 6.8 приведены примеры насосных станций разного типа.

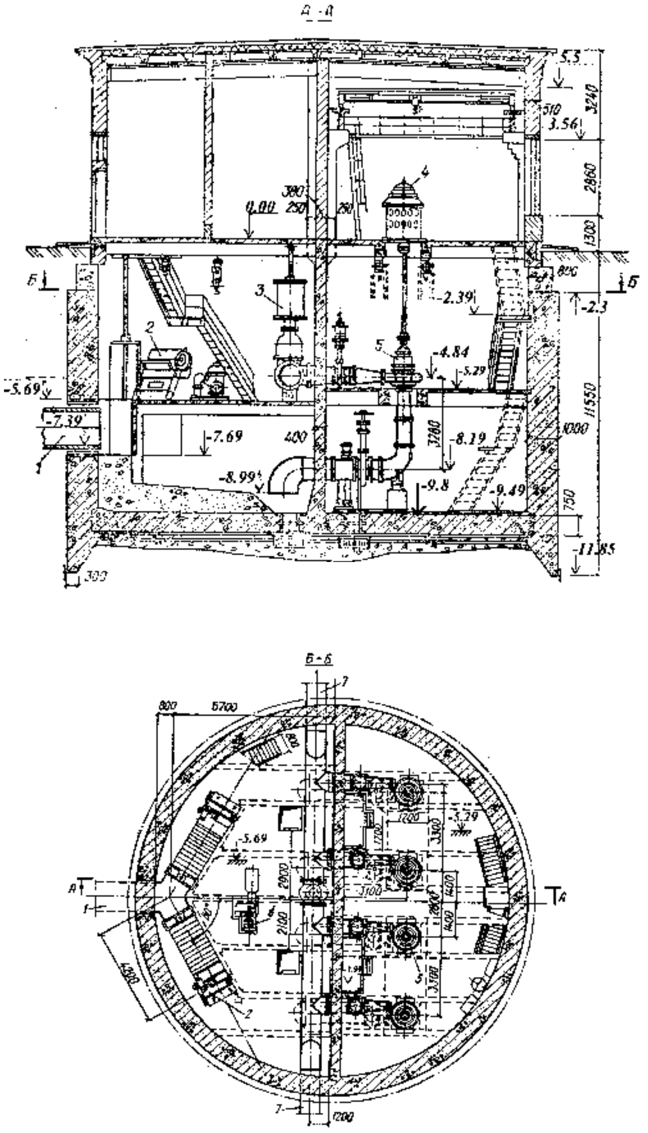
А - А
5.5
3240
510
3.56
2860
1300
4
380
250
0.00
280
Б
3
2
-2.39
830
-2.3
Б
5
-4.84
-5.29
-5.69
-7.39
1
-7.69
400
3780
-8.19
11550
1000
-8.99
-9.8
-9.49
750
-11.85
300
Б - Б
7
800
5700
-5.69
2900
1200
3300
-5.29
3100
1800
1400
1400
2100
6
А
1
4500
2
3100
5
7
1200
А

Рис. 6.6. Насосная станция, оборудованная вертикальными насосами:
1 - подводящий коллектор; *2* - решетка; *3* - гидравлическая задвижка; *4* - электродвигатель; *5* - насос; *6* - дробилка; *7* - напорные трубопроводы

