

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,

Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.

Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .

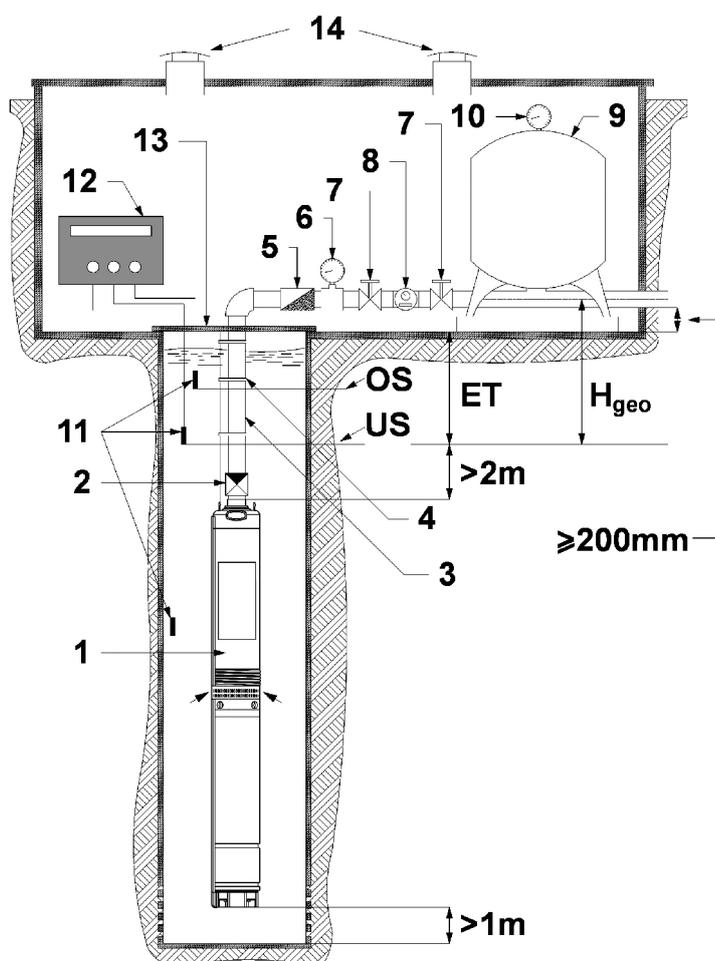
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.

Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.



# СВЕДЕНИЯ ПО ВОДОСНАБЖЕНИЮ, ВОДООТВЕДЕНИЮ, ПОДБОРУ И РАСЧЁТУ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.



Подготовлено предприятием "H<sub>2</sub>O" при содействии  
"Национальной академии природоохранного и курортного  
строительства" кафедра гидромелиорации и ГТС.  
г. Симферополь

**ПРОДАЖА** - обмен товаров, услуг или идей на деньги с прибылью при прочном и взаимном удовлетворении покупателя и продавца.

### ***Причина***

Что является той **причиной**, от которой зависит, приобретет ли клиент у продавца его продукт?

### ***НАЛИЧИЕ ДОВЕРИЯ КЛИЕНТА К ПРОДАВЦУ, ПРЕДСТАВИТЕЛЮ ОРГАНИЗАЦИИ!***

Доверяя продавцу, клиент автоматически доверяет его фирме и его товару.

В глазах клиента продавец является компанией, которую он представляет.

71% всех клиентов продавца покупают у него, потому, что он им нравится, они ему доверяют и уважают его.

### ***Успешный продавец:***

1. Хочет и готов работать
2. Верит в свой товар
3. Спокоен, уверен, настойчив, положительно настроен
4. Хорошо знает свое оборудование
5. Держит слово
6. Умеет поставить себя на место клиента, заботится о нем
7. Договаривается о визите заранее и умеет планировать время
8. Видит ситуацию продажи в целом – с точки зрения клиента, с учетом продажи целой группы товаров

### ***Продавец обязан***

1. Серьезно относиться к продаже ассортимента
2. Поставить себе цели по продаже каждого отдельного товара.
3. Подготовить список преимуществ для каждого отдельного товара.
4. Определить подход к возражениям против отдельных товаров.

### ***Почему продавцы терпят неудачу***

40% - недостаточное знание оборудования и неумение продавать

30% - неумение общаться

15% - неискреннее отношение самих продавцов

15% - плохое руководство

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О НАСОСАХ.....	4
КЛАССИФИКАЦИЯ НАСОСОВ .....	11
ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	12
ПОВЕРХНОСТНЫЕ НАСОСЫ .....	15
НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ.....	39
СКВАЖИННЫЕ НАСОСЫ .....	41
АВТОМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ .....	58
ГИДРОАККУМУЛЯТОРЫ.....	72
КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ, ДРЕНАЖНЫЕ НАСОСЫ .....	76
ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ.....	125
РАСШИРИТЕЛЬНЫЕ БАКИ .....	143

## ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О НАСОСАХ

Насос, устройство (гидравлическая машина, аппарат или прибор) для напорного перемещения (всасывания и нагнетания) главным образом капельной жидкости в результате сообщения ей внешней энергии (потенциальной и кинетической).

Устройства для безнапорного перемещения жидкости насосами обычно не называют и относят к водоподъёмным машинам.

Основной параметр насоса - количество жидкости, перемещаемое в единицу времени, т.е. осуществляемая объёмная подача  $Q$ . Для большинства насосов важнейшими техническими параметрами также являются: развиваемое давление  $p$  или соответствующий ему напор  $H$ , потребляемая мощность  $N$  и КПД  $\eta$ .

### Историческая справка.

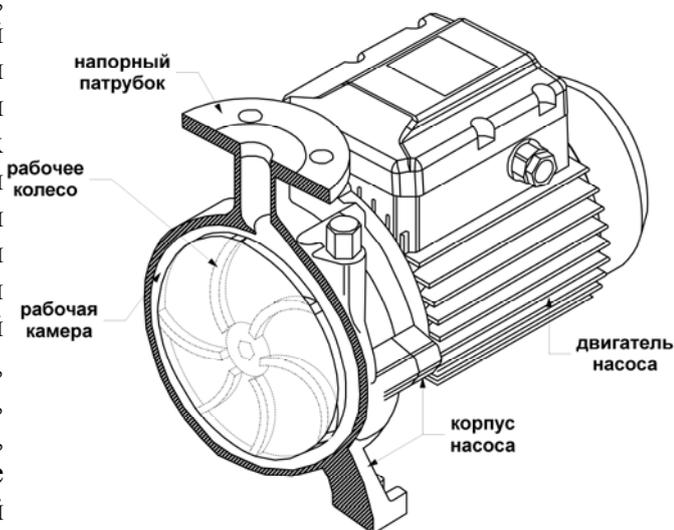
Изобретение насосов относится к глубокой древности. Первый насос для тушения пожаров, который изобрёл древнегреческий механик Ктесибий, был описан в 1 в. до н.э. древнегреческим учёным Героном из Александрии в сочинении "Pneumatica", а затем М. Витувием в труде "De Architectura". Простейшие деревянные насосы с проходным поршнем для подъёма воды из колодцев, вероятно, применялись ещё раньше. До начала 18 в.

Поршневые насосы по сравнению с водоподъёмными машинами использовались редко. В дальнейшем, в связи с ростом потребностей в воде и необходимостью увеличения высоты её подачи, особенно после появления паровой машины, насосы постепенно стали вытеснять водоподъёмные машины. Требования к насосам и условия их применения становились всё более разнообразными, поэтому наряду с поршневыми насосами стали создавать вращательные насосы, а также различные устройства для напорной подачи жидкостей. Таким образом, исторически наметились три направления их дальнейшего развития: создание поршневых насосов, вращательных насосов и гидравлических устройств без движущихся рабочих органов.

Подъём в развитии поршневых насосов наблюдался в конце 18 в., когда для их изготовления стали применять металл и использовать привод от паровой машины. С середины 19 в.

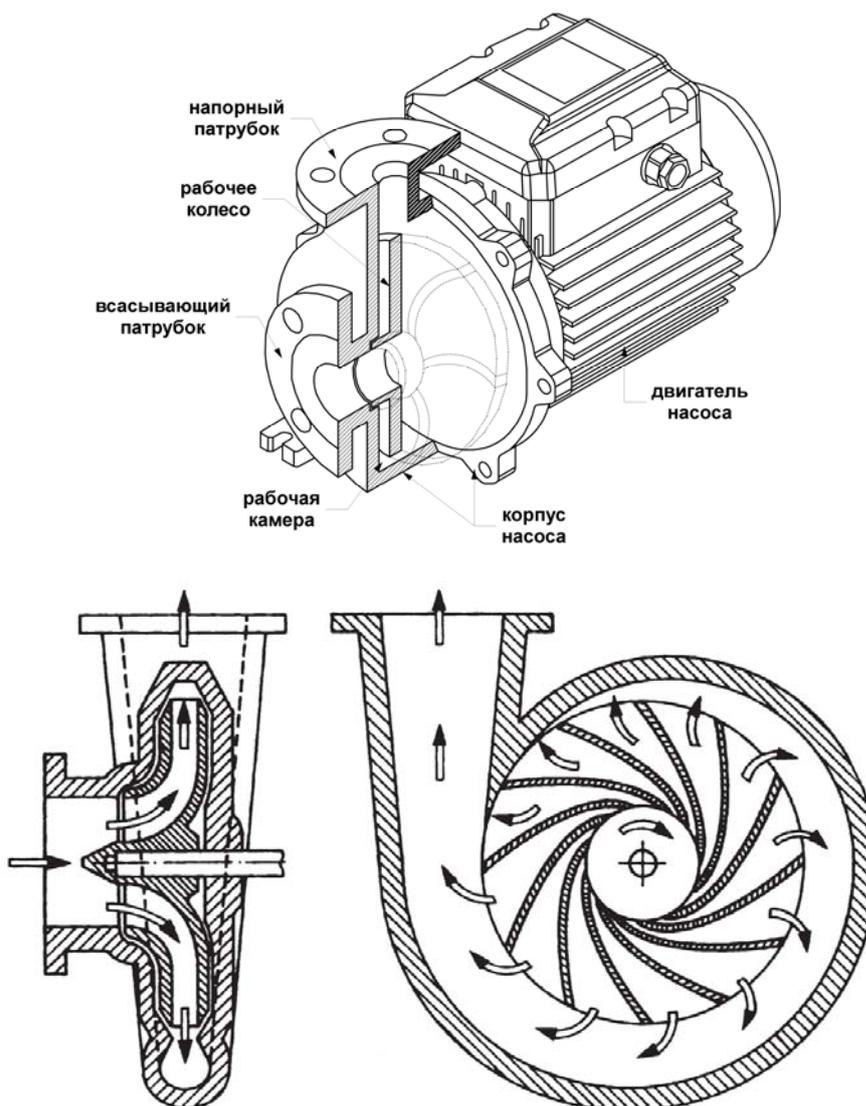
Начали широко внедряться в производство паровые прямодействующие поршневые насосы.

Идея использования центробежной силы для подачи жидкостей возникла в 15 в. ещё у Леонардо да Винчи и, по-видимому, независимо от него была реализована в начале 17 в. французским инженером Бланкано, построившим простейший центробежный насос для подачи воды, рабочим органом которого служило открытое вращающееся колесо. Один из первых центробежных насосов со спиральным корпусом и четырёхлопастным рабочим колесом был предложен французским учёным Д. Папеном, который усовершенствовал конструкцию ранее известной воздуходувки "Hessians". В конце 19 в., когда появились быстроходные тепловые, а затем электрические двигатели, центробежные насосы получили более широкое применение. В 1838г., русский инженер А.А. Саблуков, на основе созданного им ранее вентилятора, построил одноступенчатый центробежный насос, в 1846 г. американский инженер Джонсон предложил многоступенчатый горизонтальный



насос, в 1851 г. аналогичный насос был создан в Великобритании по патенту Гуинна (насос Гуинна), в 1899 г. русский инженер В.А. Пушечников разработал вертикальный многоступенчатый насос для буровых скважин глубиной до 250 м. Этот насос, построенный в Париже на заводе Фарко (насос Фарко), предназначался для водоснабжения Москвы, имел подачу 200 м<sup>3</sup>/ч, КПД до 70%. В России первые центробежные насосы начали изготавливать в 1880 году на заводе Г. Листа в Москве.

**Центробежные насосы** являются одной из самых распространенных разновидностей динамических гидравлических машин. Они широко применяются: в системах водоснабжения, водоотведения, в теплоэнергетике, в химической промышленности, в атомной промышленности, в авиационной и ракетной технике и др.



Принципиальная схема центробежного насоса.

На рабочем колесе имеются лопатки (лопасти), которые имеют сложную форму. Жидкость подходит к рабочему колесу вдоль оси его вращения, затем направляется в межлопаточный канал и попадает в отвод (направляющий аппарат). Отвод предназначен для сбора жидкости, выходящей из рабочего колеса, и преобразования кинетической энергии потока жидкости в потенциальную энергию, в частности в энергию давления. Указанное выше преобразование энергии должно происходить с минимальными гидравлическими потерями, что достигается специальной формой отвода.

Корпус насоса предназначен для соединения всех элементов насоса в

энергетическую гидравлическую машину. Лопастный насос осуществляет преобразование энергий за счет динамического взаимодействия между потоком жидкой среды и лопастями вращающегося рабочего колеса, которое является их рабочим органом. При вращении рабочего колеса жидкая среда, находящаяся в межлопаточном канале, лопатками отбрасывается к периферии, выходит в отвод далее в напорный трубопровод.

В многоступенчатом насосе описанный процесс повторяется многократно за счет прохождения жидкости через гирлянду перемежающихся направляющих аппаратов и лопастных колес. В данном случае, направляющий аппарат выступает в роли “гасителя скорости потока”, обеспечивая подпор перед лопастным колесом. Такая конструкция обеспечивает существенное приращение давления при сравнительно небольших габаритах и применяется, главным образом, в повысительных насосах.

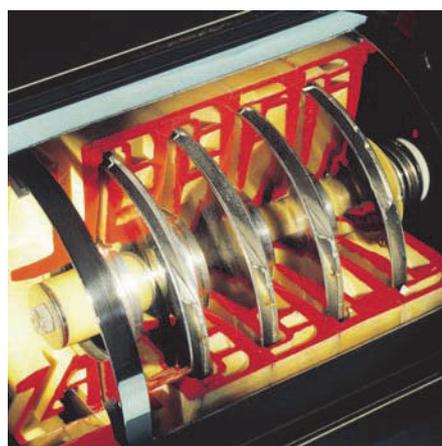
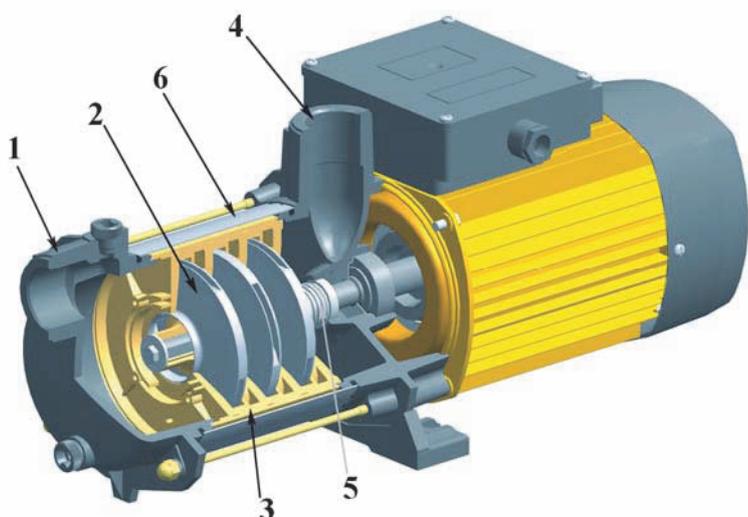


Схема многоступенчатого центробежного насоса:

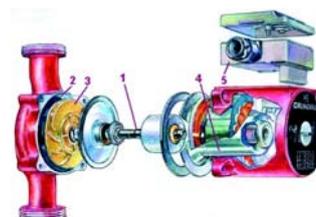
- 1 - всасывающий патрубок; 2 - рабочее колесо; 3 - направляющий аппарат (лопаточный отвод); 4 - нагнетательный патрубок; 5 - торцевое уплотнение; 6 - корпус насоса.

В центральной части насоса, т.е. на входе жидкости в рабочее колесо насоса, возникает разрежение, и жидкая среда под действием давления направляется от источников водоснабжения по всасывающему трубопроводу в насос. Частоту вращения рабочего колеса насоса обозначают через  $n$  (об/мин), а угловую скорость - через  $\omega$ . Связь между  $\omega$  и  $n$  определяется выражением  $\omega = \pi n / 30$ .

**Насос с сухим ротором** - это насос, в котором ротор электродвигателя не соприкасается с перекачиваемой жидкой средой. Насосы с большой подачей жидкости  $Q$ , как правило, изготавливаются с сухим ротором.



**Насос с мокрым ротором** - это насос, в котором ротор двигателя непосредственно работает в жидкой среде. Статор двигателя (находящийся под напряжением) отделен от ротора гильзой (толщиной 0,1 - 0,3 мм), изготовленной, например, из немагнитивающейся нержавеющей стали. Смазка подшипников ротора осуществляется жидкой средой, которая и выполняет функцию охлаждения ротора и двигателя. Вал насоса обычно располагается горизонтально.



Насос с мокрым ротором:  
1 – ротор; 2 - корпус насоса; 3 - рабочее колесо; 4 – гильза; 5 - клеммная коробка.

**Преимущества центробежных насосов** по сравнению с насосами других типов: пологие характеристики  $H = f(Q)$  и  $\eta = \eta(Q)$ , в результате чего высокие значения напоров  $H$  и высокие значения КПД сохраняются в широком диапазоне подач  $Q$ ; большая частота вращения, что позволяет в качестве привода для насосов использовать электродвигатели и турбины; плавная форма изменения мощности  $N$ , что позволяет выполнить пуск насоса при закрытой выходной задвижке (или при закрытом обратном клапане); устойчивость в работе насосов и расширение технических показателей  $H$  и  $Q$  при последовательном и параллельном соединении насосов при работе на один трубопровод; плавное протекание переходных процессов при изменении режима работы гидросистемы; расположение насоса выше уровня жидкости в расходной емкости; изменение показателей насосов  $H$ ,  $Q$ ,  $\eta$  за счет различных факторов: обточки диаметра рабочего колеса, изменения частоты вращения, изменения частоты электроснабжения и др.; невысокая стоимость насоса из-за использования в конструкции насоса сравнительно дешевых конструкционных материалов: сталь, чугун, полимерные материалы; простота технического обслуживания и эксплуатации; высокая надежность в работе; большие подачи жидкости  $Q$ ; равномерный с малыми пульсациями давления поток жидкости; возможность успешной работы на "загрязненных" жидкостях.



Схемы различных рабочих колес:

а - закрытого типа; б - полужакрытого типа; в - вихревого типа; г – открытого типа (жидкостно - кольцевое).

Но центробежные насосы обладают и рядом **недостатков**:

- требуют заливки перед пуском;
- имеют склонность к кавитации;
- имеют пониженное значение КПД при перекачивании вязких жидкостей;
- имеют небольшое значение КПД при малой подаче жидкости  $Q$  и большое значение напора  $H$  и др.

Центробежные насосы целесообразно использовать в области больших подач жидкости  $Q$  и низких и средних напоров жидкости  $H$ .

Напорная характеристика отражает основные потребительские свойства, насоса. Выбор насоса начинается с подбора напора (давления) и подачи.

При выборе насоса следует учитывать разброс параметров насоса по подаче и напору, в том числе при различной обточке рабочего колеса, а также возможность нахождения требуемого режима работы в пределах рабочей области его характеристики.

Важным гидравлическим параметром насоса является допустимая вакуумметрическая высота всасывания, характеризующая нормальные условия подхода

жидкости к рабочему колесу. Эта величина выражается в метрах водяного столба при температуре 20°C и при нормальном атмосферном давлении (10 м вод. ст.). В силу разных причин, в том числе из-за сложности физического процесса, происходящего не всасывании насоса, этому важнейшему параметру при эксплуатации и при подборе насосов не уделяется должного внимания.

Большая часть неприятностей при эксплуатации насоса связана с плохими условиями на всасывании насоса и возникновением, как следствие этого, кавитации.

Кавитация ведет к быстрому износу насоса или к его разрушению из-за вибрации (чаще всего подшипниковых узлов). При появлении признаков неустойчивой работы насоса на это следует обратить внимание. Если вы обращаетесь за консультацией по работе насоса, вам следует при заполнении опросного листа внимательно образом характеризовать всасывающую линию, учитывая, что на всасывающую способность насоса отрицательно влияют следующие факторы:

- высокая температура (более 60°) перекачиваемой жидкости;
- неплотности во фланцевых соединениях и "сальниковой" запорной арматуре на всасывающей линии;
- малый диаметр и большая протяженность всасывающей линии;
- засорение всасывающей линии.

Как и всякую машину, насосный агрегат характеризует потребляемая мощность, определяющая комплектующий двигатель. Величина мощности насоса находится в прямой зависимости от величины напора и подачи и обратно пропорциональна его коэффициенту полезного действия (КПД).

Разброс КПД насосных агрегатов велик (от 20 до 98%). Столь существенный разброс определяется разным характером взаимодействия рабочего органа с жидкостью. Общая закономерность: динамические насосы значительно уступают по этому параметру насосам объемного типа. Значимость этого параметра для больших насосов велика.

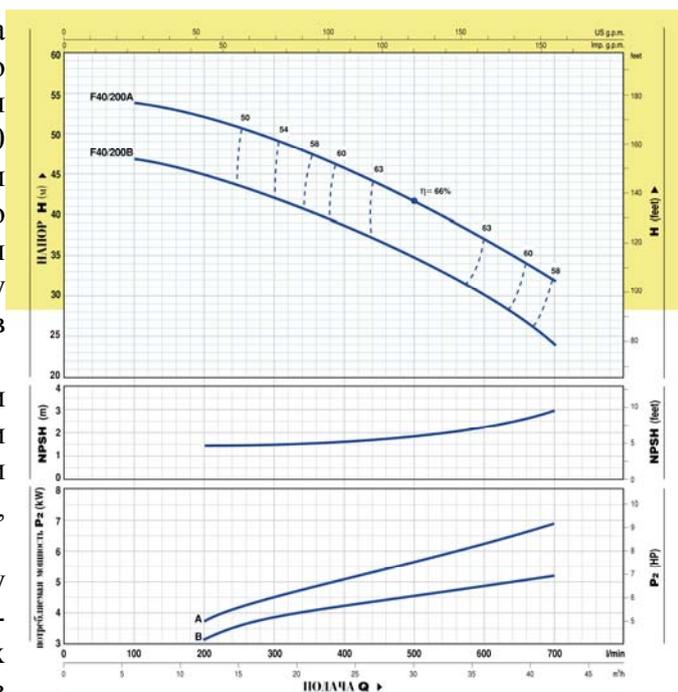
Одним из характерных приемов повышения КПД для центробежных насосов является обточка рабочего колеса. Конкретный подбор рабочего колеса под нужные режимы (подача и напор) позволяет, особенно на крупных насосах, получать значительную экономию энергии.

На выбор комплектующего электродвигателя в значительной мере может влиять удельный вес перекачиваемой жидкости и вязкость (с повышением удельного веса и увеличением вязкости возрастает потребляемая мощность).

