

1. Введение. Определение насоса как одного из видов гидравлических машин. Классификация насосов в соответствии с государственным стандартом.

Насос – машина для создания потока жидкой среды. Насосы являются одним из основных средств механизации при напорном транспортировании различных жидких сред. Многообразие требований к насосам в различных отраслях техники и строительства привело к тому, что в настоящее время существует значительное количество насосов, различающихся между собой принципом действия, конструкцией и т.д. В связи с этим во НИИГидромаш разработана классификация насосов, включенная в ГОСТ 17398-72 «Насосы. Термины и определения».

Работу каждого насоса принято характеризовать техническими параметрами: к числу которых относятся: подача, напор, частота вращения и прочее.

Подачей насоса называют объем (или масса) среды, подаваемой насосом в единицу времени.

Напором называется приращение удельной энергии потока среды, при прохождении ее через рабочие органы насоса. Напор выражается в метрах водного столба. Принято различать напор манометрический, который определяется по показаниям приборов у всасывающего и напорного патрубков, и напор требуемый, подсчитанный по схеме насосной системы.

2. Конструкции насосов и воздуходувок.

Конструкции насосов весьма разнообразны.

2.1 Основные конструктивные элементы центробежных насосов.

Все центробежные насосы включают следующие основные детали: рабочее колесо, вводы, отводы, уплотнение вала, подшипники, осевые силопогрузочные устройства и др.

2.2 Конструкция насосов (консольных, моноблочных, двухстороннего входа). Осевое усилие.

Конструкции насосов консольного типа , (К) характеризуются наличием отдельной стойки крепления к опорной плите. Его рабочее колесо с односторонним входом жидкости с помощью цилиндрической шпонки и накидной гайки закреплено на конце вала. Вал вращается на двух опорах шариковых подшипниках, установленных в общем корпусе.

моноблочные насосы КМ (консольный моноблочный) не имеет опорной стойки. Корпус насоса через фонарь непосредственно крепится к фланцевому щиту электродвигателя, на удлиненном валу которого закреплено рабочее колесо.

Насосы двухстороннего входа типа Д. Рабочее колесо насоса закреплено на середине вала. Опоры вала – подшипники расположены на его противоположных концах. Корпус насоса имеет горизонтальный разъем по оси вала. Несимметричность рабочего колеса с односторонним входом приводит к возникновению осевой силы, направленной в сторону, противоположную потоку жидкой среды при входе в колесо.

2.3 Область применения центробежных насосов.

Насосы типа К предназначены для подачи чистой воды температурой до 105°C. Подача составляет 4,5...360 м³/ч при напоре 8,8...90м. насосы типа Д предназначены для подачи воды температурой до 100°C от 200 до 12500 м³/ч при напоре от 12 до 137м.

2.4 Вертикальны центробежные насосы. Особенности конструкций.

Насосы типа В. Особенности конструкций – консольные (т.е. крепление рабочего колеса на консоли вала – после последнего опорного подшипника), одноступенчатые, с осевым входом жидкости в рабочее колесо.

2.5 Скважинные насосы – полупогружные, погружные.

Агрегаты со скважинными насосами подразделяются на две группы – полупогружные и погружные.

У полупогружных агрегатов А, АТН электродвигатель – привод размещается над скважиной и соединяется с насосом трансмиссионным валом, длина которого зависит от глубины скважины.

Погружные агрегаты – ЭЦВ более удобны в эксплуатации. Насосы ЭЦВ (Агрегаты Э – Электронасосные, Ц – Центробежные скважинные, В – для воды). Отечественными заводами выпускаются такие насосы 197 типоразмеров с подачей от 0,63 до 1000 м³/ч при напоре 12...680 м для скважин диаметром от 100 до 402 мм. Марка насоса – ЭЦВ d_с – Q – Н (d_с – внутренний диаметр обсадной трубы, мм, уменьшенный в 25 раз, Q – подача, м³/ч, Н – напор, м, при максимальном КПД). Погружной насос представляет собой агрегат, состоящий из центробежного многоступенчатого насоса и погружного электродвигателя с жестким соединением их валов.

2.6 Особенности конструкций насосов, применяемых для перекачки загрязненных и агрессивных жидкостей (СМ, Х).

Состав загрязненной (например, сточной) жидкости обуславливает некоторые конструктивные особенности динамических насосов для сточных вод, а именно:

на корпусе насоса и на входном патрубке имеются люки-ревизии.

Условное обозначение насоса (например СМ 250-200-400: буквы – тип электронасос для сточных жидкостей массный, первая цифра после букв – диаметр всасывающего патрубка, мм; вторая – диаметр напорного патрубка, мм; третья – диаметр рабочего колеса, мм).

Центробежные насосы для химически агрессивных жидкостей типа Х (химические), горизонтальные, консольные, одноступенчатые, с рабочим колесом одностороннего входа жидкости. Условное обозначение насоса (например, ХО 8/18): первые буквы – тип насоса (Х – химический консольный на отдельной стойке, О – обогреваемый; первая цифра после букв – подача , $\text{м}^3/\text{ч}$; вторая – напор, м).

2.7 Осевые и диагональные насосы, принцип работы и область применения, особенности пуска и регулирования подачи.

Осевые насосы выпускаются двух типов: тип О – с жесткозакрепленными лопастями рабочего колеса, тип ОП – с поворотными лопастями рабочего колеса. Расположение вала может быть горизонтальным (Г) и вертикальным (В). Условное обозначение осевого насоса (например, ОПВ-2-110): буквы – тип насоса (О – осевой; П – с поворотными лопастями; В – вертикальный; первая цифра после букв – 2 – номер модели; вторая – диаметр рабочего колеса в см.