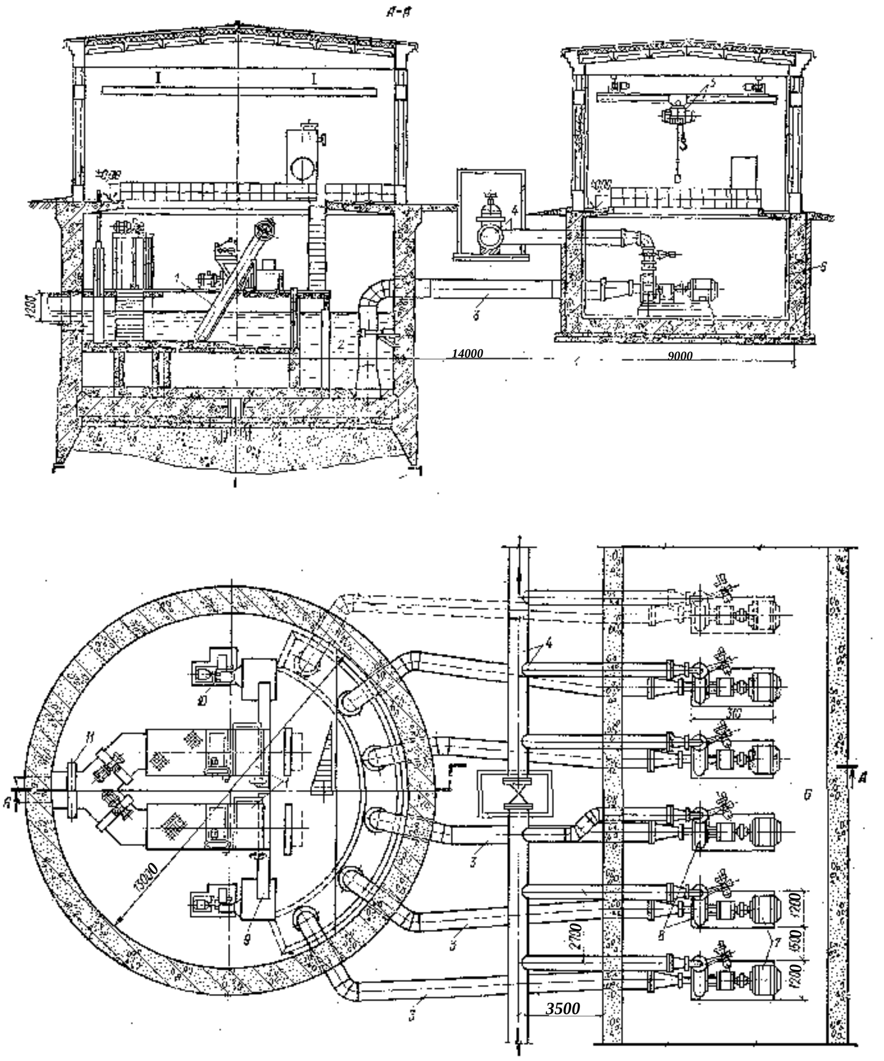
А-А
1200
1
2
4
5
6
14000
9000
10
11
9
3
8
7
А
Б
13000
2200
1200
1500
3500

Рис. 6.7. Насосная станция с отдельно стоящим резервуаром:

1 - решетки с механической очисткой; *2* - приемный резервуар; *3* - всасывающие трубы; *4* - напорные трубопроводы; *5* - кран-балка; *6* - машинное отделение; *7* - двигатели; *8* - рабочие насосы; *9* - конвейер; *10* - дробилка; *11* - щитовой затвор

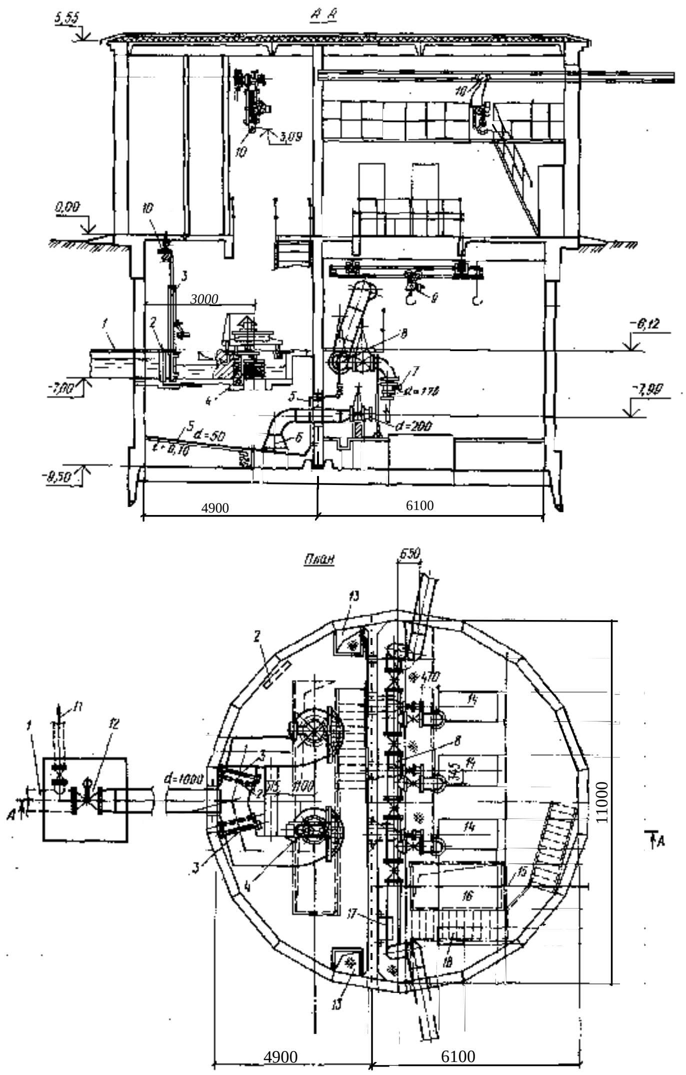
А-А
5,55
3,09
10
0,00
10
3
3000
1
2
4
5
6
7
8
9
d=170
d=50
d=200
-6,12
-7,00
-7,80
-8,50
4900
6100
План
650
13
2
14
11
12
1
А
d=1000
1100
8
3
4
11000
15
16
17
18
13
А
4900
6100