С эксплуатационной точки зрения общие для любой машины характеристики, надёжность и срок службы, будут освещены в соответствующих типах насосов раздела обзора, в этой части основное внимание будет уделено гидравлическим понятиям и в первую очередь определяющим параметрам насосов и их регулированию, т.е. подаче и напору.

Под регулированием работы насоса подразумевается процесс изменения соотношения между подачей и напором. Регулирование насоса можно осуществлять двумя методами:

- конструктивное изменение характеристики насоса;



- изменение условия работы системы "насос-сеть". Универсальным методом (как для динамичных насосов, так и для объемного типа) изменения характеристики насоса является изменение числа оборотов привода. При этом надо учитывать, что подача находится в прямой зависимости от оборотов, а напор (в центробежных) - в квадратичной зависимости.

Графическое изображение напорной характеристики центробежных насосов представляет собой, как правило, пологую кривую, снижающуюся при большей подаче. Другими словами при большей подаче мы имеем меньший напор и наоборот. Для каждой конструкции насоса имеется своя напорная характеристика, определяемая крутизной и максимальной величиной к.п.д., т.е. зоной оптимальной работы. Рабочая точка насоса на этой кривой определяется сопротивлением "сети". Если менять сопротивление сети, например, закрывая задвижку, то и рабочая точка будет смещаться влево по кривой, т.е. насос будет выбирать режим работы на меньшей подаче, так как "вынужден" работать с большим напором, чтобы преодолеть дополнительное сопротивление (задвижки).

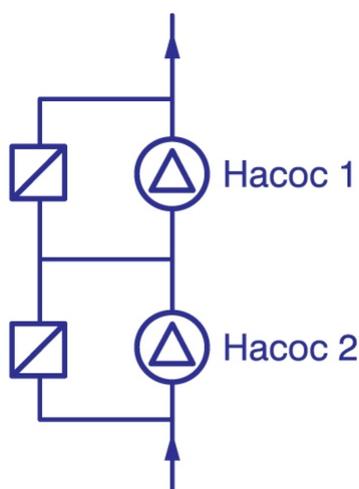
Существует ещё один способ изменения условий работы насоса на сеть - это байпасирование, т.е. установка регулируемого или нерегулируемого перепуска (байпаса) с напорной линии на всасывание. По отношению к насосу - это аналогично снижению сопротивления, т.е. происходит снижение напора. По отношению к потребительской сети - это аналогично снижению подачи. В результате рабочая точка (Q-H) сместится круто вниз, т.е. можем в потребительской сети получить одновременно меньший напор и меньшую подачу (энергия жидкости идет на сброс).

Рассмотренные два метода регулирования работы относятся непосредственно к насосу. Однако с общей точки зрения потребителя чаще интересует насосная система, обеспечивающая нужный напор и подачу.

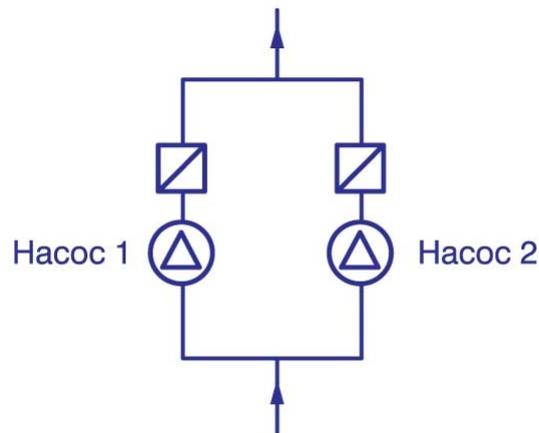
Такой системой выступает насосная станция. В отношении насосной станции вопрос регулирования напора и подачи может рассматриваться шире за счет возможностей соединения насосов параллельно и последовательно.

Центробежные насосы включаются параллельно, когда система имеет меняющийся во времени расход или, из соображений надежности, требуется установка резервного насоса (например, сдвоенные насосы в системах отопления или канализации).

Последовательное подключение насосов



Параллельное подключение насосов



При параллельном соединении насосов суммируется подача, при последовательном - напор. Если на насосной станции необходимо получить нужные рабочие параметры (Q и H), то всегда существует возможность путем комбинаций набора ряда насосов с ограниченной подачей соединить их параллельно, чтобы получить большую подачу и последовательно - чтобы получить больший напор. На насосных станциях это

осуществляется всегда. Последовательное включение насосов на практике встречается редко, хотя каждый многоступенчатый насос можно представить как последовательное включение нескольких одноступенчатых насосов. Однако в многоступенчатых насосах отключение ступеней невозможно, хотя оно часто необходимо для регулирования. Поскольку неработающий насос представляет собой существенное сопротивление в системе трубопроводов, то при последовательном включении нужно установить байпасы с обратными клапанами.

При параллельном подключении в напорный трубопровод также должны быть установлены обратные клапаны, что делается во избежание обратного тока воды.

Возможность применения насосов с параллельным и последовательным соединением в работе следует учитывать, так как потребитель довольно часто сталкивается с отсутствием нужного насоса по проекту из-за дефицита или снятия его с производства без соответствующей замены, что вошло в практику нашего насосостроения.

Следует обратить внимание, что последовательное и параллельное соединение центробежных насосов, имеющих подобную напорную характеристику, не дает, как правило, возможность получения двойного значения напора и подачи. Они будут несколько меньше. Это происходит по следующим причинам.

При параллельном соединении не удастся плавно соединить потоки, напорные трубопроводы из-за удобства монтажа заузжают, делают лишние повороты. Это всё приводит к дополнительному сопротивлению и соответственно к смещению рабочей точки на меньшую подачу обоих насосов. При последовательном соединении насосов уменьшение напора происходит из-за потерь на промежуточном участке между насосами. Это вызвано наличием арматуры на промежуточном участке и уменьшенным диаметром трубопровода, принимаемым, как правило, равным диаметру всасывающего патрубка насоса, в который подает жидкость другой насос.

При последовательном соединении следует обратить внимание на допустимое давление на входе в насос в зависимости от материала корпуса и типа уплотнения.

Допустимое давление на входе насоса, корпус которого изготовлен из чугуна, не должно превышать 8 кгс/см (80 м.в.ст.), в то же время для стального корпуса давление 25 кгс/см, как правило, является допустимым.

Мягкий сальник допускает давление до 10 кгс/см, торцевое уплотнение - до 25 кгс/см; щелевое и манжетное уплотнение, обеспечивающее само уплотняющее воздействие за счет давления рабочей жидкости, поддерживает давление только с одной стороны и соответственно при этом типе уплотнения не допускается давление на входе в насос.

Если изложить главные требования при эксплуатации центробежных насосов, то следует помнить два основных условия:

- пуск насоса следует производить при заполненных всасывающем трубопроводе и корпусе насоса, и закрытой напорной задвижке;
- запрещается осуществлять пуск насоса при закрытой или не полностью открытой всасывающей задвижке, а также работать более 2-3 минут при закрытой напорной задвижке.

Параметры насосного оборудования в обзоре будут представляться в обозначениях:

**Q** - подача ( $\text{м}^3/\text{час}$  - кубометры в час или л/сек - литры в секунду);

**H** - напор ( м.в.ст. - метры водяного столба);

**P** - давление (кгс/см - атмосферы или МПА - мегапаскали);

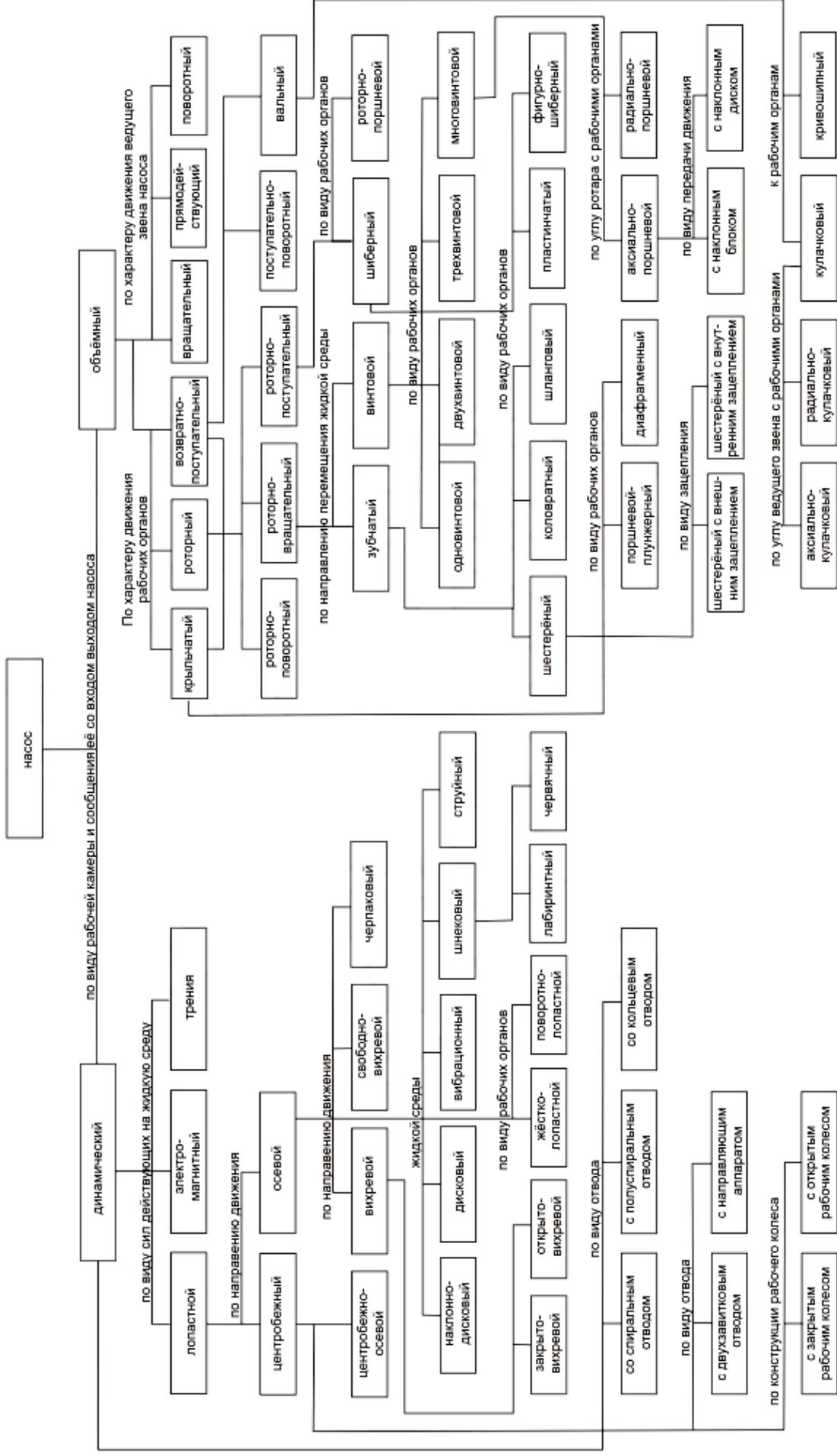
**N** - мощность (квт);

**T** - температура в градусах С (по Цельсию) и К (по Кельвину);

**$\Delta h_d$**  - допустимая вакуумметрическая высота всасывания (метры водяного столба);

**$\eta$**  - коэффициент полезного действия насосов (КПД) в %.

# КЛАССИФИКАЦИЯ НАСОСОВ



## ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение
Объёмная подача (подача насоса)	Отношение объёма подаваемой жидкой среды ко времени
Массовая подача	Отношение массы подаваемой жидкой среды ко времени
Идеальная подача насоса	Сумма подачи и объёмных потерь насоса
Рабочий объём насоса	Разность наибольшего и наименьшего замкнутого объёма за один оборот или двойной ход рабочего органа насоса
Отклонения подачи насоса	Разность фактической подачи насоса и подачи, заданной для данного давления
Давление на входе в насос	Давление жидкой среды на входе в насос
Давление на выходе насоса	Давление жидкой среды на выходе из насоса
Давление насоса	<p>Величина определяемая зависимостью</p> $p = p_n - p_e + \rho \frac{w_n^2 - w_e^2}{2} + \rho \cdot g \cdot (z_n - z_e),$ <p>где <math>p_n</math> и <math>p_e</math> — давление на входе и выходе в насос, Па; <math>\rho</math> — плотность жидкой среды, кг/м<sup>3</sup>; <math>w_n</math> и <math>w_e</math> — скорость жидкости на входе и выходе в насос, м/с; <math>g</math> — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>; <math>z_n</math> и <math>z_e</math> — высота центра тяжести сечений выхода и входа в насос, м</p>
Предельное давление насоса	Наибольшее давление на выходе из насоса, на которое рассчитана конструкция насоса
Давление полного перепуска	Давление на выходе из насоса, на которое рассчитана конструкция насоса
Удельная работа насоса	Работа, подводимая к насосу для перемещения единицы массы жидкой среды через предохранительный клапан
Полезная удельная работа насоса	Величина, определяемая зависимостью $L_{п} = p/\rho$ , где $p$ — давление насоса, Па; $\rho$ — плотность жидкой среды, кг/м <sup>3</sup> ; $L_{п}$ — полезная удельная работа насоса, Дж/кг
Напор насоса	Величина, определяемая зависимостью $H = P/\rho g$ , где $P$ — давление насоса, Па; $\rho$ — плотность жидкой среды, кг/м <sup>3</sup> ; $g$ — ускорение свободного падения, м/с <sup>2</sup> ; $H$ — напор, м
Кавитационный запас	<p>Величина, определяемая зависимостью <math>\Delta h = \frac{p_e + \rho \frac{w_e^2}{2}}{\rho \cdot g} - p_n,</math></p> <p>где <math>p_e</math> — давление на входе в насос, Па; <math>\rho</math> — плотность жидкой среды, кг/м<sup>3</sup>; <math>w_e</math> — скорость жидкой среды на входе в насос, м/с; <math>p_n</math> — давление паров жидкой среды, Па; <math>\Delta h</math> — кавитационный запас, м</p>
Допустимый кавитационный запас	Кавитационный запас, обеспечивающий работу насоса без изменения его основных технических показателей

Вакуумметрическая высота всасывания	$H_v = \frac{p_0 - \left( p_v + \rho \frac{w_v^2}{2} \right)}{\rho \cdot g}$ <p>Величина, определяемая зависимостью</p> <p>где <math>p_0</math> — давление окружающей среды, Па; <math>p_v</math> — давление на входе в насос, Па; <math>\rho</math> — плотность жидкой среды, кг/м<sup>3</sup>; <math>w_v</math> — скорость жидкой среды на входе в насос, м/с; <math>g</math> — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>; <math>H_v</math> — вакуумметрическая высота всасывания, м</p>
Допустимая вакуумметрическая высота всасывания	Вакуумметрическая высота всасывания, при которой обеспечивается работа насоса без изменения его основных технических показателей. Допустимая вакуумметрическая высота всасывания обычно указывается в каталогах насосов при атмосферном давлении 10 м вод.ст. и температуре воды 20°C. Если условия работы насоса отличаются от этих значений, то допустимую вакуумметрическую высоту всасывания определяют путем пересчета
Подпор	Разность высоты уровня жидкой среды в опорожняемой емкости и центра тяжести сечения входа в насос
Высота самовсасывания	Высота самозаполнения подводящего трубопровода самовсасывающим насосом (агрегатом)
Отклонения напора насоса	Разность фактического напора насоса и заданного для данной подачи
Мощность насоса	Мощность, потребляемая насосом
Мощность насосного агрегата	Мощность, потребляемая насосным агрегатом или насосом, в конструкцию которого входят узлы двигателя
Полезная мощность насоса	Мощность, сообщаемая насосом подаваемой жидкой среде и определяемая зависимостью $N_p = Q \cdot p = Q_m L_p$ , где $Q$ — подача насоса, м <sup>3</sup> /с; $p$ — давление насоса, Па; $Q_m$ — массовая подача насоса, кг/с; $L_p$ — полезная удельная работа насоса, Дж/кг; $N_p$ — полезная мощность насоса, Вт
КПД насоса	Отношение полезной мощности к мощности насоса
КПД насосного агрегата	Отношение полезной мощности к мощности насоса агрегата
Гидравлический КПД	Отношение мощности к мощности насоса к сумме полезной мощности, затраченной на преодоление гидравлических сопротивлений в насосе
Объёмный КПД насоса	Отношение полезной мощности насоса к сумме полезной мощности и мощности, потерянной с утечками
Коэффициент подачи насоса	Отношение подачи насоса к его идеальной подаче
Механический КПД насоса	Величина, выражающая относительную долю механических потерь в насосе

Характеристика насоса	Графическая зависимость его основных технических показателей от давления для объемных насосов и от подачи для динамических насосов при постоянных значениях частоты вращения, вязкости и плотности жидкой среды на входе в насос
Кавитационная характеристика насоса	Графическая зависимость его основных технических показателей от напорного запаса или вакуумметрической высоты всасывания при постоянных значениях частоты вращения, вязкости и плотности жидкой среды на входе в насос, давления для объемных насосов и подачи для динамических насосов
Рабочая характеристика насоса	Зона характеристики насоса, в пределах которой рекомендуется его эксплуатация
Регулировочная характеристика насоса	Графическая зависимость подачи от частоты вращения (циклов) или длины хода рабочего органа при постоянных значениях вязкости, плотности жидкой среды в насосе и давления на входе и выходе насоса
Характеристика самовсасывания насоса	Графическая зависимость подачи газа, удаляемого самовсасывающим насосным агрегатом из подводящего трубопровода, от давления на входе в насос
Поле насоса	Рекомендуемая область применения насоса по подаче и напору, получаемая изменением частоты вращения или обточкой рабочего колеса по внешнему диаметру
Индикаторная диаграмма насоса	Графическая зависимость изменения давления от времени или перемещения рабочего органа в замкнутом объеме, попеременно сообщаемом со входом и выходом насоса
Номинальный режим	Режим работы насоса, обеспечивающий заданные технические показатели
Оптимальный режим насоса	Режим работы насоса при наибольшем значении КПД
Кавитационный режим насоса	Режим работы насоса в условиях кавитации, вызывающей изменение его основных технических показателей

## ПОВЕРХНОСТНЫЕ НАСОСЫ



По принципу действия насосы подразделяются на две основные группы:

- динамические;
- объемные.

**К динамическим** относят насосные агрегаты, где жидкость под воздействием гидродинамических сил перемещается в камере постоянно сообщающейся с входом и выходом насоса.

В группу динамических относят: лопастные (центробежные и осевые насосы), насосы трения (вихревые, дисковые, червячные гидроструйные), инерционные (вибрационные).

**В объемных** – перемещение рабочей среды осуществляется под воздействием поверхностного давления при периодическом изменении объема насосной камеры попеременно сообщающейся с входом и выходом насоса.

К объемным – насосы возвратно-поступательного действия (поршневые, плунжерные), а также ротационные (шестеренчатые и винтовые).

Рассмотрим группу наиболее часто используемых динамических **поверхностных** насосов.

Поверхностные насосы различаются по конструктивным характеристикам:

**Способу соединения с двигателем:** консольные, моноблочные.

**Расположению вала:** горизонтальный, вертикальный.

**Числу колес:** одноступенчатые (одноколесные), многоступенчатые (многоколесные).

**Типу рабочих колёс:** центробежные закрытого и полуоткрытого типа, вихревые, жидкостно - кольцевые.

**Роду перекачиваемой жидкости:** водопроводные, канализационные, химические, щелочные, нефтяные, землесосные и т.д.

### **Центробежный насос**

Насос, в котором движение жидкости и необходимый напор создаются за счёт центробежной силы, возникающей при воздействии лопаток рабочего колеса на жидкость.

Центробежные насосы составляют весьма обширный класс насосов. Перекачивание жидкости или создание давления производится в центробежных насосах вращением одного или нескольких рабочих колес. Большое число разнообразных типов

центробежных насосов, изготавливаемых для различных целей, может быть сведено к небольшому числу основных их типов, разница в конструктивной разработке которых продиктована в основном особенностями использования насосов.

Принцип работы поверхностного центробежного насоса следующий: рабочее колесо, вращающееся на ведущем валу, находится прямо напротив всасывающего патрубка, размещенного на корпусе насоса. Конструкция рабочего колеса обеспечивает при минимальных гидравлических потерях радиальное движение воды от центра к периферии, в процессе которого радиальные лопасти внутри канала рабочего колеса передают энергию накачиваемой жидкости в виде, как давления, так и увеличения скорости потока. На выходе из рабочего колеса вода устремляется в спираль - и благодаря ей и коническому диффузору часть кинетической энергии преобразуется в энергию напора.

### Центробежный одноступенчатый насос



Благодаря их надежности, простоте в эксплуатации, бесшумности и отсутствию необходимости в текущем обслуживании, эти насосы нашли свое широкое применение в быту и промышленности.

#### **Манометрическая высота всасывания таких насосов до 7 метров**

Температура перекачиваемой среды до 90°C зависит от материала изготовления рабочей камеры и крыльчатки.

Рекомендуются для перекачки чистой воды и химически неагрессивных жидкостей, а также существуют насосы специального назначения для перекачки загрязненных вод в этом случае применяются рабочие колёса полуоткрытого типа или с широким свободным проходом.

Для перекачки агрессивных сред, таких как морская вода, кислоты, моющих средств, вина, используется нержавеющая сталь марки AISI 316 или бронза, а так же специальные торцевые уплотнения (сальник) рабочей камеры.

Для перекачки легковоспламеняющихся продуктов таких как бензин спирт и т.д. необходимо использовать насосы со взрывозащищенным двигателем.

### Центробежные многоступенчатые насосы

Центробежные многоступенчатые насосы отличаются от обычных центробежных насосов количеством рабочих колёс: два или более, установленные на одном и том же ведущем валу, вращающиеся внутри лопаточных диффузоров, которые обеспечивают движение жидкости на выходе каждого рабочего колеса по направлению к всасывающему патрубку следующего рабочего колеса. После прохождения через все рабочие колёса, установленные последовательно, жидкость выталкивается из насоса через нагнетательный патрубок, предусмотренный в корпусе насоса.

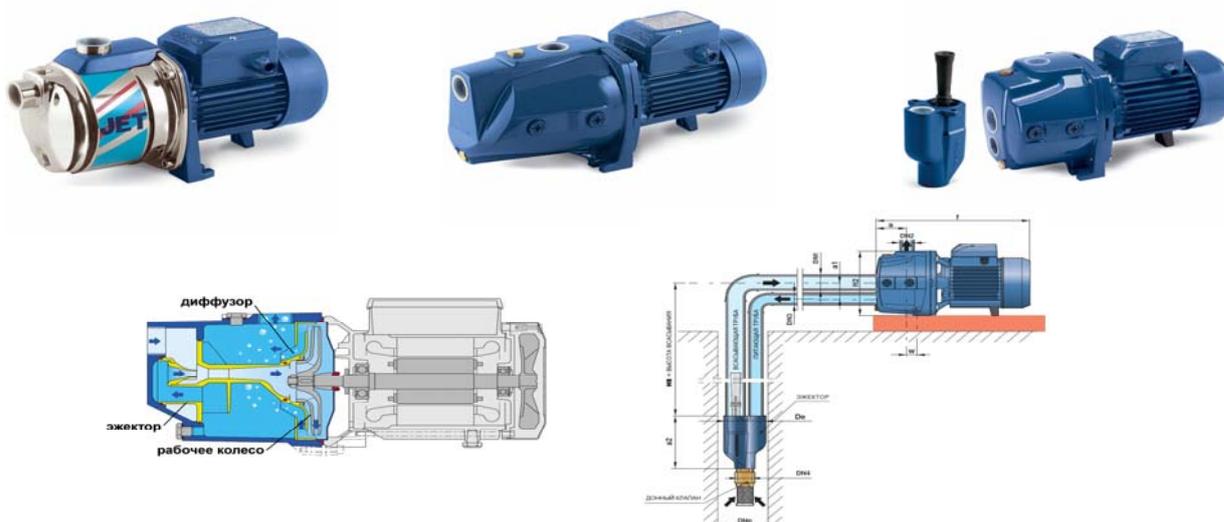
Каждое рабочее колесо с соответствующим лопаточным диффузором составляют ступень нагнетания, которая, согласно принципу функционирования центробежных насосов, сообщает жидкости перепад давления, который суммируется с равными перепадами давления, сообщаемыми другими последовательными ступенями.