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

Осевые насосы широко применяются на станциях 1-го подъема систем водоснабжения. Пуск производят при открытой задвижке. Регулирование подачи – изменением частоты вращения (многоскоростные двигатели).

Диагональные насосы. Принцип их работы в том, что поток жидкости, проходящий через рабочее колесо, направлен не радиально, как у центробежного насоса, и не параллельно оси как у осевых, а наклонно, как

бы по диагонали прямоугольника, составленного радиальным и осевым направлениями. Область применения в диапазоне напоров 20...40 м.

2.8 Вихревые, свободновихревые, самовсасывающие центробежно-вихревые насосы, область применения.

Вихревой насос – это насос трения. Условное обозначение вихревого насоса (например, ВК – 1, 25/25) : первые буквы – тип насоса [ВК – вихревой консольный]; первая цифра после букв – подача, л/с; вторая – напор, м.

В зависимости от вида перекачиваемой жидкости вихревые насосы бывают для чистых жидкостей – вихревые и для сточных жидкостей – свободно-вихревые. В самовсасывающих центробежно-вихревых насосах имеются два рабочих колеса: центробежное и вихревое. Условное обозначение насоса типа ЦВК – центробежно-вихревой, консольный ЦВК 4/112, где первая цифра после букв – подача, л/с; вторая – напор, м.

Область применения. Вихревые насосы имеют подачу 1-10 л/с при напоре от 16 до 40 м, центробежно-вихревые – 4...63 л/с, при напоре 80...160 м. Высота самовсасывания 6 м. Насосы широко применяются для перекачивания легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

2.9 Струйные насосы: водо-водяные элеваторы (гидроэлеваторы), воздушно-водяные (эжекторы); схема работы, область применения.

В воде водяных элеваторах (гидроэлеваторах) рабочим телом служит жидкая среда. У воздушно-водяных насосов (эжекторов) рабочим телом служит газ или воздух. Схема работы всех струйных насосов основана на общем принципе: кинетическая энергия рабочего тела (жидкости, газа) передается перекачиваемой среде (жидкости, газу) для ее засасывания и подъема.

Водоструйные насосы применяют для выгрузки песка из песколовок; на насосных станциях – для заливки насосов перед пуском их в работу.

2.10 Объемные насосы: возвратно-поступательные поршневые, плунжерные, насосы-дозаторы, роторно-вращательные винтовые, шестеренные, коловратные, шланговые, пластинчатые.

Возвратно-поступательные поршневые насосы имеют рабочий орган в виде поршня. У плунжерных насосов плунжер (поршень) – полый цилиндр выполнен в виде цилиндрического стержня. Насосы-дозаторы, плунжерные насосы типа НД широко используются в реагентных хозяйствах станций очистки вод для дозирования растворов коагулянтов. Подача у насосов этого типа составляет 160...1000 л/ч при максимальном давлении 1 МПа.

У роторно-вращательных винтовых насосов имеются винты специального профиля. Это – объемные насосы. Шестеренные насосы относятся к классу объемные. Выполняются с двумя роторами, являющимися рабочими органами. Каждый из роторов имеет по два кулачка (зуба) специальной формы.

Шланговые насосы относятся к объемным. Перемещение перекачиваемой среды по ходу вращения ротора производится за счет выдавливания защемленных в шланге объемов. Пластинчатые насосы (шиберные) – объемный тип насосов. Они имеют эксцентрично расположенный ротор. В пазах ротора свободно перемещаются пластины.

2.11 Шнековые и вибрационные насосы, схема работы, область применения.

Шнековый насос относится к насосам трения. Насос имеет шнек, представляющий собой вал с навитой на него спиралью. *Схема работы насоса.* Шнек, установленный наклонно, вращается в лотке и перемещает

жидкость. Область применения – для перекачивания сточных вод и их осадков на небольшую высоту.

Вибрационные насосы – насосы трения. *Схема работы следующая:* жидкая среда перемещается в процессе возвратно-поступательного движения рабочего органа. Основным элементом является электромагнитный вибратор. Область применения: способны поднять воду с глубины при небольших уровнях воды в колодцах.

2.12 Воздушные водоподъемники: эрлифты. Схема работы. Оборудование. Определение максимальной подачи и область применения.

Для подъема жидкости используется сжатый воздух. К воздушным водоподъемникам относятся эрлифты и вытеснители.

Схема работы эрлифта: к вертикальной трубе, погружаемой под уровень воды, в скважине подводится сжатый воздух. Воздушно-водяная смесь поднимается по трубе. Оборудование включает компрессор, воздушный фильтр, воздушный канал. Область применения – для подъема воды из скважин, а также для промывки и прокачки скважин в процессе их сооружения.

Вытеснители относятся к воздушным подъемникам периодического действия.

2.13 Сравнение всех типов насосов, их достоинства и недостатки.

Если говорить о возможной подаче, то по мере ее увеличения насосы располагаются в следующем порядке: объемные, центробежные, осевые. Если же в качестве определяющего параметра рассматривать максимально возможное значение напора, то порядок будет обратным.

Лопастные насосы. Центробежные и осевые насосы обеспечивают плавную и непрерывную подачу перекачиваемой жидкости при высоких значениях КПД. Положительные качества центробежных, диагональных и осевых насосов привели к тому, что они являются по существу основными насосами всех сооружений водоснабжения и канализации.

К недостаткам центробежных насосов можно отнести ограниченность их применения в области малых подач и высоких напоров. Эти недостатки отсутствуют у вихревых и центробежно-вихревых насосов.

2.14 Водокольцевые вакуум-насосы и компрессоры. Схема, принцип работы, конструкции.