Рис. 6.8. Насосная станция с тремя горизонтальными насосами и решетками-дробилками:

1 - подводящий коллектор; *2* - ремонтная решетка; *3* - затворы отключения решетки; *4* - решетка-дробилка; *5* - трубопровод взмучивания; *6* - всасывающая воронка; *7* - обратный клапан; *8* - напорный коллектор; *9* - подвесная кран-балка; *10* - монорельс с подвесной талью; *11* - аварийный выпуск; *12* - затвор отключения коллектора; *13* - люк; *14* - насосный агрегат; *15* - ось монорельса; *16* - монтажный проем; *17* - бак разрыва струи; *18* - насос-повыситель

Для подъема сточных вод на небольшую высоту 3-5 м насосные станции оснащают надежными и простыми в эксплуатации шнековыми насосами (рис.6.9)

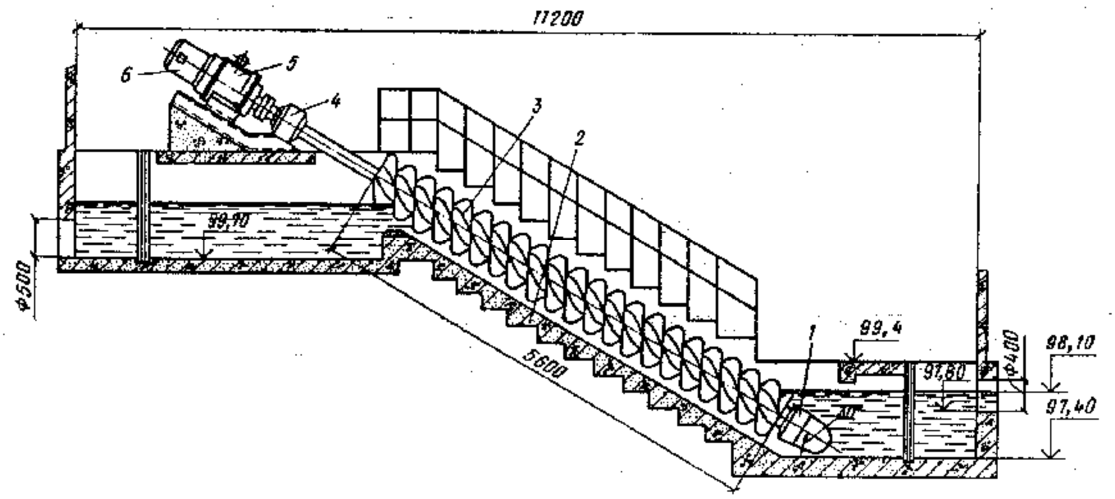
11200
6
5
4
3
2
1
99,10
Ф500
5600
99,4
98,10
Ф400
97,80
97,40

Рис.6.9. Шнековый насос

1 – нижняя опора; 2 – кожух; 3 – шнек; 4 – верхняя опора; 5 – понижающая передача; 6 – электродвигатель.

Насосы данного типа используются на водоотводящих сетях и на очистных сооружениях.