Это даёт возможность получить высокий КПД и относительную бесшумность при работе. Многоступенчатые насосы могут быть вертикального или горизонтального исполнения. Нормальновсасывающие, **манометрическая высота всасывания таких насосов до 7** или самовсасывающие, **манометрическая высота всасывания таких насосов до 9 метров** Температура перекачиваемой среды 40-90°C зависит от материала изготовления рабочей камеры и крыльчатки.

Благодаря их надежности и бесшумности, простоте в эксплуатации и отсутствии необходимости в техническом обслуживании, могут с успехом применяться в быту и в промышленности, в частности, для автоматической подачи воды совместно с резервуарами автоматическими агрегатами поддержания давления, для орошения огородов и садов, для компенсации давления в сети водоснабжения, для питания котлов и систем охлаждения, в системах противопожарной безопасности.

### Струйно-центробежные насосы (самовсасывающие насосы)



Могут быть одно и многоступенчатые. Температура перекачиваемой среды до 40°C, что обусловлено материалом изготовления эжектора - пластик

**Манометрическая высота всасывания таких насосов до 9 метров. Используются в быту.**

Эффекту самовсасывания в них, чаще всего способствует эжектор (особой формы сопло – струйный насос, отсюда и название струйно-центробежный), установленный внутри корпуса. Для самовсасывания достаточно заполнить рабочую камеру водой, всасывающую трубу заполнять не обязательно

Перекачиваемая жидкость частично подается к нагнетательному патрубку. Оставшаяся часть рециркулирует за счет эжектора, соединенного с камерой всасывания, за счет чего в ней создается разрежение, необходимое для всасывания воды. Иногда эффект самовсасывания в струйно-центробежных насосах обеспечивают эжектор и камера всасывания, вынесенные в отдельный блок, который опускают в колодец и скрепляют с корпусом насоса двумя трубами. При такой установке, поверхностный насос может поднимать воду с глубины до 50-ти метров.

### **Вихревые насосы**



Вихревые насосы относятся к машинам трения. Рабочее колесо вихревого насоса аналогично колесу центробежного насоса, засасывает жидкость из внутренней части канала и нагнетает ее во внешнюю, в результате чего возникает продольный вихрь. При прохождении жидкости через рабочее колесо в вихревом насосе, как и в центробежном, увеличиваются кинетическая энергия жидкости (увеличивается ее скорость) и потенциальная энергия давления.

Рабочим органом насоса является рабочее колесо с радиальными лопатками. Колесо вращается в цилиндрическом корпусе с малыми торцовыми зазорами. Жидкость поступает через всасывающее отверстие в канал, перемещается по нему рабочим колесом и выбрасывается через выходное отверстие.

Вихревой насос по сравнению с центробежным обладает следующими достоинствами: создаваемое им давление в 3-7 раз больше при одинаковых размерах и

частоте вращения рабочего колеса; конструкция проще и дешевле; обладает самовсасывающей способностью; может работать на смеси жидкости и газа; подача меньше зависит от противодействия сети. Недостатками насоса являются низкий КПД, не превышающий в рабочем режиме 45%, и непригодность для подачи жидкости, содержащей абразивные частицы (так как это приводит к быстрому изнашиванию стенок торцовых и радиальных зазоров и, следовательно, падению давления и КПД).

#### **Манометрическая высота всасывания таких насосов до 9 метров.**

Температура перекачиваемой среды до 90°C. Вихревые насосы применяются там, где необходимо получить высокое давление с небольшой производительностью для перекачки чистой воды без абразивных частиц и химически неагрессивных жидкостей. Благодаря их надежности, простоте в эксплуатации и экономичности, эти насосы нашли свое применение, прежде всего, в быту, в частности, для автоматической подачи воды, совместно с небольшими резервуарами - автоматическими агрегатами поддержания давления; орошения огородов и садов, для компенсации недостаточного давления в водопроводной сети.

Промышленное применение - системы охлаждения, кондиционирования.

Для гладильных установок, морской воды, моющих средств, винодельческих предприятий, в автоматах для продажи напитков, подачи жидкости при металлообработке.

#### **Жидкостно - кольцевые самовсасывающие насосы**



Рабочее колесо, которое имеет многочисленные радиальные лопатки, помещено внутри корпуса насоса, в котором имеются впускные зазоры всасывающих и нагнетающих каналов; опора закрывает корпус насоса с задней стороны. Таким образом, лопатки рабочего колеса оказываются заключенными между двумя тщательно обработанными стенками корпуса насоса. В процессе функционирования рабочее колесо обеспечивает центробежное движение воды по направлению к периферии; вода приобретает энергию и создает тем самым жидкостное кольцо, вращающееся вместе с самим рабочим колесом. Каждый сектор, заключенный между двумя смежными радиальными лопатками, выполняет накачивание, создавая разрежение и давление соответственно в каналах всасывания и нагнетания, в процессе быстрого прохождения впускных зазоров специального профиля. При первом запуске достаточно заполнить водой корпус насоса, после чего образуется жидкостное кольцо и, как следствие, создается разрежение, необходимое для самовсасывания. Воздух, присутствующий во всасывающем трубопроводе, выталкивается на этапе нагнетания; образовавшийся таким образом вакуум приведет к подъему уровня воды во всасывающем трубопроводе, вызывая тем самым самовсасывание.

**Область применения.** Жидкостно - кольцевые насосы рекомендуются для перекачки солянки, мазута и чистой воды без наличия абразивных частиц и химически неагрессивных жидкостей. Благодаря особому принципу работы их установка может быть

удачным решением в тех случаях, когда необходим компактный самовсасывающий насос, и когда поток жидкости недостаточен, нерегулярен или смешан с воздухом.

Нормальное функционирование насосов гарантировано также в следующих проблематичных случаях:

- необходимо всасывать летучие или пенные жидкости;
- перекачиваемая жидкость смешана с газом;
- требуется полная гарантия повторного включения, или тогда, когда самопроизвольное выключение недопустимо.

**Манометрическая высота всасывания таких насосов до 9 метров.**

Температура перекачиваемой среды до 90°C (55°C для солянки и мазута).

**Поршневые насосы** отличаются большим разнообразием конструкций и широтой применения. Действие поршневых насосов состоит из чередующихся процессов всасывания и нагнетания, которые осуществляются в цилиндре насоса при соответствующем направлении движения рабочего органа - поршня или плунжера. Эти процессы происходят в одном и том же объёме, но в различные моменты времени. По способу сообщения рабочему органу поступательно-возвратного движения насосы разделяют на приводные (обычно с коленчатым валом и шатунным механизмом) и прямодействующие. Чтобы периодически соединять рабочий объём то со стороны всасывания, то со стороны нагнетания, в насосах предусмотрены всасывающий и нагнетательные клапаны. Во время работы насоса жидкость получает главным образом потенциальную энергию, пропорциональную давлению её нагнетания. Неравномерность подачи, связанная с изменением во времени скорости движения поршня или плунжера, уменьшается с увеличением кратности действия насоса и может быть почти полностью устранена применением воздушно-гидравлического компенсатора. Поршневые насосы классифицируют на горизонтальные и вертикальные, одинарного и многократного действия, одно- и многоцилиндровые, а также по быстроходности, роду подаваемой жидкости и др. признакам. По сравнению с центробежными насосами поршневые имеют более сложную конструкцию, отличаются тихоходностью, а, следовательно, и большими габаритами, а также массой на единицу совершаемой работы. Но они обладают сравнительно высоким КПД и независимостью (в принципе) подачи от напора, что позволяет использовать их в качестве дозирующих. Поршневые насосы могут создавать при нагнетании жидкости давления порядка 100 Мн/м<sup>2</sup> (1000 кгс/см<sup>2</sup>) и более.

**Роторные насосы** получили распространение главным образом для осуществления небольших подач жидкости. По особенностям конструкции рабочих органов роторные насосы можно подразделить на зубчатые (в том числе шестерённые), винтовые, шибберные, колловратные, аксиально- и радиально-поршневые, лабиринтные и др. Каждый из них имеет свои разновидности, но объединяющий их признак - общность принципа действия, в основном аналогичного действию поршневых насосов роторные насосы отличаются отсутствием всасывающего и нагнетательного клапанов, что является их большим преимуществом и упрощает конструкцию.

Спектр действия насосов очень велик, далее приведена часть примеров по их применению:

Сточные воды и осадок.

Пищевая и ликеро-водочная промышленность.

Биотехнология.

Производство лакокрасочных материалов и клеев.

Нефтехимическая промышленность.

Химическая промышленность.

Пластмассовая промышленность.

### **Вакуумный насос**

Вакуумный насос — устройство для удаления (откачки) газов и паров из замкнутого объёма с целью получения в нём вакуума. Существуют различные типы вакуумного насоса, действие которых основано на разных физических явлениях: механические (вращательные), струйные, сорбционные, конденсационные.

#### *Основные параметры вакуумного насоса*

Предельное (наименьшее) давление (остаточное давление, предельный вакуум), которое может быть достигнуто насосом; быстрота откачки — объём газа, откачиваемый при данном давлении в единицу времени ( $\text{м}^3/\text{сек}$ , л/сек).

Допустимое (наибольшее) выпускное давление в выпускном сечении насоса, дальнейшее повышение которого нарушает нормальную работу вакуумного насоса.

#### *Область применения вакуума*

Высокий вакуум и высоковакуумные насосы применяются в физических лабораториях, в сфере высоких технологий, например, в установках вакуумного напыления.

Низкий вакуум и соответствующие вакуумные насосы широко применяются в технологических процессах различных отраслей промышленности, в медицине, сельском хозяйстве и т.д. Насосы, создающие низкий вакуум, используются как самостоятельно, так и в качестве форвакуумных насосов, т.е. применяющихся в качестве первых ступеней откачки высоковакуумных систем.

### **Рекомендации по правильной установке поверхностного насоса**

В основном все поверхностные насосы имеют степень защиты IP 44. Что это означает? **Ingress Protection Rating** — система классификации степеней защиты оболочки электрооборудования от проникновения твёрдых предметов и воды в соответствии с международным стандартом IEC 60529 (DIN 40050, ГОСТ 14254) (табл.1). Насос имеет защиту от попадания брызг.

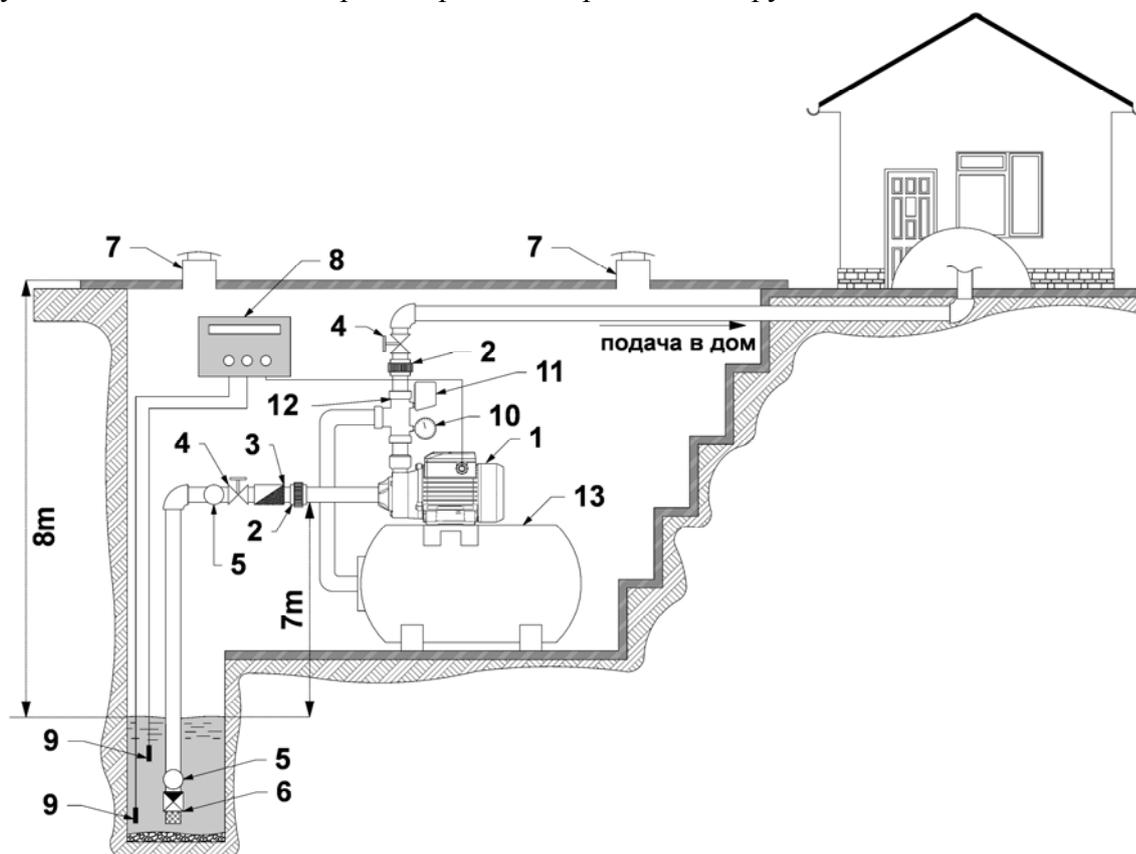
Поэтому первым делом при монтаже насоса необходимо определить место его установки, т.е. это должно быть сухое хорошо вентилируемое помещение или технологический приямок, защищенный от атмосферных осадков, отапливаемое в зимний период. Если насос устанавливается временно на открытом участке, то обязательно должен быть навес, защищающий от атмосферных осадков и прямого попадания солнечных лучей. Насос должен быть установлен на фундаментную раму или полку высотой не менее 20 см от поверхности пола. Поверхность пола должна иметь дренажные отверстия на случай утечки системы, или дренажный приямок с дренажным насосом (на промышленных объектах). Пол должен иметь уклон в сторону приямка.

На всасывающей линии насоса обязательно должен быть установлен фильтр от попадания в насос примесей. Всасывающий трубопровод должен иметь герметичные резьбовые соединения и диаметр не менее диаметра патрубка насоса. Если насос имеет глубину всасывания, то в нижней части всасывающего трубопровода необходимо установить обратный клапан. Минимальная глубина погружения всасывающей трубы в воду высчитывается по следующей формуле –  $h_{\text{п}} = 2,5 \times \text{Ø}_{\text{наружный}}$ .

Если насос не имеет глубины всасывания (например, качает воду из ёмкости) то обратный клапан можно установить на напорном трубопроводе. Для контроля давления на напорном трубопроводе необходимо установить манометр. Для проверки рабочих параметров насоса на всасывающем и напорном патрубке необходимо установить задвижку, а для быстрого демонтажа и монтажа быстроразборные муфты (американка). Если есть вероятность работы насоса без воды, предусмотреть защиту от сухого хода. Для

насосов с трёхфазным двигателем обязательно установить защиту двигателя соответствующую параметрам двигателя.

При соблюдении этих несложных рекомендаций можно избежать неприятных ситуаций и сэкономить на преждевременном ремонте оборудования.



1 - насос; 2 - быстросъемная муфта (американка); 3 - фильтр; 4 - кран; 5 - муфта; 6 - обратный клапан; 7 - вентиляционная шахта; 8 - пульт управления (реле уровня); 9 - датчик уровня; 10, 11, 12 - группа автоматики (реле давления, манометр 5-ти ходовая муфта); 13 - гидроаккумулятор.

Таблица 1

Первая цифра — защита от проникновения посторонних предметов		
Уровень	Защита от посторонних предметов, имеющих диаметр	Описание
0	—	Нет защиты
1	>50 мм	Большие поверхности тела, нет защиты от сознательного контакта
2	>12,5 мм	Пальцы и подобные объекты
3	>2,5 мм	Инструменты, кабели и т. п.
4	>1 мм	Большинство проводов, болты и т. п.
5	Пылезащищённое	Некоторое количество пыли может проникать внутрь, однако это не нарушает работу устройства. Полная защита от контакта
6	Пыленепроницаемое	Пыль не может попасть в устройство. Полная защита от контакта

Вторая цифра — защита от проникновения жидкости		
Уровень	Защита от	Описание
0	—	нет защиты
1	Вертикальные капли	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства
2	Вертикальные капли под углом до 15°	Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства, если его отклонить от рабочего положения на угол до 15°
3	Падающие брызги	Защита от дождя. Вода льётся вертикально или под углом до 60° к вертикали.
4	Брызги	Защита от брызг, падающих в любом направлении.
5	Струи	Защита от водяных струй с любого направления
6	Морские волны	Защита от морских волн или сильных водяных струй. Попавшая внутрь корпуса вода не должна нарушать работу устройства.
7	Кратковременное погружение на глубину до 1м	При кратковременном погружении вода не попадает в количествах, нарушающих работу устройства. Постоянная работа в погружённом режиме не предполагается.
8	Длительное погружение на глубину более 1м	Полная водонепроницаемость. Устройство может работать в погружённом режиме

### Подбор поверхностного насоса

Какие данные необходимо учитывать для подбора поверхностного насоса:

1. Надо определить для каких целей будет использоваться насос
  - Полив приусадебного участка
  - Наполнение ёмкости
  - Водоснабжение дома
  - Другое назначение
2. Определить источник жидкости
  - Скважина
  - Колодец как правило глубина колодца бывает не более 9 метров
  - Накопительная ёмкость
  - Централизованная система водоснабжения (работа с подпором)
  - Открытый водоем – озеро, река
  - Другой источник
3. Расположение насоса относительно свободной поверхности жидкости
  - Выше уровня жидкости в источнике
  - На уровне жидкости в источнике
  - Ниже уровня жидкости в источнике
4. Место расположения насоса
  - Непосредственно вблизи источника - возле ёмкости, возле колодца или скважины, в специально оборудованном помещении («приямок» или наземное строение)
  - Удаленное от источника – например в подвальном помещении дома

5. Расстояние, на которое необходимо транспортировать жидкость.
6. Перепад по высоте от точки забора до конечной точки.
7. Трубопровод: если имеется, то какой диаметр, материал изготовления, протяжённость. Если трубопровода нет, то диаметр рассчитываем сами
8. Водоинсталляционная арматура – какое количество, тип, материал изготовления

### Статический уровень (OS)

Статический уровень – это исходный, не нарушенный откачкой уровень подземных вод, другими словами, расстояние от поверхности земли до зеркала воды в колодце.

### Динамический уровень (US)

Динамический уровень - это уровень напорных вод, устанавливающийся при откачке её из напорного пласта, другими словами, расстояние от поверхности земли до зеркала воды в колодце во время продолжающейся непрерывно работе насоса. Динамический уровень воды в колодце - это весьма важная характеристика, отражающая дебит колодца.

### Дебит колодца

Дебит колодца - стабильный расход воды, обеспечиваемый колодцем, т.е. то максимальное количество воды, которое колодец может выдать в единицу времени. По данному показателю подбирается насосное и водоочистное оборудование.

### Рассмотрим пример – полив футбольного поля.

За источник воды возьмём колодец глубиной 9 метров. Расстояние от отметки установки насоса до уровня воды в колодце составляет 5 м. Насос будет размещаться непосредственно возле колодца на оборудованной площадке. Возьмём самую дальнюю точку полива 135 м и перепад по высоте 20 метров.

### Отсюда мы имеем:

Назначение – полив;

Источник – колодец глубиной 9 м;

Расположение насоса относительно свободной поверхности жидкости – выше уровня воды;

Место расположения – непосредственно возле колодца;

Расстояние, на которое необходимо транспортировать воду – 135 м;

Перепад от поверхности земли до точки водоразбора – 20 м.

Полив может осуществляться двумя способами:

- Автоматический, в этом случае мы можем определить требуемые расход и давление в диктующей точке исходя из количества используемых дождевателей (производитель указывает расходные данные дождевателей).

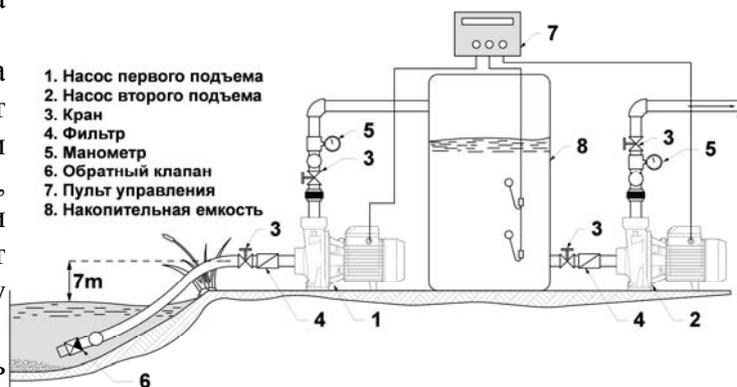
- Ручной полив, в этом случае берём средний расход л/с на 1м<sup>2</sup> (смотри таблицу - нормы расхода воды на полив).

Если при выборе насоса имеющиеся вводные не позволяют решить задачу с одним поверхностным насосом (например, большая протяжённость магистрали водоподачи или низкий дебит источника) можно решить задачу следующими способами:

а) Установить

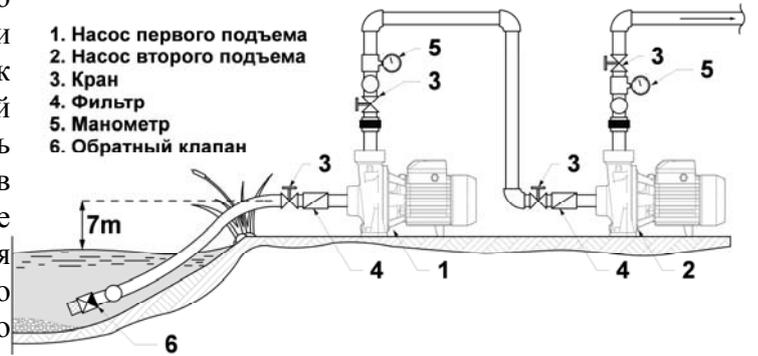
промежуточную ёмкость - один

насос качает воду в ёмкость, а второй качает из ёмкости (насос первого подъёма и насос



второго подъёма). В случае, если технологический процесс происходит непрерывно, необходимо учитывать производительность двух насосов, производительность насоса первого подъёма  $\geq$  производительности насоса второго подъёма. Если технологический процесс циклический или имеет временные промежутки, допускается производительность насоса первого подъёма  $<$  производительности насоса второго подъёма с учётом временного цикла работы и объёма ёмкости.

б) Установить два насоса последовательно (например, необходимость создать большой напор) – насос первого подъёма забирает воду из колодца и подаёт во всасывающий патрубок насоса второго подъёма. При такой установке необходимо учитывать суммарное давление двух насосов оно должно быть не выше максимального рабочего давления насоса второго подъёма, указанного заводом-изготовителем. В свою очередь, производительность насоса второго подъёма должна быть не больше производительности насоса первого подъёма.