Водокольцевые вакуумные насосы предназначены для создания вакуума в насосах или в других аппаратах. Они так же могут быть использованы воздухоудвки для создания невысокого напора (3-32 м) при использовании сжатого воздуха в технологическом процессе очистки воды.

Вал рабочего класса установлен эксцентрично. Перед пуском корпус насоса заполняется водой примерно до оси вала. При вращении полости рабочего колеса захватывают воду, и под действием центробежных сил она отбрасывается к стенкам корпуса насоса, образуя концентрическое водяное кольцо. Образовавшиеся серповидное пространство между втулкой рабочего колеса и водяным кольцом и является рабочей полостью. Эта полость разделена лопатками рабочего колеса на отдельные ячейки.

При вращении рабочего колеса (по ходу часовой стрелки) в зоне всасывания создается вакуум. В корпус насоса непрерывно подается вода из водопровода или из циркуляционного бочка.

Водокольцевые машины в соответствии с ГОСТ 20889-80 выпускаются двух типов : В – простого действия , ДВ – двойного действия; и в двух исполнениях (ВН – для работы в качестве вакуум-насоса ; К – для работы в качестве компрессора (воздухоудвки) . Выпуск водокольцевых насосов РМК прекращен.

К компрессорам динамического типа относятся центробежные и осевые, а к объемного типа – пластинчатые (клеберные) и поршневые компрессоры, а также уже рассмотренные водокольцевые.

Известно, что при сжатии газ нагревается и температура его повышается. Если при этом газ не обменивается теплотой с окружающей средой, то такое сжатие называется адиабатическим и связь между давлением и объемом

определяются выражением

$$p v^k = \text{const}$$

где k – показатель адиабаты.

В том случае, теплота нагретого от сжатия газа отбирается. Можно создать условия, при постоянной температуре. Такой процесс сжатия называется изотермическим, а связь между удельным объемом и давлением определяется выражением

$$p v = \text{const}$$

Если в процессе сжатия отбирается не вся теплота, то такой термодинамический процесс называется политропическим и связь между давлением и удельным объемом определяется выражением

$$p v^n = \text{const},$$

где показатель политропы n находится в пределах

$$1 \leq n \leq k$$

В отличие от насосов эффективность воздухоудувных и компрессорных машин нельзя оценивать только по энергетическому КПД. Сжатие газа при различных условиях теплообмена сопровождается различными термодинамическими процессами. Совершенство процесса оценивается относительным термодинамическим КПД: изотермическим $\eta_{из} = L_{из} / L$ и изоэнтропическим $\eta_a = L_a / L$,

где $L_{из}$ и L_a – удельная энергия соответственно изотермического и изоэнтальпического процесса, L – удельная энергия действительного политропного процесса, протекающего в машине, с показателем n .

В отличие от воздуходувок скорости движения воздуха в проточной части компрессоров таковы, что плотность газа увеличивается, поэтому размеры ступеней по ходу движения перекачиваемой среды уменьшаются. Процесс сжатия воздуха в компрессоре сопровождается выделением значительного количества теплоты, которую необходимо отводить. С этой целью компрессор оборудован двумя промежуточными холодильниками.

Ввиду того, что степень повышения давления осевой ступени значительно меньше центробежной, осевые компрессоры имеют большее число ступеней. Каждая ступень состоит из вращающегося венца рабочих лопаток и неподвижного венца направляющих.

Пластинчатые (шиберные) компрессоры по конструкции аналогичны шиберным насосам. Большое распространение получили двухступенчатые пластинчатые компрессоры, конструктивно объединенные с охлаждающим устройством.

Воздух сжатый в первой ступени, поступает в трубы охладителя, в межтрубном пространстве которого циркулирует охлаждающая вода. Далее охлажденный воздух подводится во вторую ступень и, получив дополнительное сжатие, повторно поступает в охладитель, после чего к потребителю. Кроме холодильника вода циркулирует в охлаждающей рубашке корпуса и крышек компрессора. Пластинчатые компрессоры имеют подачу до $500 \text{ м}^3/\text{мин}$ и давление до 1,5 МПа.

Поршневые компрессоры, как и насосы, по конструктивным признакам представляют собой наиболее многочисленную группу машин. С целью сокращения числа разновидностей поршневых компрессоров проведена их нормализация. Заводами выпускаются компрессоры стандартизированного номенклатурного ряда с унифицированными узлами (поршни, цилиндры,

валы и др.). Это дает возможность выпускать компрессоры с различными параметрами (Q и P) при меньших затратах.

Основным отличием одноступенчатого поршневого компрессора от насоса является наличие камеры охлаждения цилиндра, в которую подается вода.

2.15 Воздуходувки и воздухометатели. Схема, принцип работы, конструкции.

На станциях аэрации и на сооружениях, где требуются большие расходы сжатого воздуха с напором до 10 м применяются турбовоздуходувки и воздухометатели. Ротор машины состоит из вала и рабочих колес. Рабочие колеса посажены на призматические шпонки. За последней ступенью на валу имеется пята (думмис) для разгрузки ротора от осевой силы. Воздуходувки и воздухометатели работают по такому же принципу, что и центробежные насосы. Сжатие и нагнетание воздуха в них происходит под действием центробежной силы, которая возникает при вращении рабочего колеса.

При больших расходах и напорах до 10 м применяются турбовоздуходувки (ТВ) и нагнетатели типов 360 и 750. При напорах свыше 10 м применяют многоступенчатые турбовоздуходувки 11 типоразмеров. Их маркировка включает буквенные и численные обозначения. Например ТВ-175-1,6 (ТВ - турбовоздуходувка; первое число – подача, м³/мин; второе – конечное абсолютное давление, кгс/см². Воздуходувки работают без охлаждения сжимаемого воздуха, так как при развиваемых давлениях температура воздуха повышается только до 170-200°С.