В случае, если в качестве источника используется открытый водоём необходимо учитывать степень загрязнённости воды, соответственно применять насосы с открытыми рабочими колёсами и устанавливать дополнительные фильтры.

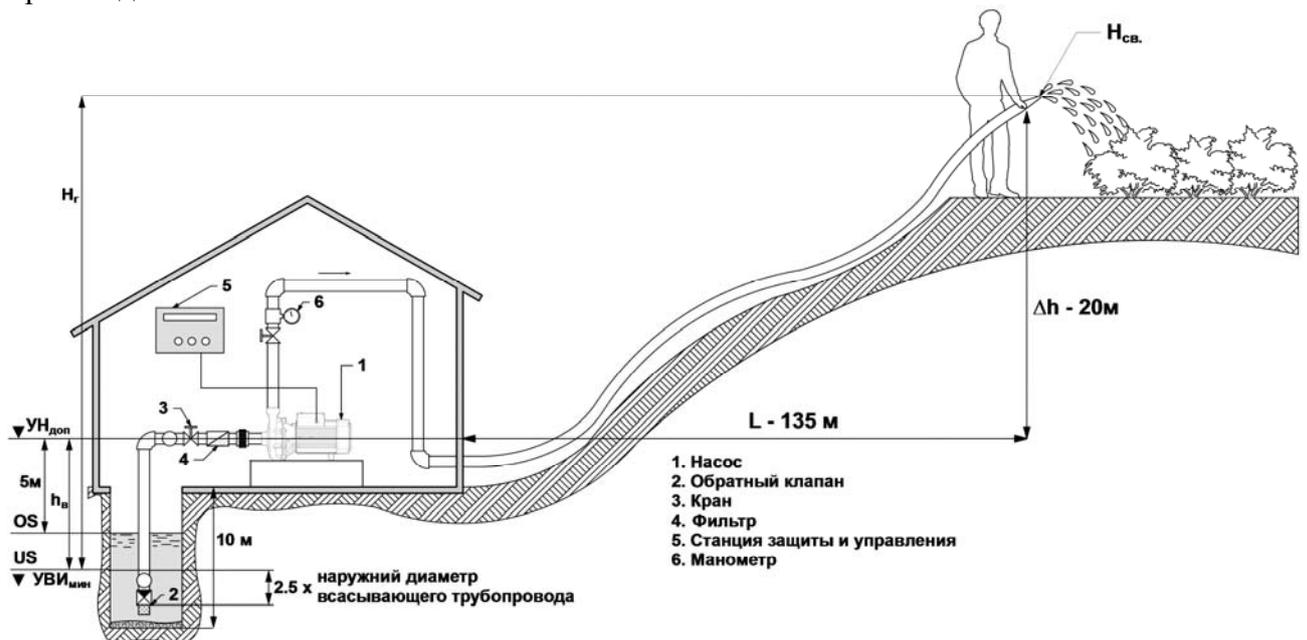
При выборе того или иного способа решения задачи необходимо учитывать экономическую целесообразность применения этих способов непосредственно на конкретных объектах.

**Пример расчета.**

Условие: необходимо рассчитать:

- напор насоса;
- допустимую высоту всасывания.

Предположим, что для полива футбольного поля необходим насос с производительностью  $18 \text{ м}^3/\text{ч}$ .



УН<sub>доп</sub> - Уровень установки насоса допустимый; UВИ<sub>мин</sub> - Уровень воды в источнике минимальный;

OS - Статический уровень;

US - Динамический уровень.

### Напор насоса

Даны условия:

Расстояние от отметки установки насоса до статического уровня - OS – 5 м.

Длина трассы от источника до потребителя (L) – 135 м.

Перепад высот ( $\Delta h$ ) – 20 м.

Свободный напор, который необходимо создать на конечной точке водоразбора ( $h_{св}$ ) – 25 м.

Для расчета требуемого напора используется формула:

$$H_{расч} = H_{гео} + S + H_{своб},$$

где  $H_{расч}$  – требуемый напор насоса;

$H_{гео}$  – геодезическая высота подъема воды (разность отметок наиболее высокорасположенного потребителя и источника водозабора относительно минимального уровня воды):

$$H_{гео} = h_{ст} + \Delta h,$$

где  $h_{ст}$  – расстояние от отметки установки насоса до отметки статического уровня;

$\Delta h$  - перепад высот от отметки установки насоса до конечной точки полива;

$S$  - сумма потерь напора на трение в трубопроводе и местные сопротивления (арматура, фасонные детали, фильтры и т.д.):

$$S = \sum h_l + \sum h_m,$$

где  $\sum h_l$  - сумма потерь на сопротивление трубопровода+запас 15% на ухудшение пропускной способности при эксплуатации;

$\sum h_m$  - сумма потерь на местные сопротивления (труб. арматура, колена и т.д.);

$H_{своб}$  - напор, который необходимо создать на самой удаленной и высоко расположенной водоразборной точке давления (диктующая точка).

$$H_{своб} = 25 \text{ м в.ст.} = 2,5 \text{ бар.}$$

Подставим известные данные:

$$H_{гео} = 5 + 20 = 25 \text{ м.}$$

Диаметр напорной трубы подбираем по диаграмме, с учетом скорости движения воды не более 1,5 м/сек  $\varnothing = 80$  мм.

Для расчёта  $\sum h_l$  (суммы потерь на сопротивление трубопровода) воспользуемся диаграммой потерь напора, по которой она будет равна  $\approx 2,8$  м при скорости движения воды 1,5 м/сек и длине трубопровода 135 м.

Для расчёта  $\sum h_m$  (сумма потерь на местные сопротивления) воспользуемся таблицей потерь напора, по которой она будет равна  $\approx 2$  м.

$$H_{расч} = 25 + (2,8 + 2) + 25 = 54,8 \text{ м.}$$

Таким образом, у нас получилась рабочая точка насоса  $Q = 18 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 54,8$  м, то есть нам нужен насос, у которого при напоре  $H = 54,8$  м будет производительность  $Q = 18 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

После этого можно подобрать насос по каталогам насосов соответствующего типа. При выборе насоса необходимо сделать запас 10-15% на пониженное напряжение в сети.

Для полученных в примере значений подачи  $Q = 18 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напора  $H = 54,8$  м подходит насос марки 2СР40/180В ф. Pedrollo.

Для проверки надежности работы насоса с заданной производительностью и возможным отклонением в сторону



увеличения производительности на 10% выполним расчет величины допустимой высоты всасывания насоса.

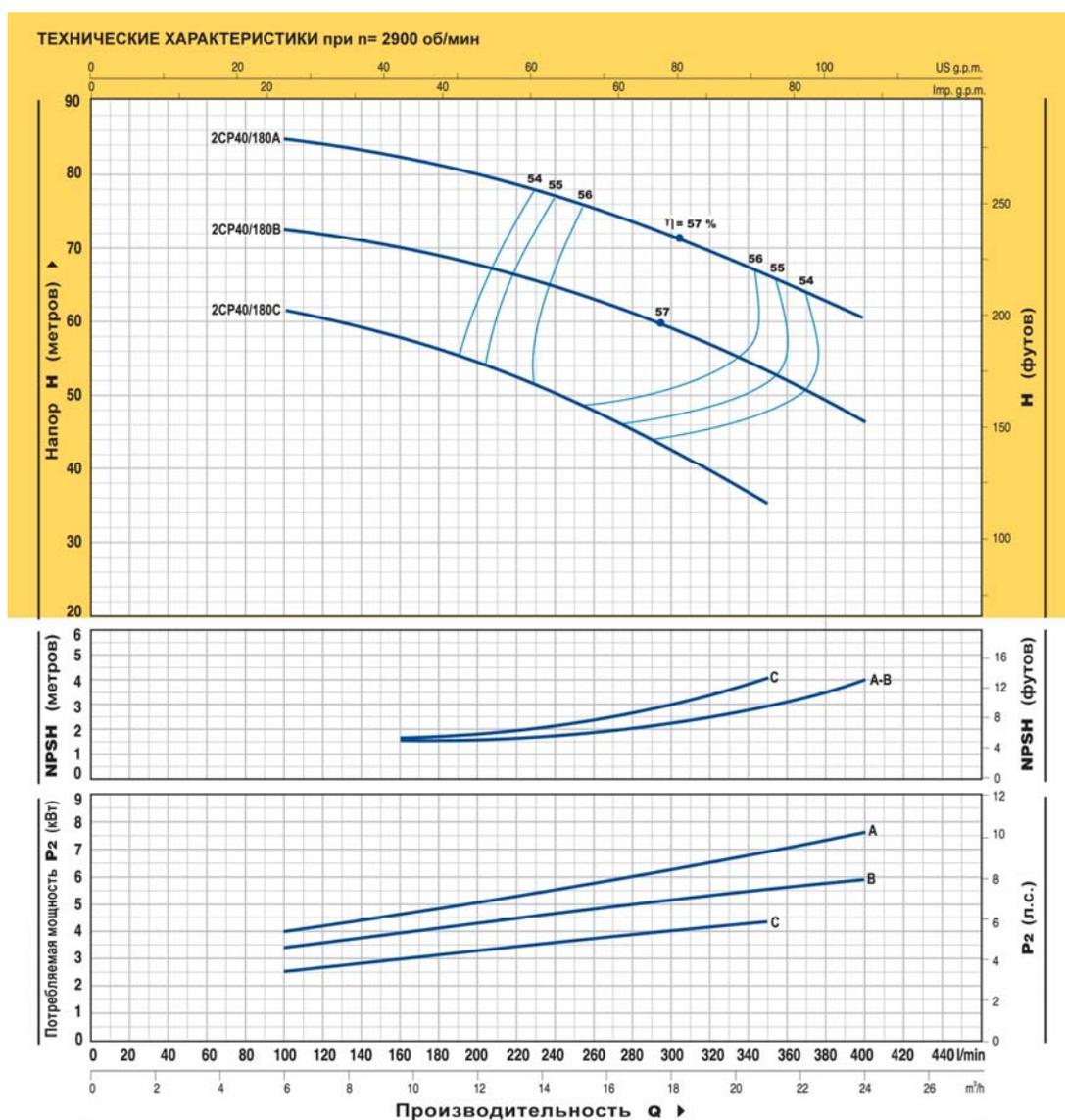
Воспользуемся формулой:

$$h_{в.доп} = 9,6 - h_{\omega_{вс}} - \Delta h_{доп}, \text{ м,}$$

где  $h_{в.доп}$  – допустимая высота всасывания;

$h_{\omega_{вс}}$  – потери напора во всасывающей линии насоса, м; при диаметре всасывающей трубы с обеспечением скорости движения в ней воды около 1,0 м/с, эти потери составляют до 0,5 м;

$\Delta h_{доп}$  (NPSH) – допустимый кавитационный запас насоса, который характеризует качество самовсасывания насоса и обеспечивает работу насоса без ухудшения его основных технических параметров, м.



Характеристики насоса 2CP40/180B ф. Pedrollo.

Для значения расчетной подачи с 10% увеличением определяем по графику зависимости NPSH от Q (производительности насоса) величину расчетного NPSH = 2,5 м.

Тогда допустимая высота всасывания  $h_{в.доп} = 9,6 - 0,5 - 2,5 = 6,6 \text{ м,}$

Величина  $9,6 \approx (P_a - P_n) / (\rho \cdot g)$  характеризует разницу в давлениях:  $P_a$  – атмосферном

и  $P_p$  - давлении насыщенных паров жидкости при определенной температуре, к удельному весу жидкости ( $\rho \cdot g$ ). Для нормальных условий эксплуатации (температура воды  $\approx 20^\circ\text{C}$ ; атмосферное давление 760 мм рт. ст.; высота над уровнем моря не более 300 м), т.е. забор воды возможен с глубины 6,6 м от отметки установки насоса без ухудшения параметров насоса.

При известном начальном (статическом) уровне воды 5,0 м от отметки установки насоса, фактический (динамический) уровень воды, возникающий при работе насоса, может снижаться на величину до 1,6 м без ухудшения работы насоса. Полученную величину, максимально допустимого снижения уровня в источнике, 1,6 м, необходимо добавить в  $H_{\text{расч}}$ :

$$H_{\text{расч}} = 54,8\text{ м} + 1,6 = 56,4\text{ м}.$$

#### Высота столба жидкости над всасывающим патрубком насоса (NPSH) и кавитация

Гидравлический Институт определяет высоту столба жидкости над всасывающим патрубком насоса как совокупную высоту всасывания, измеренную на всасывающем патрубке, с поправкой на давление насыщенных паров перекачиваемой жидкости. Проще говоря, это анализ соотношения сил на всасывающем патрубке насоса, для того, чтобы определить, будет ли жидкость испаряться при минимальном давлении, создающемся в насосе.

#### Давление насыщенных паров

Давление, которое жидкость оказывает на окружающие ее поверхности, зависит от температуры. Это давление называется давлением насыщенных паров, и оно является уникальной характеристикой любой жидкости, которая возрастает с увеличением температуры. Когда давление насыщенного пара жидкости достигает давления окружающей среды, жидкость начинает испаряться или кипеть. Температура, при которой происходит это испарение, будет понижаться по мере того, как понижается давление окружающей среды.

При испарении жидкость значительно увеличивается в объеме. Один кубический фут воды при комнатной температуре превращается в 1700 кубических футов пара (испарений) при той же самой температуре.

Из вышеизложенного видно, что если мы хотим **эффективно перекачивать жидкость**, нужно сохранять ее в жидком состоянии. Таким образом, NPSH определяется как величина действительной высоты всасывания насоса, при которой не возникнет испарения перекачиваемой жидкости в точке минимально возможного давления жидкости в насосе.

#### Требуемое значение NPSH ( $NPSH_R$ )

Требуемое значение NPSH ( $NPSH_R$ ) - Зависит от конструкции насоса. Когда жидкость проходит через всасывающий патрубок насоса и попадает на направляющий аппарат рабочего колеса, скорость жидкости увеличивается, а давление падает. Также возникают потери давления из-за турбулентности и неровности потока жидкости, т.к. жидкость бьет по колесу.

Центробежная сила лопаток рабочего колеса также увеличивает скорость и уменьшает давление жидкости.  $NPSH_R$  - необходимый подпор на всасывающем патрубке насоса, чтобы компенсировать все потери давления в насосе и удержать жидкость выше уровня давления насыщенных паров, и ограничить потери напора, возникающие в результате кавитации на уровне 3%. Трехпроцентный запас на падение напора – общепринятый критерий  $NPSH_R$ , принятый для облегчения расчета. Большинство насосов с низкой всасывающей способностью могут работать с низким или минимальным запасом по  $NPSH_R$ , что серьезно не сказывается на сроке их эксплуатации.  $NPSH_R$  зависит от скорости и производительности насосов. Обычно производители насосов предоставляют

информацию о характеристике  $NPSH_R$ .

#### Допустимый $NPSH$ ( $NPSH_A$ )

Допустимый  $NPSH$  ( $NPSH_A$ ) - является характеристикой системы, в которой работает насос. Это разница между атмосферным давлением, высоты всасывания насоса и давления насыщенных паров. Очень важно также учесть плотность жидкости и привести все величины к одной единице измерения.

#### Высота всасывания и явление кавитации

Необходимо различать вакуумметрическую высоту всасывания, характеризующую степень разрежения, возникающего у входа в насос, и геометрическую высоту всасывания, которая определяет высоту установки оси насоса над уровнем жидкости.

Вакуумметрическая высота всасывания зависит от атмосферного давления, температуры и удельного веса перекачиваемой жидкости, величины потерь напора во всасывающей линии насоса, конструктивных особенностей и др. Обычно допускаемая указана в каталогах насосов.

Связь между вакуумметрической и геометрической высотами всасывания может быть установлена из уравнения Бернулли, составленного для сечений и относительно плоскости сравнения.

Считая, что давление по поверхности жидкости равно атмосферному, а скорость течения в водоеме равна нулю, получим, что геометрическая высота всасывания меньше вакуумметрической на величину скоростного напора и потерь напора во всасывающем трубопроводе. **С увеличением подачи насоса максимально допустимая высота всасывания уменьшается.** Определяя высоту всасывания, необходимо иметь в виду, что при понижении давления во всасывающем трубопроводе может происходить парообразование и нормальная работа насоса будет нарушена. Поэтому минимальное давление в насосе должно быть выше давления парообразования жидкости, причем давление паров воды сильно увеличивается с повышением ее температуры.

**Чем выше температура воды, тем меньше высота всасывания, и практически при  $70^\circ\text{C}$  забор воды становится невозможен.** Обычно геометрическая высота всасывания для центробежных насосов составляет не более 5-7 м и лишь для некоторых типов насосов она доходит до 7,5-8 м.

**Кавитация в насосе возникает из-за чрезмерного падения давления во всасывающей части насоса.** Понижение давления происходит по ряду причин, основными из которых являются:

- чрезмерная высота всасывания;
- высокая температура перекачиваемой жидкости;
- низкое атмосферное давление.
- большое сопротивление во всасывающем трубопроводе.

Явление кавитации заключается в том, что выделяющиеся из жидкости пузырьки пара увлекаются потоком и, попадая в область повышенного давления, мгновенно конденсируются, в результате чего происходит местное повышение давления. Кавитация сопровождается характерным шумом и треском, понижением напора и КПД насоса, иногда наблюдается вибрация насоса. Особенно быстро при этом разрушается чугун, более стойкими металлами являются бронза и нержавеющая сталь. Поэтому кавитация при работе насоса недопустима, а высота всасывания должна быть такой, при которой возникновение кавитации невозможно.

**Рассмотрим пример с центральным водоснабжением дома-коттеджа (работа с подпором).**

В коттедже проживает 6 человек и дано следующее количество сантехнических приборов:

Первый этаж:

Кухня:

мойка – 1

посудомоечная машина – 1

Санузел:

раковина – 1

унитаз со смывным бачком – 1

биде – 1

душевая кабина – 1

ванна – 1

стиральная машина – 1

Второй этаж:

Санузел:

умывальник – 1

унитаз – 1

душевая кабина – 1.

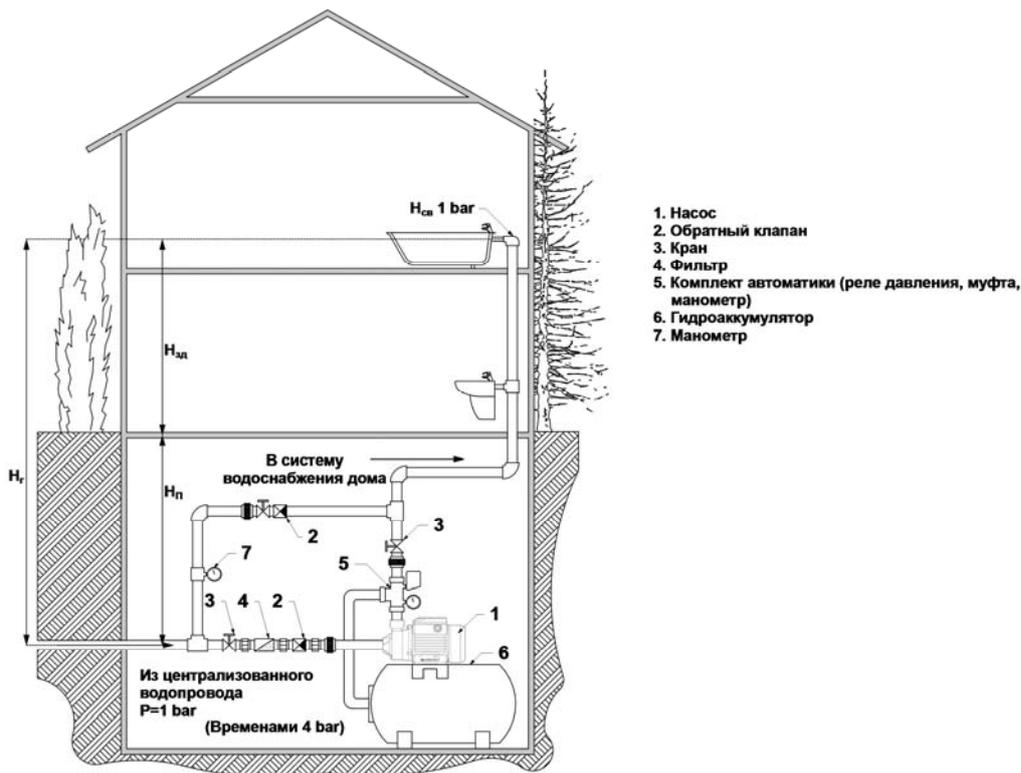
Необходимо повысить давление в центральной сети водоснабжения на входе в дом.

Давление в центральной магистрали 1 bar, временами 4 bar.

Условие: рассчитать рабочую точку насоса для водоснабжения дома с учётом количества сантехнических приборов в здании, количества проживающих человек и входного давления.

Для решения задачи

1. Рассчитываем часовой расход воды в здании (производительность насоса).
2. Требуемое давление в здании (напор насоса).



Для расчёта часового расхода необходимо определить:

- а) Общее число потребителей (кол-во человек) –  $u$
- б) Общее число сантехнических приборов –  $N$
- в) Вероятность действия прибора в ед. времени –  $P$ :

$$P = \frac{q_{\text{час}} \cdot u}{3600 \cdot q_0 \cdot N},$$

где  $q_{\text{час}}$  - норма расхода холодной воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления, от 8,1 до 15,6 л/час, в зависимости от степени благоустройства;

$u$  – общее число потребителей;

$q_0$  – расчётный расход воды одним прибором наибольшего потребления л/с (определяется по таблице расходов и напоров, см. приложение в конце раздела));

$N$  - общее число сантехнических приборов.

г) Коэффициент одновременности расходов –  $\alpha$  и определяется по формуле:

$$\alpha = - 0,09 \cdot X^4 + 0,51 \cdot X^3 - 1,07 \cdot X^2 + 1,41 \cdot X + 0,2,$$

где  $X = N \cdot P$ .

Это формула получена в результате математической обработки справочных и статических данных. Сходимость результатов составила – 99,87% или погрешность не более 0,13%

Далее определяем расход на вводе в здание по формуле:

$$Q_{зд} = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha, \text{ л/с.}$$

Подставим известные данные:

$u$  - Общее число жителей в коттедже 6 чел.

$N$  - Общее число сантехнических приборов 11 шт.

$q_0$  - расчётный расход воды одним прибором наибольшего потребления 0,3 л/с.

$$P = (15,6 \cdot 6) / (3600 \cdot 0,3 \cdot 11) = 0,00860.$$

Вероятность действия прибора в ед времени = 0,00860.

Далее  $X = 11 \cdot 0,00860 = 0,094$ .

$$\alpha = - 0,09 \cdot 0,094^4 + 0,51 \cdot 0,094^3 - 1,07 \cdot 0,094^2 + 1,41 \cdot 0,094 + 0,2 = 0,323.$$

Коэффициент одновременности расходов = 0,323.

$$Q_{зд} = 5 \cdot 0,3 \cdot 0,323 = 0,484.$$

Расход на вводе в здание = 0,484 л/с или 1,74 м<sup>3</sup>/ч.

### Требуемый напор насоса

Для расчета требуемого напора используется формула:

$$H_{расч} = H_{гео} + S + H_{своб} - H_{подпора},$$

где  $H_{расч}$  – требуемый напор насоса;

$H_{гео}$  – геодезическая высота подъёма воды (разность отметок наиболее высокорасположенного потребителя и отметки установки насоса):

$$H_{гео} = H_{зд} + H_{п},$$

$H_{зд}$  – расстояние между отметками начала первого этажа до наиболее высокорасположенного потребителя;

$H_{п}$  - расстояние от отметки установки насоса до начала первого этажа;

$S$  - сумма потерь напора на трение в трубопроводе и местные сопротивления (арматура, фасонные детали, фильтры и т.д.):

$$S = \sum h_l + \sum h_m,$$

$\sum h_l$  - сумма потерь на сопротивление трубопровода + запас 15% на ухудшение пропускной способности при эксплуатации;

$\sum h_m$  - сумма потерь на местные сопротивления (труб. арматура, колена и т.д.);

$H_{своб}$  - напор, который необходимо создать на самой удаленной и высоко расположенной водоразборной точке давления (диктующая точка) .

$$H_{своб} = 15 \text{ м в.ст.} = 1,5 \text{ бар.}$$

Подставим известные данные:

$$H_{гео} = 2 + 6 = 8 \text{ м.}$$

В данном случае расчётом суммы потерь напора на трение в трубопроводе и местные сопротивления можно пренебречь, так как сумма потерь будет незначительной  $\approx 0,5$  м.

$$H_{расч} = 8 + 15 - 10 = 13 \text{ м.}$$

Диаметр напорной трубы подбираем по диаграмме с учетом скорости движения

воды 1,5 - 2 м/сек  $\varnothing = 25$ мм.

Таким образом, у нас получилась рабочая точка насоса  $Q = 1,74 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 13 \text{ м}$ , то есть нам нужен насос, у которого при напоре  $H = 13 \text{ м}$  будет производительность  $Q = 1,74 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

После этого можно подобрать насос по каталогам насосов соответствующего типа.

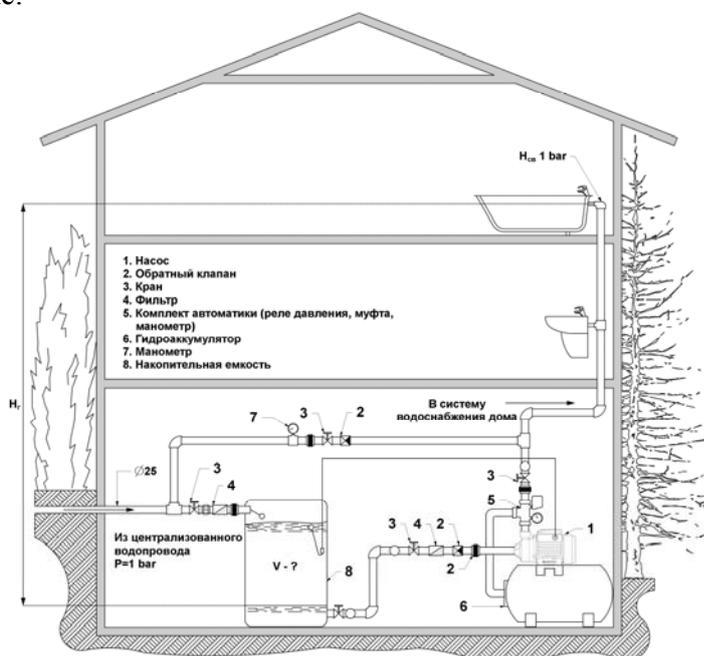
При выборе насоса необходимо сделать запас 10-15% на пониженное напряжение в сети.

Для полученных в примере значений подачи  $Q = 1,74 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напора  $H = 13 \text{ м}$  подходит насосная станция марки AUJET-40 ф. Насосы плюс или HFJSW-1C/24 ф. Pedrollo

Установка насоса непосредственно на централизованный водопровод имеет ряд недостатков.

1. На централизованный водопровод нельзя устанавливать насос с электронной автоматикой, так как в централизованной системе могут наблюдаться скачки давления, что может привести к превышению максимального рабочего давления насоса.
2. При понижении входного давления (в данном случае 1 bar) центральной системы водоснабжения, понизится  $H_{\text{расч}}$ , т.е. давление на самой высокой точке водоразбора может быть недостаточным для нормальной работы сантехприборов.
3. При низком давлении в сети центрального водоснабжения сопротивление во всасывающем трубопроводе системы при работе насоса может оказаться достаточно высоким (разрыв струи) – может происходить процесс кавитации.
4. Перебои водоподачи централизованного водопровода - соответственно перебои с водоснабжением дома.

Поэтому – при организации водоснабжения дома из центрального водопровода целесообразно устанавливать насосную станцию через промежуточную ёмкость, так как показано на рисунке.



Рассмотрим пример с центральным водоснабжением пятиэтажного дома с промежуточной (накопительной ёмкостью) (см.рис.ниже).

Предположим, что подача воды из центрального водопровода осуществляется по временному графику – с 6 до 10 часов и с 18 до 22 часов.

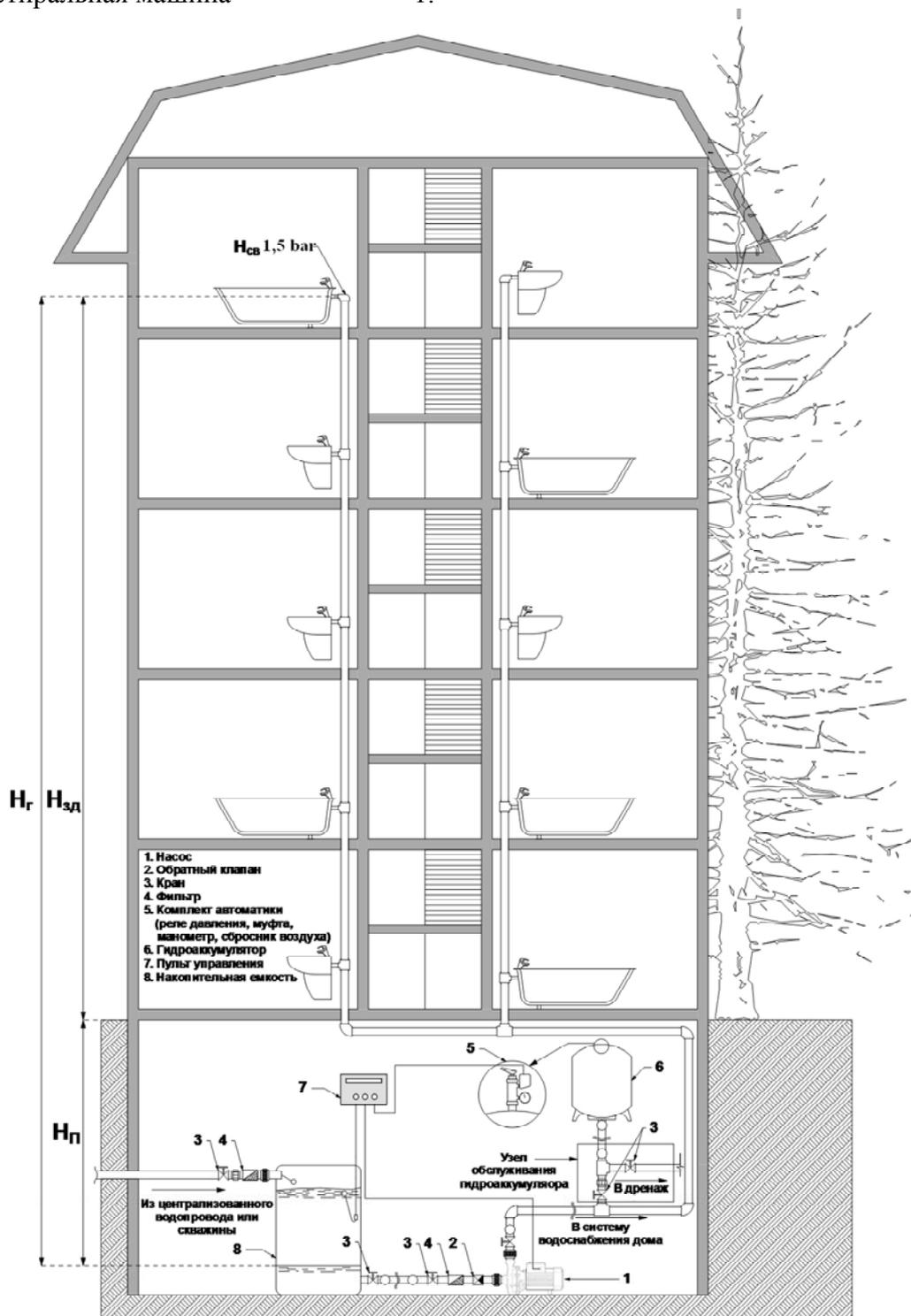
Условие: необходимо рассчитать рабочие характеристики насоса и объём ёмкости с учётом временного графика, пикового и суточного потребления воды.

Известно, что диаметр вводной трубы в здание  $\varnothing 65$  мм.

1) Рассчитываем водопотребление (производительность насоса).

На каждом этаже по три квартиры, в среднем в каждой квартире проживает по 3 человека и в каждой квартире стандартное наличие сантехнических приборов:

мойка на кухне -	1
раковина -	1
ванна -	1
унитаз со смывным бачком -	1
стиральная машина -	1.



**Следовательно:**

**Общее количество квартир - 15.**

**Количество сантехнических приборов в одной квартире – 5.**

Общее число жителей в здании  $u = 15 \times 3 = 45$  чел.

Общее число сантехнических приборов  $N = 5 \times 15 = 75$  шт.

Расчётный расход воды одним прибором наибольшего потребления (см. по таблице расходов)  $q_0 = 0,3$  л/с.

Далее по известной формуле рассчитываем вероятность действия прибора в ед.времени  $P$ :

$$P = (15,6 \cdot 45) / (3600 \cdot 0,3 \cdot 75) = 0,0087.$$

Вероятность действия прибора в ед.времени  $P = 0,00867$ .

Далее находим коэффициент одновременности расходов –  $\alpha$

$$\alpha = - 0,09 \cdot X^4 + 0,51 \cdot X^3 - 1,07 \cdot X^2 + 1,41 \cdot X + 0,2,$$

где  $X$  - общее число сантехнических приборов умножить на вероятность действия прибора в ед.времени  $X = N \cdot P = 75 \cdot 0,00867 = 0,650$ .

$$\alpha = - 0,09 \cdot 0,650^4 + 0,51 \cdot 0,650^3 - 1,07 \cdot 0,650^2 + 1,41 \cdot 0,650 + 0,2 = 0,789.$$

Далее определяем расход на вводе в здание по формуле:

$$Q_{зд} = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha.$$

$$Q_{зд} = 5 \cdot 0,3 \cdot 0,789 = 1,183 \text{ л/с или } 4,260 \text{ м}^3/\text{час}.$$

## 2) Рассчитываем необходимый напор насоса

Для расчета требуемого напора используется формула:

$$H_{расч} = H_{гео} + S + H_{своб},$$

где  $H_{расч}$  – требуемый напор насоса;

$H_{гео}$  – геодезическая высота подъёма воды (разность отметок наиболее высокорасположенного потребителя и отметки установки насоса):

$$H_{гео} = H_{зд} + H_{п},$$

$H_{зд}$  – расстояние между отметками начала первого этажа до наиболее высокорасположенного потребителя;

$H_{п}$  - расстояние от отметки установки насоса до начала первого этажа;

$S$  - сумма потерь напора на трение в трубопроводе и местные сопротивления (арматура, фасонные детали, фильтры и т.д.):

$$S = \sum h_l + \sum h_m,$$

$\sum h_l$  - сумма потерь на сопротивление трубопровода + запас 15% на ухудшение пропускной способности при эксплуатации;

$\sum h_m$  - сумма потерь на местные сопротивления (труб. арматура, колена и т.д.);

$H_{своб}$  - напор, который необходимо создать на самой удаленной и высоко расположенной водоразборной точке давления (диктующая точка) .

$$H_{своб} = 15 \text{ м в.ст.} = 1,5 \text{ бар}.$$

*Подставим известные данные:*

$$H_{гео} = 2 + 15 = 17 \text{ м}.$$

Диаметр напорной трубы подбираем по диаграмме с учетом скорости движения воды 1,5 - 2 м/сек,  $Q_{зд} = 1,183$  л/с или 4,260 м<sup>3</sup>/ч и условия, что в здании проложены две подающие трубы. Получим  $\varnothing = 32$  мм.

Для расчёта  $\sum h_l$  (сумма потерь на сопротивление трубопровода) воспользуемся диаграммой потерь напора,  $\sum h_l \approx 2$  м, при условии, что в здании проложены две подающие трубы и скорость движения воды 1,5 - 2 м/с при длине трубопровода 20 м.

Для расчёта  $\sum h_m$  (сумма потерь на местные сопротивления (арматура, колена, обратный клапан и т.д.)) воспользуемся таблицей потерь напора,  $\sum h_m \approx 2,5 - 3$  м.

$$H_{\text{расч}} = 17 + 5 + 15 = 37 \text{ м.}$$

Таким образом, рабочая точка насоса  $Q = 4,260 \text{ м}^3/\text{ч}$   $H = 37$  м, то есть нам нужен насос, у которого при напоре  $H = 37$  м будет производительность  $Q = 4,260 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

После этого можно подобрать насос по каталогам насосов соответствующего типа.

При выборе насоса необходимо сделать запас 10-15% на пониженное напряжение в сети.

Для полученных в примере значений подачи  $Q = 4,260 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напора  $H = 37$  м подходит насос марки MRS – Н 5 ф. SPRUT или 2CP25/160B ф. Pedrollo.

### **Рассчитываем ёмкость**

Известно, что вода поступает в ёмкость по временному графику:

с 6-00 до 10-00 и с 18-00 до 22-00.

Диаметр входной трубы в здание 65 мм, максимальный расход по таблице равен  $4,7$  л/с  $\approx 16 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Отсюда следует, что за каждые 4 часа может прибывать  $64 \text{ м}^3$ , а за восемь часов  $128 \text{ м}^3$ , что существенно превышает среднесуточный расход.

В сутки на одного человека по нормам требуется 300-400 л.

В нашем случае среднесуточный расход будет равен  $300 \text{ л} \times 45 \text{ чел.} = 13500 \text{ л}$  ( $13,5 \text{ м}^3$ ).

Из практики известно, что объем емкости равен  $1/3$  суммарного суточного расхода воды потребителями (из расчета 300-400 л/чел. в сутки).

$$V_{\text{емк}} = 13,5 / 3 \cdot 1 \approx 4,5 \text{ м}^3.$$

### Технологические решения сетей внутренних водопроводов

Сети внутренних водопроводов состоят из магистральных и распределительных трубопроводов, арматуры, а также из подводок к водоразборным устройствам. В зависимости от режима водопотребления и назначения здания, а также от технологических и противопожарных требований сети бывают тупиковыми, кольцевыми, комбинированными, зонными, а по расположению магистральных трубопроводов с нижней и верхней разводкой.

*Тупиковые* сети применяют в основном в зданиях, где допускается перерыв в подаче воды.

*Кольцевые* сети применяют в основном в многоэтажных зданиях при необходимости обеспечения бесперебойного водоснабжения. Рекомендовано применять вертикальное кольцевание (верхние переключки стояков) и несколько вводов в здание.

*Комбинированные* сети применяют в крупных зданиях.

*Зонные* сети - несколько сетей в одном здании, в т.ч. высотная зональность в высотных зданиях.

При нижней разводке магистрали размещают в нижней части здания, а при верхней – на чердаке, техническом этаже или под потолком верхнего этажа.

Устройство сети с верхней разводкой обычно дешевле, чем с нижней (при утеплении трубопроводов).

Верхняя разводка удобнее нижней в эксплуатационном отношении. При верхней разводке суммы потерь напора при расчете требуемого напора сети меньше и напоры в подводках более равномерные и стабильные за счет компенсации гравитационной составляющей.

**Сводная таблица данных, расчёта расхода - Q и напора - H для зданий**

№	Вид здания	Общее число одинаковых потребителей U, чел	Общее число сан.-тех. приборов N, шт	Расчетная вероятность действия прибора в ед. времени P	Расчетный коэффициент одновременности расходов $\alpha$	Расчетный расход по воде в здание $Q_{зд}$ , л/с	Требуемый расчетный напор на вводе в здание $H_{тр}$ , м
1	2-этажный коттедж на одну семью (6 человек) полное благоустройство	6	11*	0,0086	0,323	0,48	24
2	5-этажный жилой дом 40 квартир (2 подъезда) полное благоустройство	120**	240	0,0072	1,27	1,9	42
3	9-этажный жилой дом 72 квартиры (2 подъезда) полное благоустройство	216**	432	0,0072	1,146	1,719	67
4	3 –этажная минигостиница 20 номеров без спец. сан.-тех. оборудования	80	70	0,0165	1,026	1,54	36
5	Пансионат (дом отдыха) до 200 проживающих 4 этажа	200	250	0,0115	1,381	2,071	42

Примечания:

\* 2 ванны, 2 раковины, 2 унитаза, 1 стиральная машина, 1 мойка, 1 посудомоечная машина, 1 поливочный кран.

\*\* 3 человека в квартире

**Таблица предельных расходов для стальных труб**

Диаметр трубы, мм	15	20	25	32	40	50	65	75	80	100	125
Предельный расход, л/с	0,26	0,47	0,74	1,21	1,88	3,5	4,7	5,5	7,7	13,4	19

Таблица расходов и напоров (на входе) по основным видам санитарно-технического оборудования (приборов)

№	Вид санитарно-технического прибора	Расчетный расход холодной воды, $q_0$ , л/с	Свободный напор на приборе (минимальный) $H_{св}$ , м	Расчетное минимальное давление на входе $P_{пр}$ , бар
1	Умывальник со смесителем	0,10	2	1,4
2	Мойка (кухонная) со смесителем	0,15	2	1,4
3	Ванная (стандарт) со смесителем, биде	0,20	3	1,5
4	Унитаз со сливным бачком	0,10	2	1,4
5	Умывальник со сливным краном	1,4	4	1,6
6	Поливочный кран	0,30	2	1,4
7	Стиральная машина (бытовая)	0,30	3	
8	Посудомоечная машина (бытовая)	0,15	3	

Примечание: другие виды сан.-тех. приборов проектируются согласно данным в паспортах.

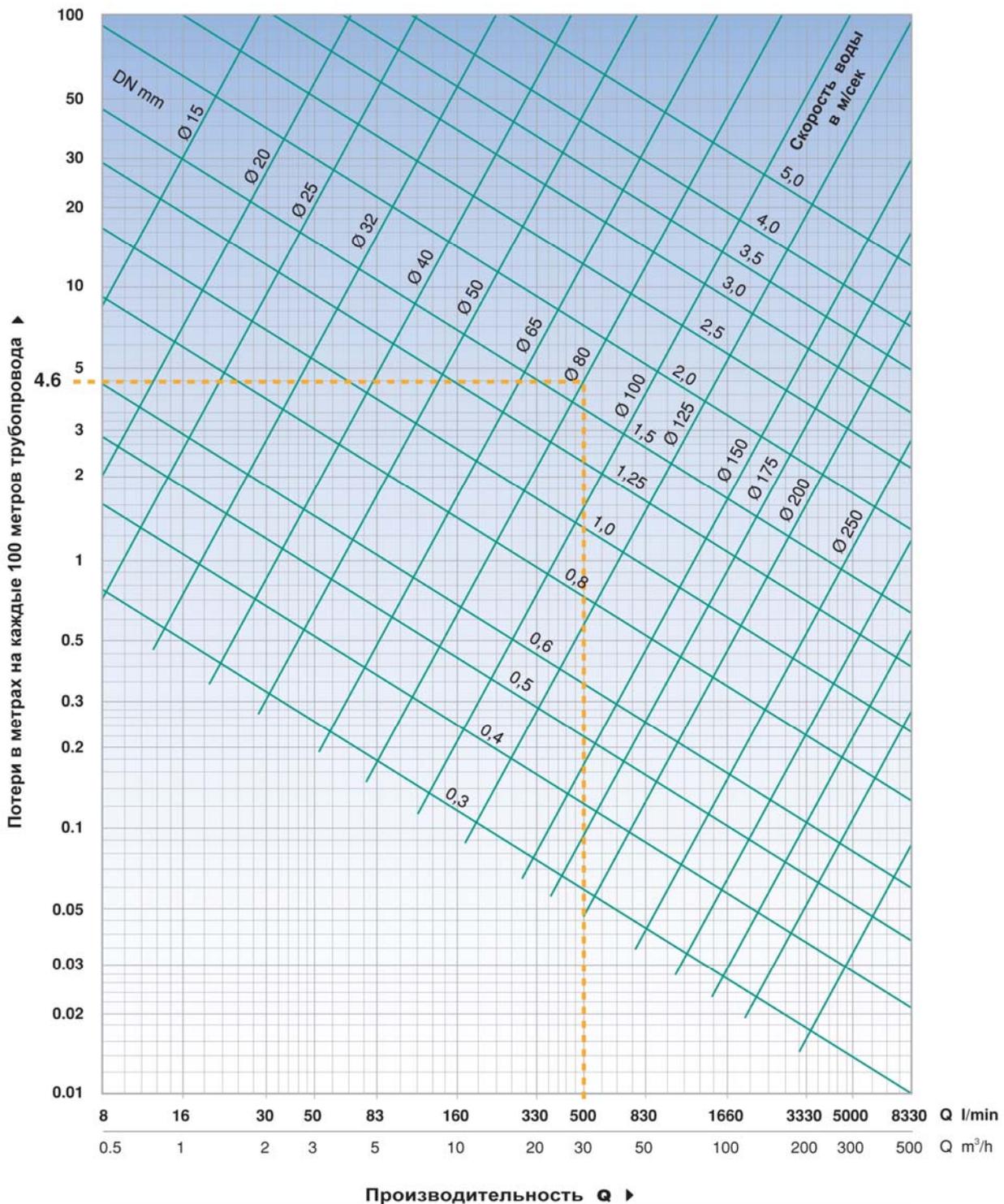
Расчетные расходы на полив  $1 \text{ м}^2$  приусадебных участков (л/с)

№	Назначение воды	Нормы расхода воды, л/м <sup>2</sup> за один полив	Осредненный расход (расчетный), л/с/м <sup>2</sup> в сутки
1	Полив газонов и цветников на 1 полив (3 полива в сутки)	6	0,0003 10 соток= $1 \text{ м}^3/\text{час}$
2	Полив приусадебных участков на 1 полив (2 полива в сутки): - овощные культуры - плодовые деревья и виноградник	8 (16) л/сут 10 (20) л/сут	0,0004 0,0005

Примечание: при отсутствии данных по площадям и т.п. удельное водопотребление на полив рекомендуется принимать 90 л/сутки на 1 жителя или расчетный расход до 0,002 л/с на 1 человека.