Смазка подшипников жидким маслом; масло заливается через сетку – фильтр, помещенную в верхней крышке корпуса подшипника. Масло в подшипниках охлаждается водой, подаваемой в нижнюю часть корпуса опоры подшипников. Расход воды на охлаждение составляет от 20 для (ТВ) до 20-60 м³/ч (для нагнетателей типов 360 и 750). В соответствии с

техническими условиями, для воздуходувок и нагнетателей требуется предварительная очистка воздуха от механических частиц, содержание которых не должно превышать 10 мг/м^3 .

В системах воздухоподачи может возникнуть неустойчивая работа (явление помпажа), так как характеристика воздуходувки имеет запасающий участок – зону неустойчивой работы. Явление помпажа обусловлено рядом причин и крайне нежелательно при параллельной работе нескольких турбовоздуходувок. Нарушение постоянства рабочего режима системы особенно опасно ввиду резкого скачкообразного повышения давления в потоке и как следствие увеличение давления в воздухопроводе и в рабочих узлах установки.

Для защиты установок от помпажа заводы – изготовители поставляют противопомпажные устройства с выпускным клапаном, обеспечивающие автоматический сброс избыточного количества воздуха при достижении нагнетателем критической подачи.

3. Насосные станции водоснабжения и водоотведения.

3.1 Классификация водопроводных насосных станций.

Насосные станции являются звеном системы водоснабжения и представляют собой довольно сложный энергетический узел, обеспечивающий подачу воды потребителям в необходимом количестве с

требуемым напором. На насосной станции размещаются главные насосные агрегаты, для обеспечения нормальной работы которых устраивают целый ряд вспомогательных систем: система всасывающих и напорных трубопроводов, системы запуска насосов, смазки, электроснабжения, автоматики, управления, контроля и т.д.

Все водопроводные насосные станции подразделяются на группы по ряду признаков.

По расположению в общей схеме водоснабжения и своему назначению различают станции первого и второго подъема, повысительные и циркуляционные.

Станции первого подъема подают воду из источников на очистные сооружения, а если очистки воды не требуется. – в регулирующие емкости или непосредственно в сеть потребителя. Станции второго подъема перекачивают воду из резервуаров чистой воды в в сеть потребителя. В отдельных случаях насосы первого и второго подъемов могут располагаться в одном здании. Повысительные станции предназначены для повышения напора в сети (отдельные многоэтажные здания, районы с застройкой повышенной этажности, зонные водопроводы, водопроводы промышленных предприятий). Циркуляционные станции входят в состав системы технического водоснабжения предпри1 и теплоэлектростанций. Они чаще всего оборудуются двумя группами насосов, одни из которых подают отработанную воду на охлаждение, а другие подготовленную воду – в производственные цеха.

По надежности действия насосные станции подразделяются на три категории (СниП 11-31-74): первая категория – станции, не допускающие перерыв в работе; вторая категория – станции допускающие кратковременный перерыв в подаче воды на время, необходимое для включения резервного электроснабжения обслуживающим персоналом;

третья категория – станции, допускающие перерыв в подаче воды на время ликвидации аварии, но не более одних суток.

По типу зданий станции подразделяются на наземные, заглубленные и глубокие (шахтные).

По характеру управления станции бывают: с ручным управлением; полуавтоматические, где автоматизированная система включается оператором с пульта управления; автоматические, на которых система автоматики станции включается и выключается от первичных сигналов, получаемых от датчиков; с управлением на расстоянии, когда включение и выключение агрегатов и контроль за их работой производятся из центрального диспетчерского пункта, расположенного на значительном расстоянии от насосной станции.

3.2 Расчет производительности насосных станций по ступенчатому и интегральному графикам.

Режим работы насосной станции II подъема определяется из условий максимального приближения подачи к графику водопотребления. Обычно рекомендуется принимать режим работы насосной станции II подъема, как двух – трехступенчатой подачи. При определении ступеней подачи необходимо стремиться к минимальным отклонениям их от графика водопотребления (на рис. 1 пунктиром показан график трехступенчатой подачи).

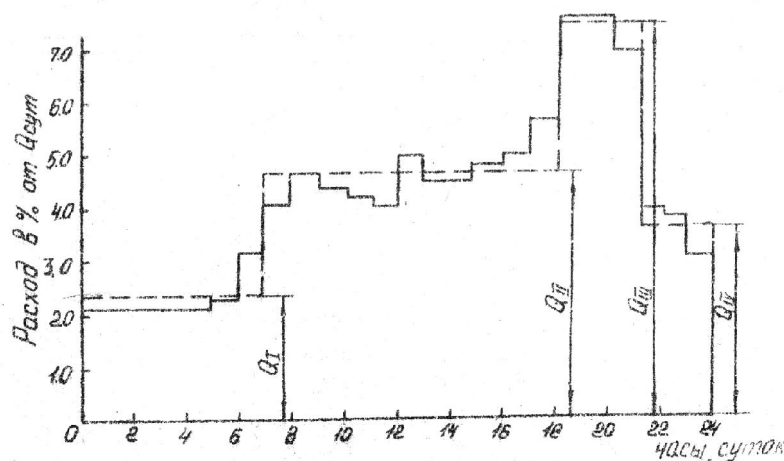


Рис. I. График водопотребления и подачи:

——— водопотребление; - - -подача

После составления графика ступенчатой подачи необходимо проверить его по уравнению

$$100 = Q_I t_I + Q_{II} t_{II} + Q_{III} t_{III},$$

где Q_I , Q_{II} , Q_{III} — подача воды насосами в процентах от суточного расхода на соответствующих ступенях;

t_I , t_{II} , t_{III} — время подачи воды по ступеням.

Если окажется, что правая часть уравнения не равна 100 %, то производится корректировка графика путем изменения времени, либо расхода по ступеням.

Экономичность работы насосной станции второго подъема во многом зависит от правильности выбора ее работы. Поскольку станция второго подъема подает воду непосредственно в сеть потребителя, то режим ее работы будет определяться режимом водопотребления и составом напорно-регулирующих сооружений системы водоснабжения.

Если в сети водопотребителя нет напорно-регулирующего сооружения (водонапорной башни), то для того чтобы обеспечить потребителей водой в час максимального потребления, подачу станции необходимо принимать по максимальному часовому расходу в сутки.

Водонапорные башни с регулирующей емкостью позволяют уменьшить не только расчетную производительность насосной станции

второго подъема, но и ее мощность. Если график водопотребления характеризуется большим коэффициентом неравномерности и при больших объемах суточного водопотребления регулирующая емкость водонапорной башни может получиться непомерно большой, то строительство такой емкости окажется экономически нецелесообразным.

3.3 Определение количества рабочих и резервных насосов.

При выборе количества основных агрегатов станций второго подъема необходимо, как и на станциях первого подъема, стремиться к укрупнению единичной мощности агрегатов, так как это повышает экономичность строительства и эксплуатации насосной станции. Однако если станция второго подъема работает по ступенчатому графику, то количество агрегатов необходимо выбирать из условия возможности отключения одного или нескольких насосов в периоды небольшого водопотребления. Работа каждого насоса должна соответствовать максимальному значению КПД. Это достигается на основании анализа совместной работы насосов и водопроводной сети при различных режимах водопотребления.

При подборе насосного оборудования руководствуются следующими основными требованиями. Выбранные насосы должны: обеспечивать расчетные напор и подачу; работать в области максимального КПД; быть однотипными (желательно). Однако если более экономичная работа получается при разнотипных насосах, то целесообразно устанавливать их; они должны быть серийного производства, иметь наибольший коэффициент быстроходности.

Резервные насосы должны быть такой же марки, как и основные.

3.4 Построение графика совместной работы насосов и трубопроводов. Анализ режима работы насосных агрегатов.

Подбор насосов является наиболее ответственной частью при проектировании насосных станций. Известно, что при работе насоса на сеть подача насоса и его напор определяются точкой пересечения рабочих характеристик $Q - H$ насосов и трубопровода. Следовательно, подбор насосов необходимо производить так, чтобы их рабочие характеристики $Q - H$ пересекали характеристику трубопровода в точках, соответствующих ступеням подачи, в том числе в точке с расходом при пожаротушении.

При подборе насосов предварительно задаются количеством насосов, работающих на ступени с максимальной подачей, и по каталогу подбирают насос с напором $H_{\max}$. Из каталога выписываются все данные о насосе в виде таблицы и вычерчиваются на миллиметровке рабочие характеристики насоса. Затем характеристика насоса $Q - H$ накладывается (вычерчивается) на характеристику $Q - H$ трубопровода в одинаковых масштабах и производится увеличение абсцисс характеристики насоса $Q - H$ в n раз при постоянных напорах. В результате получаются суммарные характеристики $Q - H$ одного, двух, трех и n параллельно работающих насосов. Пересечение характеристик насосов с характеристиками трубопроводов дает рабочие точки, т.е. действительные расходы воды, с которыми будет работать данная система насос – трубопровод. Если рабочие точки совпадут с точками ступеней подачи, то подбор насосов произведен правильно. При несовпадении данных точек отыскиваются другие комбинации рабочих характеристик насосов других типов. Одновременно насосы второго типа обеспечивают подачу расхода при пожаре, т.к. характеристика двух насосов пересекает «пожарную» точку.

В случае, когда напор насоса больше требуемого, можно изменить его рабочую характеристику путем срезки рабочего колеса. Рабочие характеристики насоса со срезанным колесом определяются по формулам

$$H_{cp} = H \left(\frac{D_{cp}}{D} \right)^2; \quad Q_{cp} = Q \left(\frac{D_{cp}}{D} \right)^3; \quad \eta_{cp} = 1 - (1 - \eta) \left(\frac{D}{D_{cp}} \right)^{0,45},$$

где индекс «ср» относится к насосу со срезанным колесом.

Для упрощения, найдя одну точку для насоса со срезанным колесом, новая характеристика $Q - H$ проводится через эту точку параллельно известной характеристике.

Противопожарные насосные станции I-го подъема подбираются на восполнение трехчасового противопожарного объема в резервуаре в течение 24 – 36 часов и включаются в параллельную работу с рабочими насосами.

В результате составляется таблица потребных и действительных напоров (табл. 6).

Таблица 6

Ступени подачи	Время работы, ч	Количество работающих насосов, их марка	Расход подачи, л/с	Подача одного насоса, л/с	Требуемый напор, Нт, м	Действительный напор, Нд, м	КПД насоса, η
1	2	3	4	5	6	7	8
I	5	Д630 – 90	107	96,5	49,4	51,5	0,73
		Д630 – 90		96,5			0,73
II	7	Д630 – 90	410	120	50,5	52,5	0,73
		Д630 – 90		120			0,73
		Д630 – 90		170			0,80
III	12	и т.д.					
Пожар	3						

Расходы подачи воды (графа 4, табл. 6) численно равны расходу по соответствующим ступеням.

Требуемый напор ($H_{тр}$).

Действительный напор ($H_{д}$) равен напору в точке пересечения характеристики $Q - H$ насосов с ординатой, проведенной через соответствующие расходы подачи по ступеням. При подборе насосов необходимо стремиться к тому, чтобы $H_{мп} = H_{д}$.