Потери давления в арматуре

Значения потерь давления в арматуре даны относительно коэффициента потерь давления в трубопроводе (т.е. например, потеря давления в тройнике DN 32 соответствует потерям давления соответствующего трубопровода (32) на участке, длиной 2,02 м)									
Тип сопротивления		DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 150	DN 200
Разветвление, тройник		2,02	2,74	3,87	5,61	6,58	8,85	15,45	23,36
Диффузор		0,85	1,13	1,5	2,29	2,4	3,72	5,02	13,22
Конфузор		1,08	1,45	1,94	2,46	3,19	4,85	8,04	19,25
Ступенчатый диффузор		0,24	0,34	0,48	0,56	0,76	1,05	1,96	2,6
Ступенчатый конфузор		0,29	0,42	0,6	0,7	0,95	1,31	2,45	3,25
Колено с $R=d$ и углом поворота $45^\circ$		0,11	0,15	0,2	0,3	0,4	0,55	0,95	1,4
$60^\circ$		0,15	0,2	0,28	0,43	0,59	0,93	1,5	2,28
$90^\circ$		0,19	0,27	0,38	0,58	0,79	1,11	2,06	3,18
Обратный клапан		1,7	1,48	1,84	2,6	3,3	4,26	7,26	10,58
Задвижка, шаровые краны		0,27	0,3	0,38	0,49	0,56	0,7	1,08	1,45



Данные в таблице приведены для холодной воды и жидкостей с равноценной кинематической вязкостью, для новых чугунных труб. Потери напора  $h_v$ , полученные в таблице, должны умножаться на:

0,6 - для пластиковых труб

0,8 - для новых стальных труб

1,25 - для старых железных труб с налётом ржавчины

1,7 - для старых труб, для которых нужно учитывать уменьшение сечения из-за образования накипи

## НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Бытовые водонапорные установки - это агрегаты, которые состоят из насоса и комплекта автоматики (механической или электронной), работающие в автоматическом режиме, для поддержания необходимого давления в системах водоснабжения квартир домов, коттеджей и т.д. Благодаря своему принципу функционирования, установка таких агрегатов помогает с успехом решать проблемы, возникающие в случаях, когда поток воды не обеспечивает требуемое рабочее давление или объект снабжается водой из накопительной емкости, колодца или скважины.

### Насосные станции с механическим реле давления

Преимущества: просты в эксплуатации, надёжны, недорогая цена

Недостатки:

- необходимо контролировать давление воздуха в гидроаккумуляторе (один раз в 2-4 месяца (при выходе воздуха из гидроаккумулятора и несвоевременной докачки может лопнуть мембрана));
- при малом разборе воды - перепады давления в системе за счёт частого «включения- выключения» станции;
- при регулировке реле на максимальное давления, чтобы сгладить скачки давления, есть опасность, что при падении напряжения, насос не отключится (из за изменения параметров насоса);
- с обычным реле давления нет защиты насоса от сухого хода, необходимо использовать реле с дополнительной функцией – «сухой ход по давлению» (эти реле не дают свободу регулировки) или устанавливать дополнительные устройства по защите от сухого хода (реле уровня, реле защиты сухого хода по давлению).



### Насосные станции с электронным реле давления (реле протока)

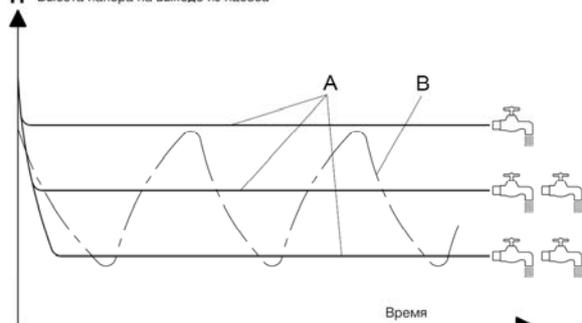
Принцип действия такой же - включение и выключение насоса при наличии или остановке разбора воды.

Но сам процесс работы отличается:

Во-первых, управляет «вкл и выкл» насоса электроника.

Во-вторых, включение насоса происходит строго при 1,5 bar или при наличии протока, а выключение насоса при максимальном давлении насоса (не менее 2.2 bar) или при протоке жидкости менее 0,6 – 0,7 л/мин.

Н Высота напора на выходе из насоса



А - работа с электронным реле давления - постоянное давление  
В - работа с традиционной системой бака и реле давления

### Недостатки:

- плата автоматики не защищена от всплесков напряжения;

### Преимущества:

- при водоразборе нет перепада давления (смотри рисунок) - станция «ОТКЛ» только при полном закрытии крана или расходе воды менее 0,6-0,7 л/мин.
- при падении напряжения в сети, насос «ОТКЛ» в любом случае, даже если насос «не даст» свои параметры.
- есть защита от сухого хода (по протоку).
- не требует обслуживания.



- ограниченный проток воды 10 - 12 м<sup>3</sup>/ч;
- давление «выкл» не регулируется.

В составе с электронной автоматикой можно использовать насос с давлением не менее 2.2 атм (так как дельта между вкл и выкл должна быть не менее 0,7 bar - для нормальной работы реле, при меньшей дельте срабатывает защита от сухого хода)

Однако в некоторых приборах такого типа (например, BRIO 2000) предусмотрена регулировка давления включения насоса, как в сторону повышения, так и в сторону понижения. Соответственно и насос с таким реле можно использовать с максимальным давлением меньше чем 2,2 bar. Например, у насоса  $P_{\max} = 2\text{bar}$  соответственно давление включения насоса будет равно  $P_{\max \text{ насоса}} - 0,7 = P_{\text{ВКЛ}} = 1,3 \text{ bar}$ .

Комплектовать насосные станции можно как с однофазными, так и с трёхфазными насосами. В случае использования насосных станций с трёхфазными насосами электрическое подключение смотри в разделе «автоматика».

В случае подключения насосных станций с трёхфазным приводом необходимо использовать дополнительные средства защиты двигателя (такие как реле контроля фаз, тепловое реле, или комплексные пульты управления типа станции ТК, QEM, или пульты плавного пуска), смотри в разделе «автоматика».

### Насосные станции с частотным регулированием

Частотное регулирование – это изменение напряжения, частоты переменного тока на входе в электропривод насоса, что приводит к изменению частоты оборотов двигателя в зависимости от потребности гидравлической системы, или изменения скорости вращения двигателя от изменения расхода воды, чем больше расход, тем больше обороты двигателя и наоборот.

Какой же принцип работы системы? Мы имеем некую гидравлическую систему, на которую установлен насос (например, многоквартирный дом) в электрическую цепь, между двигателем насоса и питающей электросетью устанавливаем частотный преобразователь, в подающий трубопровод устанавливаем аналоговый датчик давления, который подключаем к частотному преобразователю. Таким образом, мы имеем обратную связь с частотным преобразователем. При отклонении давления в системе от заданного давления в частотном преобразователе, датчик подаёт сигнал на частотный преобразователь, а преобразователь, в свою очередь, изменяет обороты двигателя, таким образом, чтобы давление в системе оставалось на уровне заданного.



Такое управление насосом даёт большие преимущества:

1. Жизнь насоса увеличивается в 5 раз (за счет плавного пуска и остановки, пусковые токи отсутствуют (обычно они в 5 раз выше номинальной мощности двигателя)).
2. Двигатель имеет 17 степеней защиты.
3. Расход электроэнергии сокращается на 40-50%.
4. Всегда имеем постоянное давление (без скачков и гидроударов).
5. Гарантия на насос увеличивается в 2 раза.
6. Возможность на один частотный преобразователь подключить до 7 насосов.
7. В перспективе – возможность настройка или изменение параметров частотного преобразователя (установленного на объекте) через сеть интернет.
8. Много дополнительных функций.

Частотный преобразователь можно установить с любым насосом: наружным, погружным, циркуляционным, однофазным или трёхфазным.

## СКВАЖИННЫЕ НАСОСЫ

### Погружные электронасосы



Погружные электронасосы предназначены для подачи воды из колодцев, скважин и открытых водоемов глубиной более 9 м, когда применение наружного насоса невозможно или нецелесообразно.

Погружные насосы оснащаются асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором однофазными или трехфазными. Однофазные двигатели оснащены встроенной в обмотку или в выносной пульт тепловой защитой, а также встроенным, либо выносным конденсаторным блоком. Трехфазные двигатели подключают к электросети через станцию управления и защиты, предохраняющую электродвигатель от работы в нештатных режимах. Двигатели в скважинных насосах могут быть водозаполненные, маслозаполненные или сухого исполнения.

1. Водозаполненные (мокрые) двигатели - обмотка статора выполнена из водостойкого провода или залита полимерной смолой. Охлаждение электродвигателя осуществляется перекачиваемой водой. Вал насоса и вал электродвигателя выполнен из нержавеющей стали AISI 304 и вращаются в подшипниках скольжения резинометаллических, текстолитовых или лигнофолевых, смазкой которых является вода. В целях предотвращения быстрого износа вода, поступающая на смазку, проходит через специальный фильтр.
2. Маслозаполненные двигатели - заполнены специальным минеральным маслом для эффективного охлаждения двигателя (теплоотдачи в окружающую среду), а также для смазки и охлаждения подшипников и механического уплотнения. Механическое уплотнение двойное со стороны насоса и со стороны двигателя. Масло сертифицировано для контакта с пищевыми продуктами. В случае проливания запах и цвет воды не изменяются, опасности загрязнения нет. Вал электродвигателя выполнен из нержавеющей стали AISI 304 и вращается в подшипниках качения. В нижней части двигателя подшипник радиально – опорный, выдерживающий осевые нагрузки, в верхней части двигателя - радиальный.
3. Сухого исполнения - такие двигатели применяются в небольших бытовых насосах. В двигателях такого исполнения между двойным механическим уплотнением расположена запорная масляная камера для смазки и охлаждения уплотнений в случае отсутствия воды.

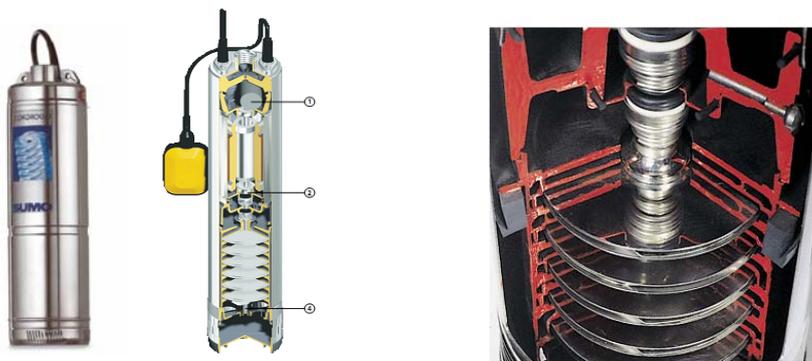
Погружные электронасосы можно разделить на два типа:

1. С охлаждающей рубашкой двигателя их ещё называют **колодезные**.
2. Без охлаждающей рубашки, где охлаждение электродвигателя насоса

осуществляется потоком поднимаемой воды, эти насосы называют **скважинными**.

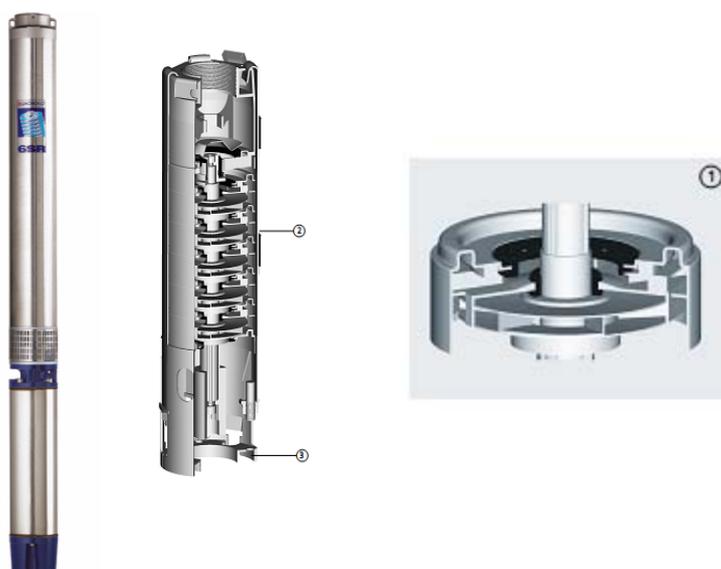
И те и другие имеют многоступенчатую конструкцию рабочей камеры.

### Колодезные насосы



Имеют моноблочную конструкцию т.е. в одном корпусе находится двигатель и рабочая камера, в сравнении со скважинными насосами имеют больший диаметр корпуса - 153мм, при одинаковых параметрах (за счёт наличия охлаждающей рубашки и большего диаметра рабочих колёс). Сравнительно небольшой напор  $\approx$  до 100 м. Эти насосы более чувствительны к примесям в воде (максимальное содержание песка  $50 \text{ г/м}^3$ ). Основное отличие от скважинных насосов, это забор воды в нижней части корпуса и наличие охлаждающей рубашки. Такая конструкция насоса позволяет использовать его в колодцах, резервуарах и скважинах большого диаметра даже частично погруженным в воду, так как перекачиваемая вода омывает стенки корпуса двигателя и эффективно охлаждает его. Насосы такого типа могут комплектоваться поплавковым выключателем, встроенным в корпус насоса. Нет необходимости следить за уровнем воды или устанавливать дополнительные средства защиты от «сухого хода» поплавковый выключатель отключит насос, когда закончится вода и включит насос, когда вода появится.

### Скважинные насосы



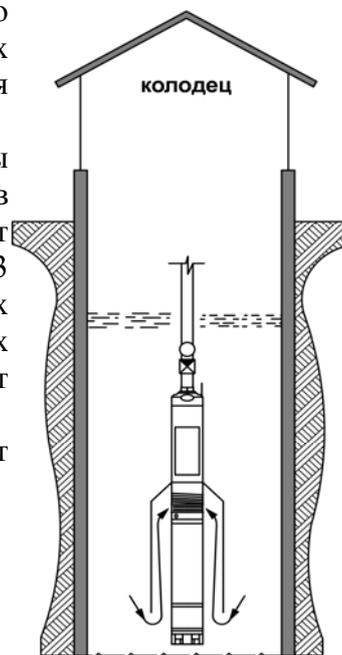
Охлаждение электродвигателя скважинного насоса осуществляется потоком поднимаемой воды. Поэтому для каждого скважинного насоса в технической документации указывается минимально допустимая скорость движения воды.

Средняя скорость движения воды по поверхности двигателя для нормального охлаждения двигателя составляет 0,8–1,2 м/с. Вот почему, при использовании скважинных насосов так важен диаметр скважины, который не может быть значительно больше диаметра насоса. Однако, скважинные насосы так же как и колодезные можно использовать в колодцах, резервуарах и скважинах большого диаметра, если установить на насос охлаждающий кожух который будет иметь заборную часть у основания электродвигателя, так как показано на рисунке.

В отличие от колодезного насоса, скважинные насосы состоят из двух частей: двигатель в нижней части и насос в верхней части, жёстко соединены между собой муфтой и имеют забор воды в средней части корпуса. Диаметр таких насосов от 3 до 12 дюймов (1 дюйм = 2,54см). В отличие от колодезных насосов, скважинные насосы могут использоваться в узких скважинах и имеют напор свыше 500 м (в зависимости от модели).

Погружные электронасосы по принципу действия бывают трех основных типов:

- Центробежные
- Вихревые
- Винтовые



**Центробежные** погружные электронасосы (к ним относят колодезные и скважинные насосы) имеют многоступенчатую конструкцию и могут иметь «плавающие» рабочие колеса или фиксированные. От этого будет зависеть пропускная способность по механическим примесям в воде (50-250 г/м<sup>3</sup>). Наличие в воде растворенных веществ (известняки, сернистые соединения и т. п.) и взвешенных твердых частиц приводит к засорению и абразивному износу рабочих колес. Способность к работе в таких условиях является одной из основных эксплуатационных характеристик погружного насоса для скважин.

Засорение рабочих колес в основном возникает при остановке насоса. Скорость потока снижается и взвешенный песок выпадает в осадок, заполняющий пространство в гидравлических каналах насоса и, что наиболее опасно, в зазорах между плоскостями рабочих колес и обойм диффузоров. Когда насос запускается снова, скопившийся осадок оказывает сильнейшее абразивное воздействие на рабочие колеса и даже может привести к их заклиниванию. Это обычно приводит к дорогостоящему ремонту (демонтаж насоса из скважины, его разборка, чистка, замена элементов гидравлики, обратная установка на место).

Технология «плавающего» рабочего колеса, позволяет существенно уменьшить последствия трения песка о стенки лопаток и плоские поверхности рабочего колеса и диффузора, обеспечить высокую степень надежности и большой эксплуатационный ресурс насосного агрегата. Рабочие колеса в этом варианте не жестко закреплены на валу, а имеют небольшой свободный ход вдоль вала.

При пуске насоса вращением рабочего колеса струя воды нагнетается между рабочим колесом и диффузором. Создавшееся давление поднимает рабочее колесо. При этом песчаный осадок выносится потоком, часть которого проходит ниже вращающегося рабочего колеса, не стачивая его. При остановке насоса песок, содержащийся во взвешенном состоянии в воде, выпадает в осадок между рабочим колесом и диффузором. Рабочее колесо, соответственно, опускается под собственным весом в основу гидравлического кожуха. На маршевом режиме работы взвешенные частицы, проходя с

потоком воды через рабочее колесо, в первую очередь попадают на поверхность обоймы диффузора (выполненную из нержавеющей стали), и таким образом неподвижные направляющие лопатки диффузора в меньшей степени подвержены абразивному износу. Погружные центробежные насосы отличаются высоким КПД, который может достигать 70%. Многие насосы оборудованы встроенным обратным клапаном который предотвращает обратный поток из системы напорных трубопроводов при установке насоса.

**Вихревые (к ним относят скважинные насосы)** погружные электронасосы имеют одно или несколько рабочих колес с радиально расположенными лопатками. Преимуществом данного насоса перед центробежным, является более компактные размеры при довольно больших напорах. Данный тип насосов очень чувствителен к механическим примесям в воде (до 50 г/м<sup>3</sup>)

**Винтовые (к ним относят скважинные насосы)** погружные электронасосы в качестве рабочего органа имеют винт. Отличаются низким КПД. Применяются когда необходимо обеспечить перекачку жидкости с высоким содержанием механических примесей (до 30 г/л). Недостатком данного типа насосов является низкий ресурс и высокая потребляемая мощность при пуске, что плохо сказывается на запуске насоса при заниженном напряжении. Особенностью является невозможность работы при отсутствии водоразбора, т.е на закрытую задвижку при максимальном давлении. Поэтому такие насосы не рекомендуется устанавливать в составе с электронным реле давления.

#### Рекомендации по правильной установке погружных насосов

Перед установкой убедитесь, что при транспортировке не были повреждены насосный агрегат и кабель. Также необходимо проверить электрические параметры насоса и электросети на соответствие.

Перед монтажом погружного насоса необходимо проверить, не могут ли возникнуть трудности при опускании его в скважины в связи с неровностями, местными сужениями и искривлениями обсадной трубы. Свободный проход обсадной трубы должен, в любом случае, быть больше максимального внешнего диаметра погружного насоса, включая электрокабель.

При больших диаметрах скважины и перекачивании воды из сборных резервуаров отсутствует движение потока воды снизу, необходимое для охлаждения двигателя (только для насосов с заборным окном, расположенным в средней части насоса). В таких случаях насос должен монтироваться в специальном кожухе, который гарантирует омывание двигателя водой с достаточной скоростью.

Подсоединение электрокабеля к двигателю должно осуществляться посредством специальной водонепроницаемой кабельной муфты термоусадочного или заливного типа. Только такой способ соединения исключает вероятность попадания воды в двигатель. В качестве водоподъемных труб можно использовать стальные трубы или трубы из полимерных материалов. При использовании труб из полимерных материалов для крепления насоса необходим стальной страховочный трос. В этом случае соединение насоса с трубой осуществляется посредством обжимной муфты. На нагнетающем патрубке насоса необходимо установить обратный клапан, а также во избежание гидравлического удара рекомендуется устанавливать обратный клапан на расстоянии 10 м от активного уровня скважины, и в других местах трубопровода через каждые 80 м

Кабель целесообразно крепить к водоподъемной трубе специальными хомутами с интервалом не более 2 м. При креплении кабеля к водоподъемной трубе кабелю надо дать слаbinу настолько, чтобы он не был сильно натянут, но и не провисал.

При погружении насоса в скважину следует соблюдать особую осторожность,

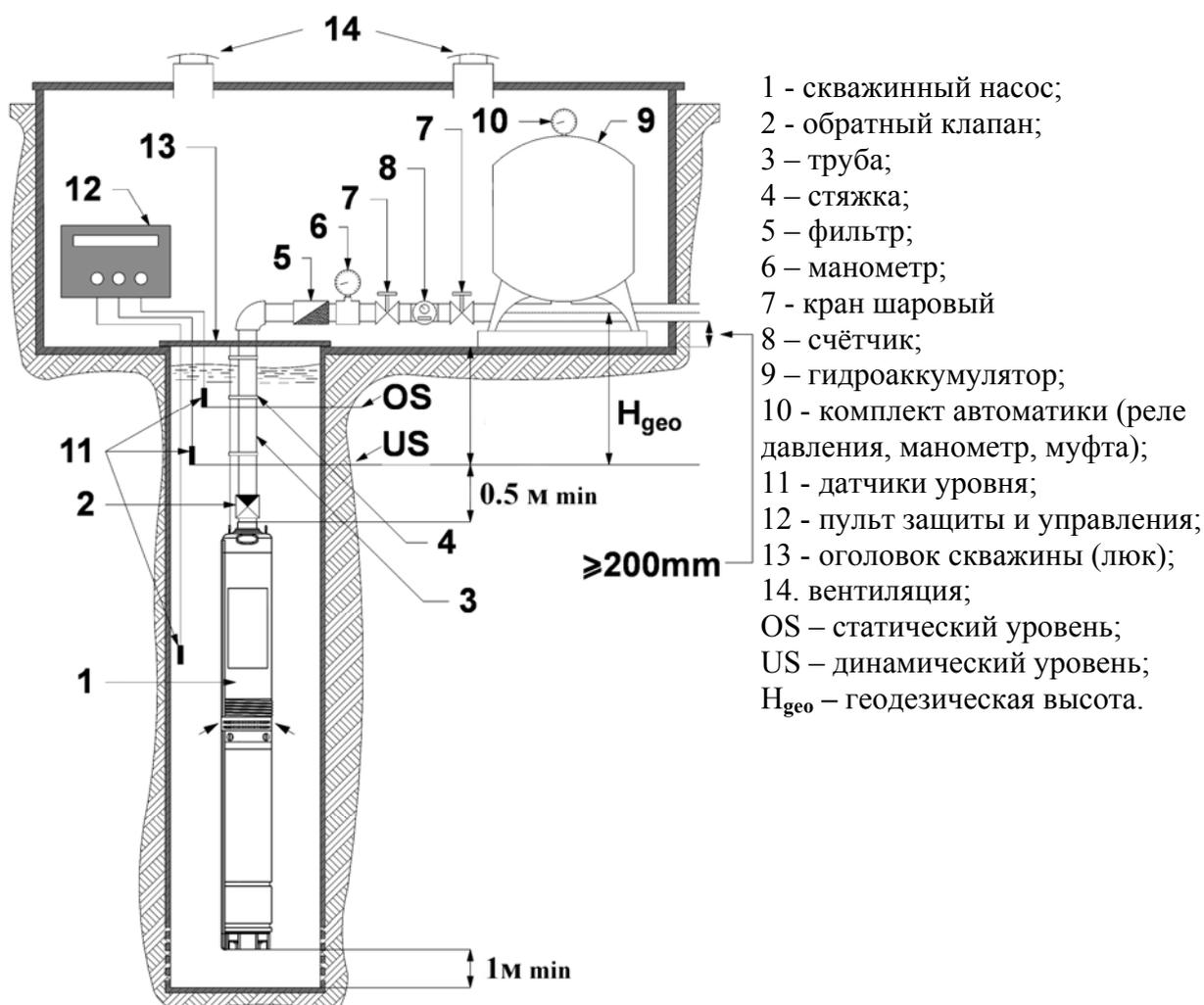
чтобы не повредить кабель электродвигателя и присоединенный к нему подводный кабель. Ни в коем случае не следует поднимать или опускать насос за электрокабель.