КПД насосов определяется по графику рабочей характеристики $Q - \eta$.

3.5 Схемы размещения насосных агрегатов в помещениях насосных станций в плане и вертикальной плоскости.

Основные рабочие насосы подбирают по расчетным значениям Q и H с учетом совместной работы насосов и водовода. При подборе насосов необходимо руководствоваться следующим:

- увеличение числа насосов приводит к увеличению строительного объема зданий насосной станции, к усложнению условий эксплуатации;
- при совместной работе в общий водовод подача насоса уменьшается по сравнению с подачей при индивидуальной его работе, и чем больше насосов работают совместно, тем больше снижение их подачи;
- чем меньше размер насоса, тем меньше его КПД.

Учитывая указанные обстоятельства, число рабочих насосов на станциях первого подъема следует принимать как можно меньше, но большей мощности. Однако их число не должно быть меньше двух.

Тип насоса выбирают в зависимости от общей мощности насосной станции. На крупных станциях целесообразнее принимать вертикальные центробежные или осевые насосы, так как они требуют меньшую площадь машинного зала. На средних и малых станциях используют насосы типа Д.

В отдельных случаях на станциях с большим заглублением целесообразно использовать скважинные насосы с трансмиссионным валом. Рабочие насосы на станции должны быть однотипными.

Количество резервных насосов принимается в зависимости от числа рабочих насосов и категории надежности насосной станции.

Учитывая противопожарные мероприятия, на насосные станции первого подъема объединенных систем хозяйственно-питьевых и противопожарных водопроводов возлагаются функции пополнять израсходованный неприкосновенный запас, который хранится в резервуарах чистой воды насосных станций второго подъема.

3.6 Требования к проектированию всасывающих и напорных трубопроводов и их переключение по условиям обеспечения расчетной производительности.

Всасывающие трубопроводы являются наиболее ответственными элементами насосных установок. Обычно принимается количество всасывающих труб вне здания меньше числа насосов при условии устройства общего коллектора, к которому подключают насосы. Количество внешних всасывающих линий не должно быть менее двух. Чаще всего количество отходящих от станции водоводов бывает меньше числа насосов, поэтому напорные трубопроводы объединяют в общий коллектор.

Схема переключений всасывающих и напорных трубопроводов насосных станций должна обеспечить бесперебойность расчетной подачи воды насосной станции. Это реализуется установкой запорной арматуры на всасывающих и напорных трубопроводах в необходимом количестве.

3.7 Проверка работы насосной станции при пожаротушении.

В противопожарном отношении на насосные станции второго подъема возлагаются функции подачи к любой точке водопроводной сети расчетного противопожарного количества воды в момент максимального водопотребления. Подача противопожарных насосов подсчитывается по норме расхода воды на один подар и расчетному количеству одновременных пожаров. Время тушения пожара назначается равным трем часам. Напор противопожарных насосов зависит от типа противопожарной сети, которые по способу тушения пожара подразделяются на сети низкого и высокого давления.

3.8 Условия пуска и остановки насосных агрегатов при закрытой и открытой задвижке. Нормальная и внезапная остановка насосных агрегатов, оборудованных обратным клапаном и без него.

Характерной особенностью центробежных насосов является увеличение гидродинамического момента на валу с увеличением подачи, поэтому для облегчения условий работы двигателя пуск насосов производится как правило в режиме нулевой подачи (на закрытую задвижку).

Нормальная остановка насосного агрегата осуществляется отключением насосного агрегата от сети после предварительного прикрытия задвижки на напорном водоводе.

3.9 Насосные станции над артезианскими скважинами.

В водоносных пластах, залегающих на глубине более 10 м, водозабор грунтовых вод осуществляют, как правило, с помощью скважин (трубчатых колодцев), которые оборудуют чаще всего центробежными, погружными насосами. Над скважиной предусматривается установка наземных или подземных помещений (павильонов или колодцев).

3.10 Особенности устройства строительной части водопроводных насосных станций.

Строительная часть водопроводных насосных станций в большинстве случаев размещена как под землей – подземная часть здания (включая опорные конструкции), так и над землей – верхнее строение здания. Верхнее строение водопроводной насосной станции 2-го подъема, представляет собой, как правило, обычное промышленное здание.

3.11 Схемы и классификация насосных станций водоотведения.

Канализационные насосные станции классифицируют по следующим признакам. По расположению станции в общей системе водоотведения на: главные, которые размещаются на главных коллекторах систем водоотведения и перекачивают поступающие на них сточные воды на очистные сооружения; районные, перекачивающие сточные воды в главный или близрасположенный коллектор с части канализуемой территории (района); сетевые, расположенные непосредственно на коллекторе, заглубление которого превышает допустимые нормы, и предназначенные для подъема сточных вод из нижележащего самотечного коллектора в вышележащий; местные, перекачивающие сточные воды от отдельных объектов (зданий, предприятий и т.д.).

По роду перекачиваемой жидкости станции подразделяются на три группы: для перекачки хозяйственно-бытовых стоков; для перекачки производственных стоков; для перекачки ливневых стоков.

По характеру управления станции подразделяются на автоматические (управляемые с помощью приборов и средств автоматизации) и с ручным управлением (включение и выключение агрегатов производится обслуживающим персоналом).

По конструкции насосные станции чаще всего бывают заглубленного и шахтного типа, совмещенные с приемным резервуаром или отдельные.

3.12 Особенности проектирования насосных станций водоотведения.

В системе водоотведения с нормальным (5...8 м) заложением коллекторов главную насосную станцию размещают в конце главного самотечного коллектора, то есть в наиболее пониженной части канализуемой

территории, куда целесообразно сточные воды отвести самотеком. От главной насосной станции все поступающие к ней воды перекачиваются на очистные сооружения по напорному водоводу. Место расположения главной канализационной насосной станции назначается с учетом возможности устройства аварийного выпуска.

В системах водоотведения с глубоким заложением коллекторов главную насосную станцию целесообразно размещать непосредственно на площадке очистных сооружений. При этом отпадает необходимость сооружения напорных водоводов значительной длины, что приводит к уменьшению мощности насосной станции.

Аналогично главной выбирается место расположения и районных канализационных станций в пределах района, от которого поступают стоки к данной станции. Если на пути сооружения самотечного коллектора, подводящего воду к главной или районной насосным станциям, встречаются естественные или искусственные препятствия, то их следует располагать до препятствий, так как стоимость строительства напорного водовода всегда меньше (на единицу длины), чем самотечного коллектора или специального сооружения (дюкера, эстакады).

Главные и районные канализационные станции следует размещать вне зоны застройки жилыми кварталами. Если же они размещаются в жилой застройке, то между жилыми зданиями и зданием канализационной насосной станции должен предусматриваться разрыв 20...25 м с посадкой защитных зеленых насаждений.

3.13 Выбор рабочих и резервных агрегатов.

Поступление сточных вод в систему хозяйственно-бытовой канализации и характер распределения суточных расходов, так же как и водопотребление, неравномерны и зависят от степени благоустройства зданий и от числа жителей населенного пункта.

Характер притока сточных вод к насосной станции и определяет режим ее работы. В условиях неравномерного притока (для обеспечения равномерной работы насосов) на канализационных станциях устраивают приемные резервуары, обладающие достаточной регулирующей емкостью. Регулирующая емкость позволяет в течение некоторого времени накопить определенный объем сточной жидкости при неработающих насосах, а затем после включения в работу насосов откачать скопленную воду на очистные сооружения. После откачки насосы отключаются, и цикл повторяется вновь после наполнения регулирующей емкости.

Суммарная подача насосов канализационных насосных станций, перекачивающих хозяйственно-бытовые стоки, назначается равной максимальной величине часового стока по графику.

Канализационные насосные станции, перекачивающие хозяйственно-бытовые сточные воды, оборудуются центробежными горизонтальными или вертикальными насосами. Горизонтальными насосами следует оборудовать насосные станции наземного типа или имеющие относительно небольшое заглубление (3...5 м). На канализационных насосных станциях с заглублением более 5 м (шахтного типа) целесообразнее использовать вертикальные насосы, так как они требуют значительно меньших размеров здания станции в плане.

При назначении числа рабочих агрегатов следует помнить, что крупные насосы обладают более высоким КПД. Учитывая это, необходимо назначать меньшее количество агрегатов, но более мощных. Однако установка на станции малого количества агрегатов влечет за собой увеличение мощности резерва и снижение маневренности насосного оборудования станции.

3.14 Построение графика Q-H совместной работы насосов, всасывающих и напорных трубопроводов.

Для выбора рабочих агрегатов, необходимо выполнить построение графика Q-H совместной работы насосов, всасывающих и напорных трубопроводов, который осуществляется в следующей последовательности:

1. Из каталога переносят на график кривые Q-H выбранного насоса.
2. Строят характеристику параллельной работы насоса.
3. Наносят характеристику трубопроводов.

Построение графика Q-H трубопроводов выполняют аналогично методике построения графика трубопроводов водопроводной насосной станции.

3.15 Построение графика часового притока и откачки.

Объем регулирующей емкости премного резервуара рассчитывают в соответствии с режимом работы и выбранной величиной общей подачи насосной станции.

Если регулирующий объем будет мал, он не обеспечит равномерности работы насосной станции. Если же он окажется слишком велик, то появится опасность выпадения большого количества взвешенных веществ из сточной воды, что приведет к быстрому заилению приемного резервуара и возможному загниванию жидкости.

Необходимую величину регулирующей емкости удобно определять графическим способом, совмещая график притока сточных вод и работы насосов.

3.16 Устройство аварийного выпуска и отключение подводящего коллектора.

Перед насосными станциями целесообразно предусматривать аварийные выпуски, использование которых возможно лишь в чрезвычайных случаях. Аварийные выпуски устраивают из ближайшего к насосной станции

колодца подводящего коллектора. Они служат для сброса сточных вод в ближайший водоем, овраг, водосток и др. при длительной остановке насосов. Для этого в колодце должен быть затвор с дистанционным управлением привода для быстрого отключения коллектора.

3.17 Требования к проектированию помещений приемных резервуаров и решеток.

Резервуар, совмещенный с машинным залом, должен быть отделен от него глухой водонепроницаемой стеной. Глубина в средней его части должна быть не менее 1,5-2м. Чтобы защитить насосы от засорения сточную воду пропускают через решетки, установленные на распределительных каналах при входе сточных вод в резервуар.

3.18 Требования к устройству всасывающих и напорных трубопроводов.

Всасывающие и напорные трубопроводы, находящиеся в помещении машинного зала выполняют из стальных труб. Их рекомендуется укладывать открыто на полу. Под трубопроводы устанавливают бетонные опоры (под арматуру) высотой 150-200 мм.

3.19 Устройство хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения на станциях водоотведения.

Помещения канализационных насосных станций оборудуют двумя системами водоснабжения: системой хозяйственно-питьевого и системой производственного водопровода. Вода для хозяйственно-питьевых и технических нужд подается по одному вводу.

В системе технического водопровода требуемый напор, как правило, диктуется требуемым напором для гидроуплотнения сальников. Обычно он принимается на 2 – 3м выше напора, развиваемого насосом. В системе технического водопровода вода из городской сети поступает в бак «разрыва струи».