Расстояние между насосом и зеркалом воды не должно быть больше указанной на шильдике насоса, например,  $\nabla 5 \text{ м}$  – это означает, что насос можно заглубить в воду не более чем на 5 метров.

Расстояние, между насосом и динамическим уровнем воды должно быть не менее 1 м. Однако это расстояние может меняться в зависимости от дебита, диаметра скважины глубины и производительности насоса. Расстояние от насоса до дна скважины должно быть не менее 1 м.

С учетом длины трубопроводов внутренний их диаметр (свободный проход) должен быть таким, чтобы гидравлические потери давления на трение в трубах были бы как можно меньше. Поэтому свободный проход, как правило, не должен быть меньше присоединительного напорного размера патрубка насоса.

Так как в свежепробуренных или долго не работавших скважинах возникает опасность захвата больших объемов загрязнений, рекомендуется, при вводе скважины в эксплуатацию, прежде всего, произвести основательное откачивание насосом – т.е. без остановки насоса с дросселированием. Так как при остановке насоса песок, содержащийся во взвешенном состоянии в воде, выпадет в осадок между рабочим колесом и диффузором и при повторном включении насос может не запуститься (это применимо к скважинам с положительным дебитом т.е. дебит скважины больше или равен производительности насоса).



### Выбор кабеля

Поскольку электрокабель погружного насоса постоянно находится в погруженном состоянии, он должен быть стойким к воздействию перекачиваемой жидкости, а также к ее температуре. Кроме того, если перекачиваемая насосом вода используется в пищевых целях, применяемый электрокабель должен также удовлетворять гигиеническим требованиям по использованию материалов, контактирующих с питьевой водой. При выборе поперечного сечения электрокабеля должны выполняться следующие требования:

- кабель должен выбираться в расчете на максимальный ток электродвигателя;
- поперечное сечение должно выбираться настолько большим, чтобы падение напряжения по длине всего кабеля было в допустимых пределах (не превышало 4 %).

При подборе сечения кабеля можно воспользоваться приведенными ниже таблицами.

#### ОДНОФАЗНЫЙ 230В – 50Гц

МОЩНОСТЬ		сечение кабеля в мм <sup>2</sup>						
ДВИГАТЕЛЬ		4×1	4×1,5	4×2,5	4×4	4×6	4×10	4×16
кВт	л.с.	длина кабеля в метрах						
0,25	0,33	70	105	170				
0,37	0,5	60	90	140				
0,66	0,75	45	70	110	180			
0,75	1	35	50	85	140	210		
1,1	1,5	25	35	60	95	145	240	
1,5	2		30	45	75	115	190	305
2,2	3			30	50	75	125	200

#### ТРЕХФАЗНЫЙ 400В – 50Гц

МОЩНОСТЬ		сечение кабеля в мм <sup>2</sup>										
ДВИГАТЕЛЬ		4×1	4×1,5	4×2,5	4×4	4×6	4×10	4×16	4×25	4×35	4×50	4×70
кВт	л.с.	длина кабеля в метрах										
0,37	0,5	300										
0,55	0,75	250	380									
0,75	1	195	295									
1,1	1,5	145	215	380								
1,5	2	105	180	285	425							
2,2	3	70	110	180	290	440						
3	4	55	85	140	220	330						
4	5,5	40	60	105	165	260	416					
5,5	7,5		45	75	120	180	300	480				
7,5	10		35	65	95	135	220	340	585			
9,2	12,5			47	75	115	190	300	470			
11	15			40	65	95	180	260	405			
13	17,5				60	85	140	225	350	490		
15	20				50	75	125	195	305	430		
18,5	25					68	100	165	245	340	485	
22	30					49	85	130	205	285	410	670
30	40					38	63	96	152	210	305	425

### Электрическое подключение и защита электродвигателя

Подключение погружных скважинных насосов оснащенных однофазными электродвигателями, осуществляется согласно схеме, указанной в паспорте или в приложении к паспорту или на корпусе двигателя насоса.

Однофазные двигатели снабжены встроенным тепловым реле, которое отключает двигатель при перегреве, возникающем при его перегрузке или недопустимо высокой температуре рабочей жидкости.

Если у электродвигателя сработала тепловая защита, его включение произойдет только после достаточного охлаждения. Такие встроенные тепловые реле отключают насос при критических перегрузках насоса, и при нескольких отключениях тепловое реле выходит из строя. Для недопущения критических перегрузок двигателя **необходимо установить станцию защиты и управления типа “ТК 102” производства Украины или “PROTEC” производства Испании.** При нестабильном напряжении питания необходимо установить стабилизатор напряжения. Для подключения трехфазных электродвигателей к сети **необходимо установить станцию защиты и управления типа “ТК 112”.**

Для предотвращения поражения электрическим током в случае поломки двигателя насоса необходимо установить **УЗО**, срабатывающее при токе утечки 30 мА (устройство защитного отключения).

Если есть вероятность работы насоса без воды, необходимо предусмотреть защиту насоса от работы «в сухую».

**Внимание!** Подключение заземления является обязательным (желтый провод с зеленой полосой).

Если электродвигатель насоса трехфазный, обязательно следует осуществить контроль направления его вращения. Контроль направления вращения может производиться следующим образом:

1. Включают насос и замеряют производительность и напор насоса.
2. Выключают насос и меняют две соседние фазы на вводе к электродвигателю.
3. Включают насос и замеряют производительность и напор насоса.

*То направление вращения, при котором получится большая производительность и напор, является правильным.*

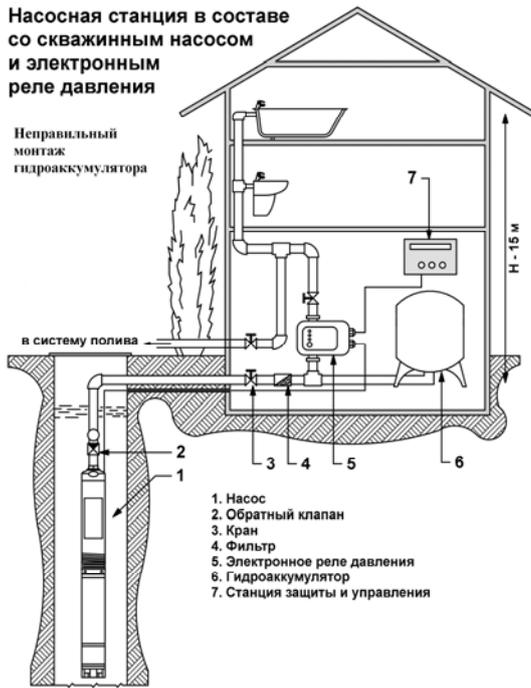
### Насосные станции в составе с погружными насосами

Насосная станция это агрегат, который состоит из насоса и комплекта автоматики (механической или электронной) работающей в автоматическом режиме, для поддержания необходимого давления в системах водоснабжения квартир домов коттеджей и т.д. На базе любого насоса можно получить насосную станцию, укомплектовав его необходимой автоматикой. Мы рассмотрели принципы работы станций с электронной и механической автоматикой, с частотным преобразователем. Мы рассмотрели расчёт и подбор поверхностных насосов. Большинство приведенных данных и алгоритмов применимо и к погружным насосам предназначенных для водоснабжения. Особенности рассмотрим на конкретных примерах.

**Важно!** Установка водоразборных точек и гидроаккумулятора между насосом и электронным реле давления запрещена, так как данное монтажное исполнение нарушит работу электронного реле давления.

**Насосная станция в составе со скважинным насосом и электронным реле давления**

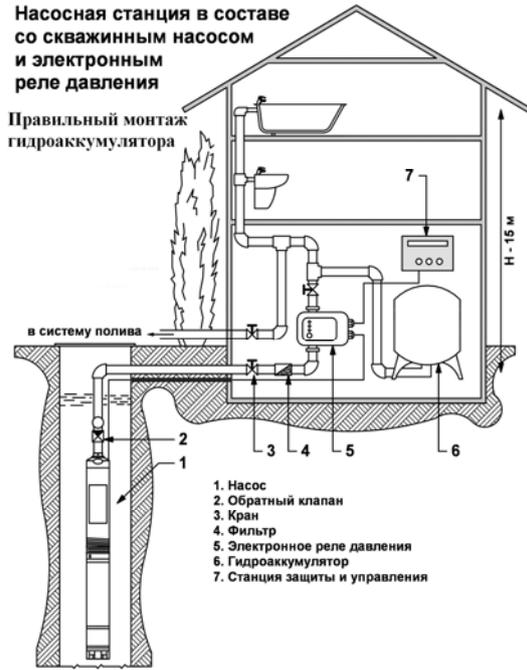
Неправильный монтаж гидроаккумулятора



1. Насос
2. Обратный клапан
3. Кран
4. Фильтр
5. Электронное реле давления
6. Гидроаккумулятор
7. Станция защиты и управления

**Насосная станция в составе со скважинным насосом и электронным реле давления**

Правильный монтаж гидроаккумулятора



1. Насос
2. Обратный клапан
3. Кран
4. Фильтр
5. Электронное реле давления
6. Гидроаккумулятор
7. Станция защиты и управления

Пример монтажа скважинного насоса с механическим реле давления  
Расположение водоразборных точек и гидроаккумулятора не регламентируется.



1. Насос
2. Обратный клапан
3. Кран
4. Фильтр
5. Комплект автоматики (реле давления, муфта, манометр, сбросник воздуха)
6. Гидроаккумулятор
7. Станция защиты и управления

### Словарь терминов:

- **Напор** - избыточное давление, создаваемое насосом.
- **Расход** объем воды перекачиваемым насосом в единицу времени.
- **Рабочая точка** - точка пересечения кривой характеристик насоса  $Q(H)$  с характеристикой сопротивления трубопровода  $S$ , соответствующая действующим значениям напора и расхода при работе на конкретную систему водопровода.
- **Дросселирование** - создание дополнительного сопротивления на напорном трубопроводе.
- **Рабочая характеристика** - график зависимости рабочих параметров насоса - напора и расхода  $Q(H)$ .
- **Мощность на валу** - потребляемая насосом мощность.
- **Статический уровень** - постоянный уровень воды в скважине.
- **Динамический уровень** - уровень воды в скважине, устанавливающийся при откачке удельного расхода.
- **Дебит скважины** - стабильный расход воды, обеспечиваемый скважиной.



### Статический уровень (OS)

Статический уровень – это исходный, не нарушенный откачкой насосом, другими словами, расстояние от поверхности земли до зеркала воды в скважине. Для измерения

показателя в скважину опускается гидрометрическая хлопущка или груз, которые, при достижении зеркала воды издадут характерный звук, всплеск. Далее вычитая от глубины скважины значение статического уровня, мы получаем величину столба воды в скважине. *В ряде случаев величина статического уровня может быть подвержена сезонным, а иногда суточным колебаниям, например, при гидравлической связи с поверхностными водами.*

### **Динамический уровень (US)**

Динамический уровень – это отметка поверхности воды в скважине при водоотборе из нее. Уровень воды в скважине снижается с увеличением величины водоотбора воды из скважины. Динамический уровень воды в скважине - это весьма важная характеристика, отражающая дебит скважины.

### **Дебит скважины**

Дебит скважины - стабильный расход воды, обеспечиваемый скважиной, т.е. то максимальное количество воды, которое скважина может выдать в единицу времени. По данному показателю подбирается насосное и водоочистное оборудование.

### **Обсадная труба (колонна)**

Обсадная труба (колонна) – это стальная или пластиковая труба, которая служит для укрепления стенок и изоляции ствола скважины.

Обсадная колонна выполняет следующие функции:

- Служит защитным кожухом для насосно-компрессорной колонны и другого оборудования, используемого в скважине.
- Сдерживает давление пласта и предотвращает растрескивание верхней, менее прочной зоны.
- Предохраняет скважину от обрушения.
- Удерживает добываемую воду в стволе скважины.
- Разделяет пласты и обеспечивает приток воды только из тех зон, которые определены гидрогеологом.

К сожалению, ни с одним видом насосов не происходит столько отказов и выходов из строя, как с бытовыми погружными скважинными насосами. Причина не в качестве оборудования, а в том, что проект и подбор осуществляют не профессиональные проектировщики, а сами владельцы частных домов или недостаточно квалифицированный персонал монтажных организаций. Откуда, например, неспециалисту знать, что двигатель подобранного с большим запасом насоса может сгореть, если при монтаже и настройке системы не вывести насос в рабочий диапазон.

Очень часто при эксплуатации скважины с небольшим дебитом реализуется схема:

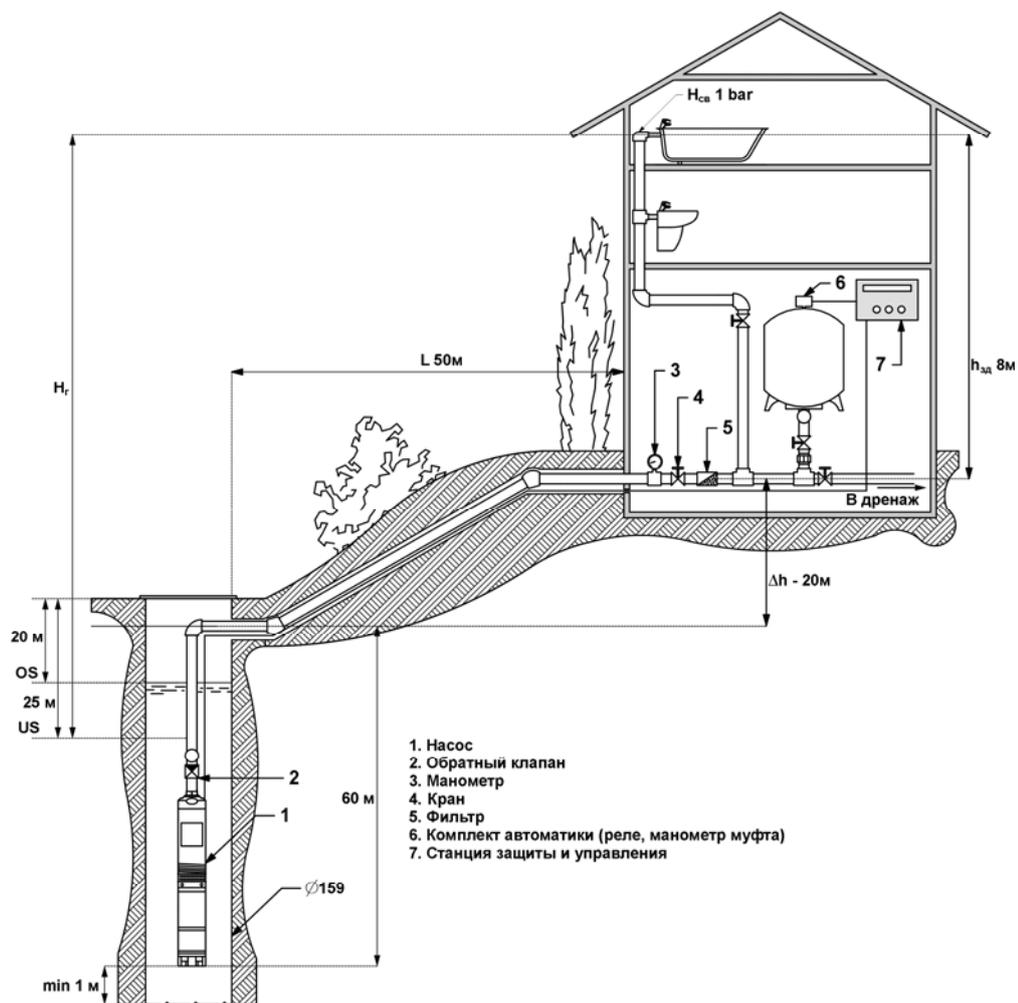
- погружной скважинный насос подаёт воду в промежуточную ёмкость
- для подачи воды потребителям устанавливают насосную станцию с поверхностным насосом

### Рекомендации по расчёту ёмкости резервуара чистой воды

Наиболее просто подобрать ёмкость в случае равномерного суточного поступления воды: из практики известно, что объём ёмкости равен 1/3 суммарного суточного расхода воды потребителями (из расчета 300 – 400 л/сутки на чел.).

### **Примеры расчета.**

1) Даны условия (см.рис.):  $D_y$  обсадной трубы – 159 мм, статический уровень (OS) – 20 м, динамический уровень (US)– 25 м, дебит скважины – 1,5 м<sup>3</sup>/ч, расстояние от скважины до дома (L) – 50 м, перепад высот ( $\Delta h$ ) – 20 м, высота диктующей точки ( $h_{зд}$ )– 8 м.



Расчет водопотребления в доме изложен подробно в теме «поверхностные насосы». Примем  $Q=1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В случае отсутствия паспорта скважины, дебит и динамический уровень придется вычислять опытным путем.

### Методика:

- определить статический уровень (гидрометрическая хлопушка, груз);
- погружаем насос на глубину с запасом (учесть параметр установки насоса от дна скважины - минимально 1,5 м, данные на шильдике насоса – максимальная высота зеркала воды над насосом) и работаем с дросселированием, т.е. в рабочей точке, обращая внимание на величину подпора (столб воды над насосом), небольшие временные интервалы (5-10 мин.).
- после остановок проводим замер уровня зеркала воды и, сопоставляя эти данные с известной производительностью насоса, находим дебит скважины.

Это несложно сделать, если уровень воды понижается незначительно. Если уровень падает значительно, то интервалы надо уменьшить (чтобы не осушить насос) и производить вычисления поднятого объема воды по формуле объема цилиндра ( $v = \pi r^2 h$ ), сопоставлять с известной производительностью насоса. Для нахождения примерного динамического уровня для данной скважины необходимо произвести несколько часовых циклов работы насоса в пределах расчетной рабочей точки насоса, производя замеры и вычисления.

### Важно!

- величина дебита может изменяться, в зависимости от времени суток и от времени года;
- у более глубоких скважин дебит больше;
- величина дебита, оптимально, должна на 10-15% превышать рабочую производительность насоса.

Для расчета требуемого напора используются формула:

$$N_{\text{расч}} = N_{\text{гео}} + S + N_{\text{своб}},$$

где  $N_{\text{гео}}$  – геодезическая высота подъема воды (разность отметок наиболее высокорасположенного потребителя и источника водозабора относительно динамического уровня воды) (численное выражение динамического уровня должно обязательно присутствовать в паспорте скважины);

$$N_{\text{гео}} = h_d + \Delta h + h_{\text{зд}},$$

где  $h_d$  - расстояние от поверхности земли до динамического уровня;

$\Delta h$  - перепад высот от скважины до здания;

$h_{\text{зд}}$  - высота здания до диктующей точки (до наиболее высокорасположенного потребителя);

$S$  - сумма потерь напора на трение в трубопроводе и местные сопротивления (арматура, фасонные детали, фильтры и т.д.):

$$S = \sum h_l + \sum h_m,$$

где  $\sum h_l$  - сумма потерь на сопротивление трубопровода+запас 15% на ухудшение пропускной способности при эксплуатации. Для расчета  $\sum h_l$  воспользуемся диаграммой потерь напора:  $\sum h_l \approx 1,5$  м при скорости движения воды 1,5 м/с и длине трубопровода 75 м;

$\sum h_m$  - сумма потерь на местные сопротивления (труб.арматура, колена и т.д.). Для расчета  $\sum h_m$  воспользуемся таблицей потерь напора:  $\sum h_m \approx 1$  м;

$N_{\text{своб}}$  - напор, который необходимо создать на самой удаленной и высоко расположенной водоразборной точке давления (диктующая точка).

$$N_{\text{своб}} = 1 \text{ бар} = 10 \text{ м в.ст.}$$

*Подставим известные данные:*

$$\text{Высота динамического уровня} = OS + US = 20+5 = 25 \text{ м};$$

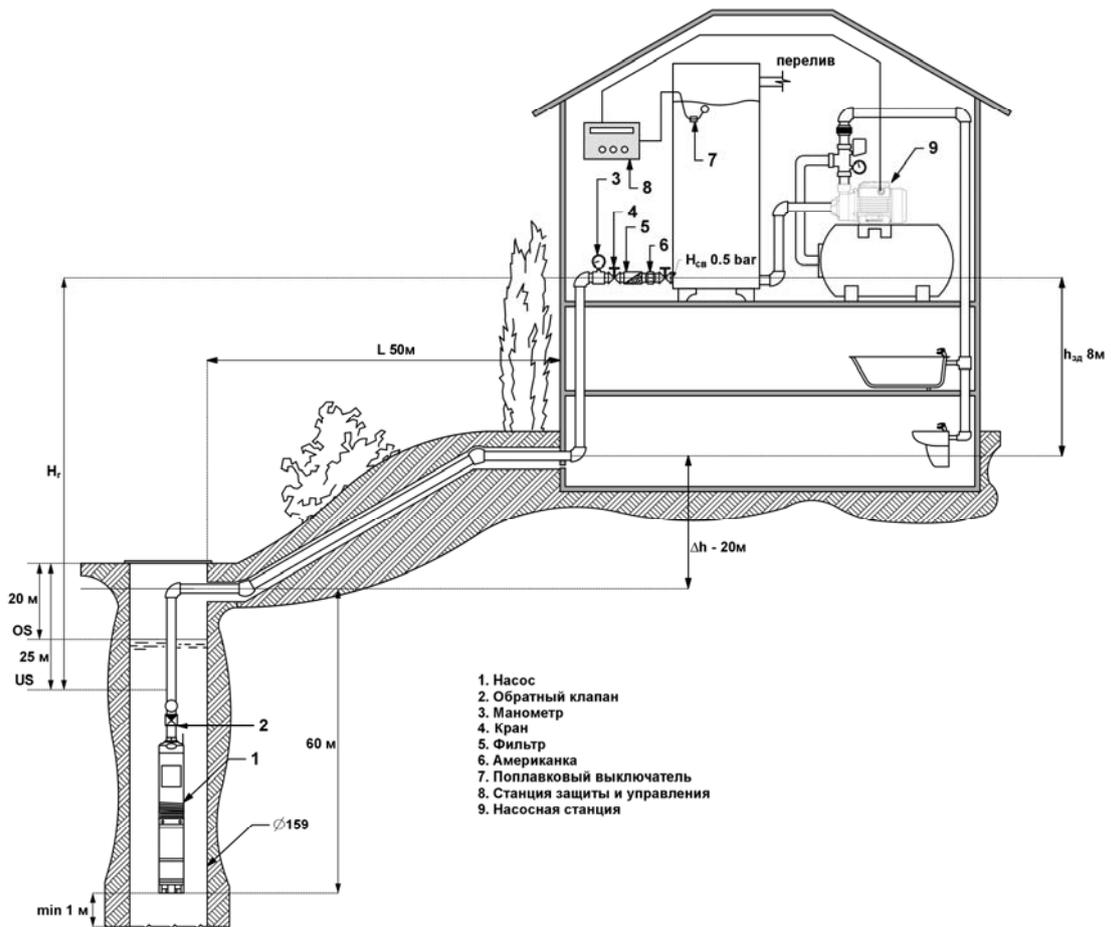
$$N_{\text{гео}} = 25+20+8 = 53 \text{ м};$$

$$N_{\text{расч}} = 53+(1,5+1)+10 = 65,5 \text{ м.}$$

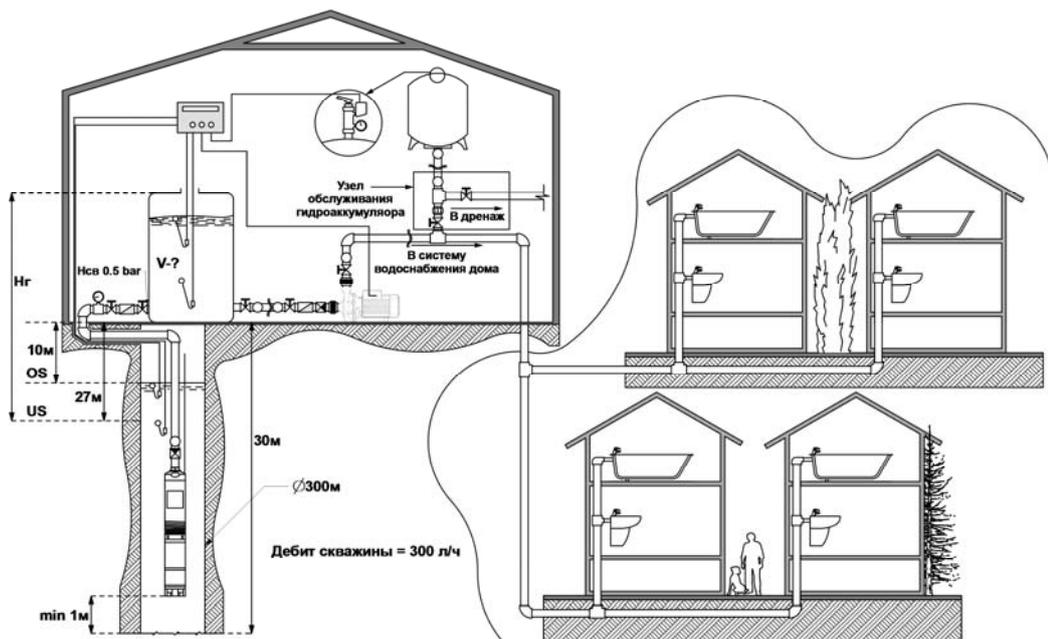
**Подбираем насос с рабочими характеристиками:**  $Q=1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 65,5 \text{ м}$ . При выборе насоса необходимо сделать запас 10-15% на пониженное напряжение в сети. Следовательно:  $Q=1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 72 \text{ м}$ .