3.20 Насосные станции для перекачивания дождевых вод.

Атмосферные воды по дождевой канализационной сети движутся самотеком. Для подачи на очистные сооружения дождевого стока приходится его перекачивать. Так как регулирующим приемным резервуаром является пруд или другой резервуар, то в помещении насосной станции предусматривается устройство только машинного зала и аванкамеры для размещения всасывающих воронок насоса.

3.21 Требования к устройству и размещению насосных установок и насосных станций на станциях очистки сточных вод.

Насосные станции и установки находятся в составе сооружений очистки сточных жидкостей и обработки осадка. Такие станции служат для перекачивания осадка из первичных отстойников в метантенки, сброженного осадка из метантенков на сооружения по обработке осадка, уплотненного активного ила в метантенки, активного ила из вторичных отстойников в регенератор активного ила или в аэротенки, песка из песколовок.

3.22 Отопление и вентиляция помещений решеток и машинного зала.

Отопление и вентиляция насосных станций водоотведения проектируется согласно указаниям СНиП 2.04.03-85*.

4. Арматура и вспомогательное оборудование.

4.1 Арматура трубопроводов запорно-регулирующая.

На насосных станциях используется следующая запорно-регулирующая арматура: затворы, задвижки, клапаны. Задвижки применяются для полного или частичного перекрытия трубопроводов с целью регулирования подачи. В зависимости от конструкции запорного устройства они бывают двух типов: клиновые и параллельные. Задвижки могут быть с выдвижными и не выдвижными шпинделями.

Обратные клапаны применяют чаще всего на насосных станциях, для того чтобы после нормальной эксплуатационной или аварийной остановки насоса воспрепятствовать обратному току через него воды, находящийся в напорном трубопроводе.

4.2 Контрольно-измерительная аппаратура.

К контрольно-измерительной аппаратуре относят: водомеры, манометры, вакуумметры, термометры. На напорной стороне каждого насоса монтируется механический манометр, а на всасывающей стороне – вакуумметр. Водомеры на станциях используют для учета объема перекачиваемой среды. Для измерения объема жидкой среды применяют крыльчатые и турбинные водомеры. В случае больших расходов применяют водомеры переменного перепада давления.

4.3 Способы заливки центробежных насосов перед пуском.

В тех случаях, когда насосы установлены выше уровня воды в приемном резервуаре перед запуском их корпуса и всасывающие трубы должны быть залиты жидкостью. Для этого имеется несколько способов:

- а). заливка насосов из напорного трубопровода;
- б). заливка с помощью струйного насоса;

в). заливка вакуумным насосом.

4.4 Грузоподъемные и транспортные механизмы.

Тип подъемно-транспортного механизма выбирается с учетом размеров сооружения, компоновки технологического оборудования, его размеров.

Грузоподъемность должна быть равна или больше массы наиболее тяжелой детали монтируемых насосных агрегатов. Для подъема предусматривают оборудование с ручным приводом:

при массе узлов до 1000кг - кошку или таль по монорельсу;

до 5000 кг – подвесную кран-балку;

более 5000 кг – мостовой кран.

При подъеме на высоту 6м и более, или при длине зала 18м и более, или при массе более 5000 кг – применяют электрические кран-балки или мостовые краны.

4.5 Дренажные установки.

Для откачивания из помещений здания насосной станций фильтрационных вод, которые просачиваются через стенки и днище подземной части здания, строительные швы и сальниковые устройства насосов, применяют дренажные насосные установки.

5. Электроснабжение насосных станций.

5.1 Двигатели, применяемые на насосных станциях.

Для привода насосов в настоящее время применяются в основном асинхронные и реже синхронные электродвигатели переменного тока. Асинхронные электродвигатели в зависимости от обмотки ротора бывают с короткозамкнутым и с фазным ротором.

5.2 Электроснабжение при высоком и низком напряжениях.

Распределительные устройства.

Электроснабжение при высоком напряжении 3.6 или 10кВ может осуществляться без понизительной трансформаторной подстанции или с ней. Распределительные устройства (РУ) включают оборудование, предназначенное для приема и распределения электрической энергии. РУ устраивают закрытыми в помещениях, пристраиваемых к зданию насосной станции или выгораживают внутри него.

5.3 Щиты управления насосными агрегатами и электроснабжением. Определение необходимых размеров помещений для распределительных и щитовых устройств и трансформаторных пунктов.

Щиты управления (ЩУ) устанавливают в диспетчерской по прислонной схеме. На панелях щита имеются основные контрольно-измерительные приборы, аппаратура для дистанционного управления, приборы аварийной и предупредительной сигнализации. ЩУ располагают в помещении, называемом также помещением главного щита управления или «щитовой». Размеры помещений РУ определяются числом ячеек, которая устанавливается числом масляных выключателей, т.е. ориентировочно числом насосных агрегатов.

6. Принципы автоматизации работы насосных станций.

Классификация насосных станций по степени автоматизации.

В настоящее время наибольшее распространение получил принцип автоматизации работы насосной станции, основанный на управлении с местного диспетчерского пункта, расположенного в помещении насосной станции. Классификация насосных станций по степени автоматизации разделяет их на полуавтоматические и автоматические.

6.1 Приборы автоматического контроля и подачи команд, применяемые на насосных станциях.

Основными приборами автоматического контроля являются различные датчики, которые преобразуют контролируемую величину в электрический сигнал, поступающий в виде команды в исполнительный механизм.

Применяют следующие типы датчиков:

датчики уровня – для подачи импульсов на включение и остановку насосов при изменении уровня воды в баках и резервуарах;

датчики давления, или электроконтактные манометры – для управления цепями автоматики при изменении давления в трубопроводе.

Основными приборами автоматической подачи команд служат реле.