2) Данные такие же, как и в случае, рассмотренном выше (см.рис.). Отличие – диктующая точка это не водоразборное устройство, а накопительная ёмкость.

Примем  $N_{\text{своб}} = 0,5 \text{ бар}$ .



3) Даны условия (см.рис.):  $D_y$  обсадной трубы – 300 мм, статический уровень (OS) – 10 м, динамический уровень (US) – 27 м, дебит скважины –  $0,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ , водоподача на четыре двухэтажных дома ( $Q_{\text{max}} = 6 \text{ м}^3/\text{сутки}$ ).



Задача: определить объём ёмкости (V), глубины расположения датчиков в скважине, соотносить с количеством включений насоса (20 вкл. /час, не более 40 раз/сутки).

Так как дебит скважины небольшой, подбираем насос в скважину для работы на наполнение промежуточной ёмкости.

$$H_{\text{расч}} = H_{\text{гео}} + H_{\text{своб}},$$

$$H_{\text{гео}} = h_d + h_e,$$

где  $h_d$  – расстояние от поверхности земли до отметки динамического уровня (в данном случае отметка динамического уровня будет равна отметке установки нижнего датчика);

$h_e$  – высота ёмкости.

$$H_{\text{гео}} = 27 + 2 = 29 \text{ м.}$$

(местными сопротивлениями и сопротивлением трубопровода можно пренебречь).

$$H_{\text{своб}} = 0,5 \text{ бар}$$

$$H_{\text{расч}} = 29 + 5 = 34 \text{ м}$$

Датчики и насос размещаем так, чтобы максимально использовать глубину скважины и соблюсти требования (*высота установки насоса от дна скважины – минимально 1 м, максимальное заглубление насоса не более указанной на шильдике насоса*).

По предложенной методике определим расход воды на вводе на все коттеджи,  $q_{\text{зд}}^{\Sigma}$ .

Количество жителей  $U = 24$  чел;

Количество приборов  $N = 40$  шт;

Расчётный расход прибора  $q_0 = 0,3$  л/с;

$P = 0,0087$ ;

$NP = 0,346$ ;

$\alpha = 0,57$

$$q_{\text{зд}}^{\Sigma} = 0,855 \text{ л/с} \approx 3 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Рассчитаем  $Q_{\text{сут.макс}}$  – расход воды в сутки максимального водопотребления,  $\text{м}^3/\text{сут}$ :

$$Q_{\text{сут.макс}} = 0,3 \times 24 = 7,2 \text{ м}^3/\text{сутки, так как дебит скважины } 300 \text{ л/час,}$$

В рассматриваемом нами примере из-за небольшого дебита скважины и большого требуемого расхода на входе в здания, правило подбора ёмкости из расчета  $1/3$  суммарного суточного расхода воды потребителями неприменимо. Надо увеличить объём ёмкости до  $2/3$  суммарного суточного расхода воды потребителями

$$V_{\text{ёмк}} = 7,2/3 \times 2 \approx 5 \text{ м}^3.$$

4) Даны условия (см.рис.):  $D_y$  обсадной трубы – 159 мм, глубина скважины – 80 м, статический уровень (OS) – 35 м, динамический уровень (US) – 40 м, дебит скважины –  $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , расстояние от скважины до дома (L) – 250 м, перепад высот ( $\Delta h$ ) – 15 м, высота диктующей точки ( $h_{\text{зд}}$ ) – 8 м.

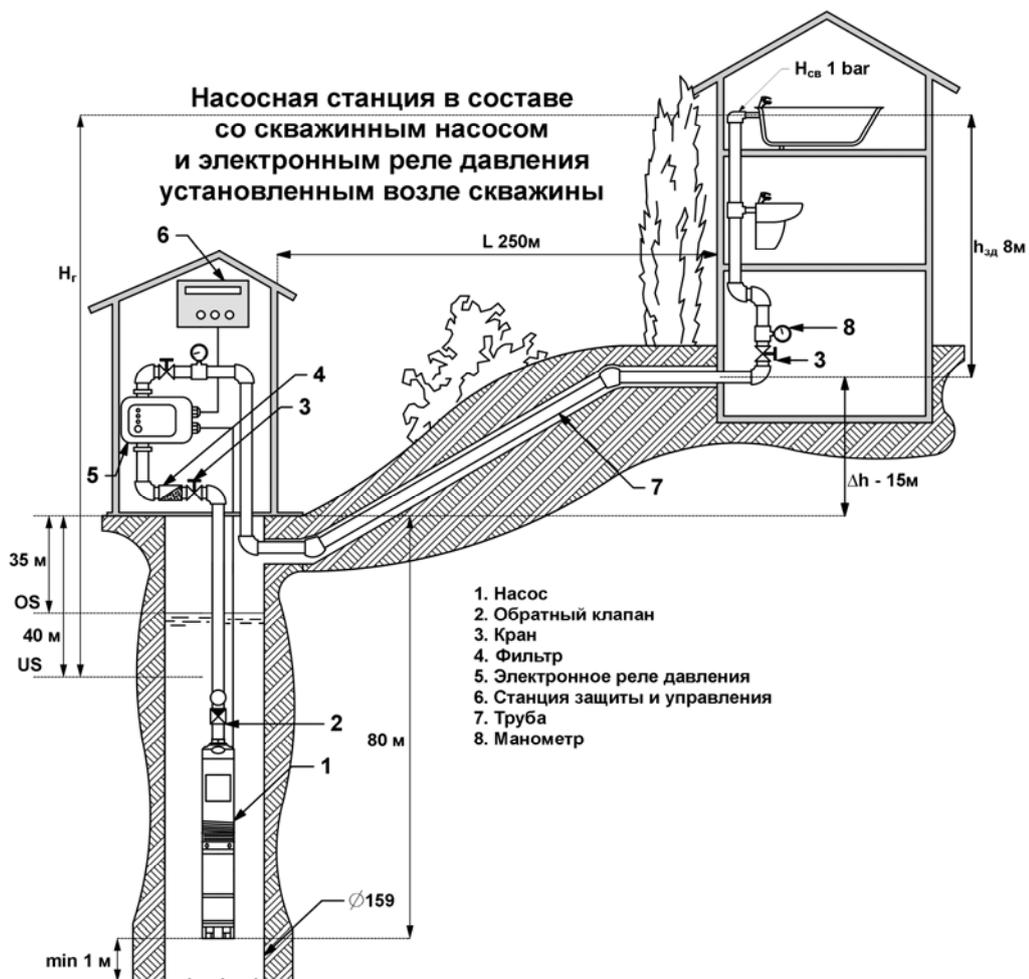
Примем -  $Q = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Задача: рассчитать параметры и подобрать скважинный насос с комплекте с электронным реле давления.

Для нерегулируемого электронного реле давления известны два условия:

$$P_{\text{вкл.}} - 1,5 \text{ бар, } P_{\text{выкл.}} - 2,2 \text{ бар.}$$

$\Delta h + h_{\text{зд}} = 15 + 8 = 23 \text{ м}$ , при расположении реле давления возле скважины на реле давления будет  $2,3$  бар давление (при выключенном насосе), следовательно насос не включится.



**Решение:**

*а) установить регулируемое электронное реле давления*

$$H_{\text{гео}} = h_{\text{д}} + \Delta h + h_{\text{зд}} = 40 + 15 + 8 = 63 \text{ м}$$

$$H_{\text{расч}} = H_{\text{гео}} + S + H_{\text{своб}} = 63 + 5 + 10 = 78 \text{ м}$$

Установим на реле  $P_{\text{вкл}} = 2,4$  бар, (учитывая,  $(\Delta h + h_{\text{зд}}) = 15 + 8 = 23$  м – не превышает  $P_{\text{вкл}}$ ).

$P_{\text{выкл}} = 2,4 + 0,7 = 3,1$  бар (минимально допустимое давление насоса, развиваемое на «закрытую задвижку»).

$$H_{\text{расч}} - h_{\text{д}} = 78 - 40 = 38 \text{ м.}$$

$38 - 5 = 33$  м, условие при котором электронное реле давления отключит насос выполняется

**Важно!** При подборе насоса, особенно при комплектации его электронным реле давления, надо учесть запас по напору (минимально 5 м), при случае понижения напряжения в электрической сети.

*б) переместить расположение реле давления в здание*

**Условия** (см.рис.):  $D_{\text{у}}$  обсадной трубы – 159 мм, глубина скважины – 30 м, статический уровень (OS) – 7 м, динамический уровень (US) – 11 м, дебит скважины –  $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , расстояние от скважины до дома (L) – 10 м, перепад высот ( $\Delta h$ ) – 1 м, высота здания ( $h_{\text{зд}}$ ) – 8 м

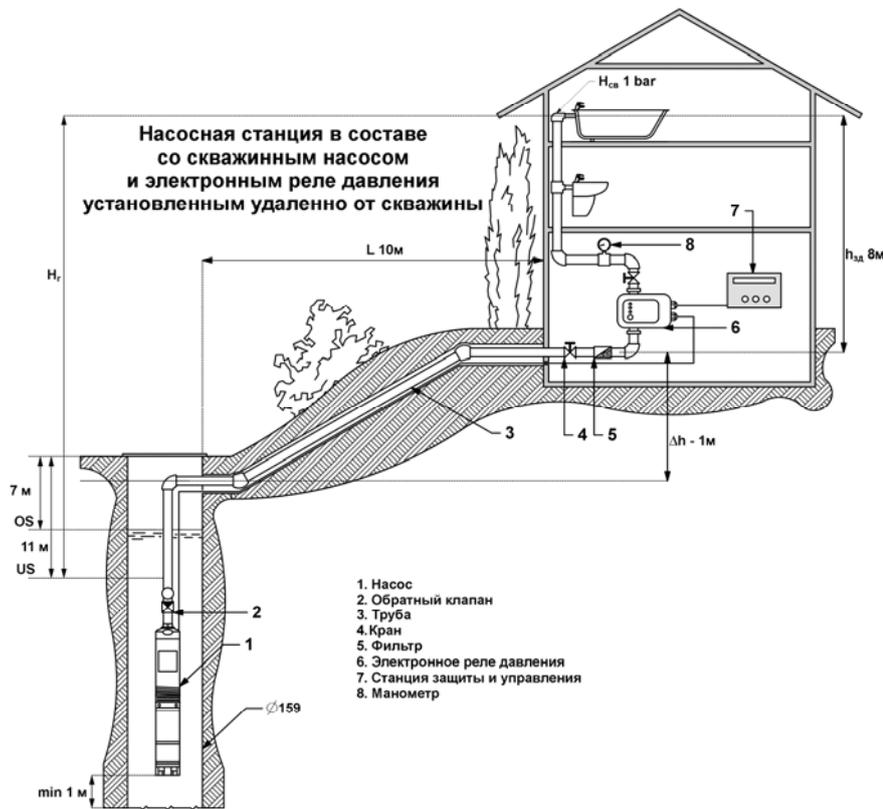
**Примем** -  $Q = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

$h_{\text{зд}} = 8$  м (не превышает  $P_{\text{вкл}} = 1,5$  бар) – условие включения насоса выполняется.

Условие  $P_{\text{выкл}} = 1,5 + 0,7 = 2,2$  бар, рассчитаем  $P_{\text{max}}$  насоса.

$$H_{\text{гео}} = h_{\text{д}} + \Delta h + h_{\text{зд}} = 11 + 1 + 8 = 19 \text{ м.}$$

$$H_{расч} = H_{гео} + S + H_{своб} = 19 + 2 + 10 = 31 \text{ м.}$$



$P_{выкл(пред. расчетное)} = H_{расч} - (h_d + \Delta h + S) = 31 - (11 + 1 + 2) = 17 \text{ м (1,7 бар)}$ , полученное значение меньше давления выкл. электронного реле давления (2,2 бар = 22 м), в этом случае реле работать не будет, поэтому нам надо добавить к полученному значению ( $H_{расч} = 31 \text{ м}$ ) – разницу, которая будет равна 2,2 бар (22 м) - 1,7 бар (17 м) = 0,5 бар (5 м).

**Получим:  $H_{расч} = 31 + 5 = 36 \text{ м}$**

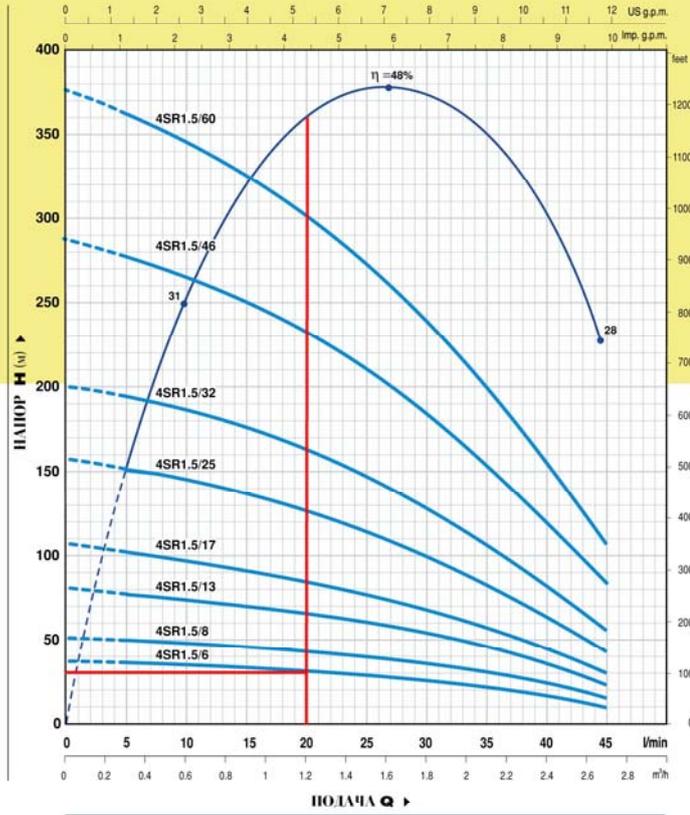
**Подберём насос по графику (смотри рис.) – 4SR1.5/6 ( $P_{max} = 38 \text{ м}$ ) – неправильно!!!**

**Важно!** При подборе насоса, особенно при комплектации его электронным реле давления, надо учесть запас по напору (минимально 5 м), при случае понижения напряжения электрической сети.

**Правильно!!!  $H_{расч} = 31 + 5 + (5...10) = 41..46 \text{ м}$  - насос 4SR1.5/8 ( $P_{max} = 50 \text{ м}$ ).**

# 4SR1.5

ХАРАКТЕРИСТИКИ при  $n = 2900 \text{ 1/мин}$



ХАРАКТЕРИСТИКИ при  $n = 2900 \text{ 1/мин}$

МОДЕЛЬ НАСОСА		МОЩНОСТЬ		Q											
				m³/h		0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7
Однофазный	Трехфазный	кВт	л.с.	l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	
4SR1.5m/6	—	0.25	0.33	H (m)	38	36	34	33	30	27	24	20	15	11	
4SR1.5m/8	4SR1.5/8	0.37	0.50		50	48	46	44	40	36	32	26	20	14	
4SR1.5m/13	4SR1.5/13	0.55	0.75		81	78	75	71	66	59	52	43	33	23	
4SR1.5m/17	4SR1.5/17	0.75	1		106	102	98	93	86	78	68	56	43	30	
4SR1.5m/25	4SR1.5/25	1.1	1.5		156	151	144	136	127	115	100	83	64	45	
4SR1.5m/32	4SR1.5/32	1.5	2		200	193	184	175	162	147	128	106	82	58	
4SR1.5m/46	4SR1.5/46	2.2	3		288	277	265	250	233	211	184	153	117	83	
—	4SR1.5/60	3	4		375	362	346	328	304	276	241	199	153	108	

Q = ПОДАЧА H = НАБОР В МЕТРАХ

ДОПУСК ХАРАКТЕРИСТИК ПО НОРМАМ ISO 2548

## АВТОМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ



Реле давления РМ-5, FSG2, FSG2J20, FYG22, FYG32,

**Реле давления** применяется в автоматических системах водоснабжения, поливочных установках, установках пожаротушения, системах кондиционирования и т.п. Рабочей средой систем, в которых используются данные реле давления, должна являться вода.

По принципу действия устройство представляет собой двухконтактное реле коммутации электрических цепей, срабатывающее по достижении соответствующих значений давления воды. В момент пуска контакты реле замкнуты, при условии, что давление в системе меньше предварительно настроенной величины (порог включения), то есть через них поступает питание на то или иное устройство (например, насос или дополнительный прибор управления), которым управляет реле. Разомкнется электрическая цепь только после того, как в системе давление достигнет значения, равного предварительно установленного (порог отключения).

Модель	Напряжение V	Ток A	Заводские настройки		Максимальный предел настройки давления отключения bar	$\Delta p_{\text{мин}}$	Соединение в.р.
			порог включения bar	порог отключения bar			
PM / 5	230	10	1,4	2,8	5	1	1/4"
FSG 2	230	10	1,4	2,8	5	1	
FSG 2 J 20	230	10	1,4	2,8	5	1	
FYG 22	230	10	5,4	7	7		
FYG 32	230	10	8	10,5	10,5		

Изменение заводских настроек осуществляется с помощью регулировочных винтов, расположенных под крышкой реле.

Минимальный перепад между давлением включения и давлением выключения ( $\Delta p_{\text{мин}}$ ) может быть не менее 1 или 1,1 бар (в зависимости от модели).

При прямом включении величина рабочего тока, проходящего через контакты реле, не должна превышать 10А.

Использование реле давления при повышенной влажности не рекомендуется (класс электрической защиты IP 44).

Обязательным условием для стабильной работы реле давления является наличие гидроаккумулятора (мембранного бака).

### *Как настроить реле давления?*

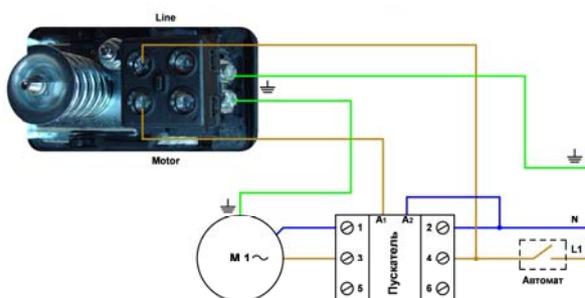
Записываем по манометру значения давления включения и выключения насоса (при работающем насосе). Отключаем питание от насоса и снимаем верхнюю крышку реле давления (как правило, отвернув один винт). Вы увидите два винта, один более большой, находится в верхней части реле, а второй, немного меньшего размера, находится под ним. Верхний винт отвечает за давление выключения и, как правило, рядом с ним находится буква "P" и стрелка со знаками "+" и "-". Затем вращаем винт в нужном направлении (если давление выключения необходимо поднять то вращаем по направлению знака "+", если опустить то в направлении знака "-"). Сколько вращать? Сделайте оборот (пол оборота, полтора - сколько хотите). После этого запускаем насос и

смотрим, при каком давлении он выключится. Запоминаем, выключаем питание насоса, и вращаем винт дальше, опять запускаем насос и записываем новое значение, таким образом, приближаясь к нужному значению.

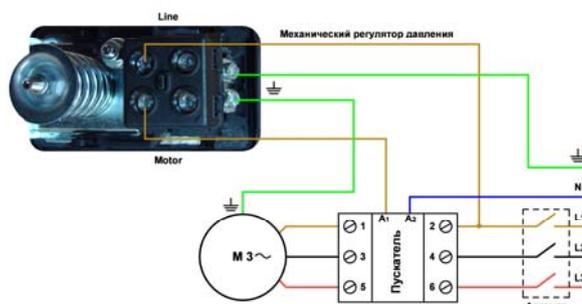
Нижний винт отвечает за разницу между давлением выключения и давлением включения. Как правило, рядом написано " $\Delta P$ " и находится стрелка со знаками "+" и "-". Настройка разницы давлений аналогична настройке давления выключения. Остается только один вопрос, какой она должна быть? Разница между давлением включения и выключения обычно составляет 1.0 - 1.5 бар. Причем чем выше давление выключения, тем большей может быть эта разница. Например, при заводских установках  $P_{вкл} = 1.4$  бар,  $P_{выкл} = 2,8$  бар разница составляет 1,4 бар, это как раз стандартное значение. Если мы хотим изменить заводские установки и поднять  $P_{выкл}$  до 4 бар, то разницу можно сделать в 1.5- 2 бар, т.е.  $P_{вкл}$  нужно установить на уровне 2.5- 2 бар. Надо понимать, что чем больше эта разница, тем выше перепад давления в системе, что не всегда комфортно. Но, в то же время, реже будет включаться насос, и больше воды поступит из гидробака до момента включения насоса.

Это справедливо только в том случае, когда насос может обеспечить требуемое давление (смотрите характеристику насоса). Т.е., если насос может выдать по паспорту только 3.5 бар (с учетом всех видов потерь), то настройка реле давления на выключение 4 бар ничего не даст. Насос не сможет обеспечить требуемое давление и, в данном случае, будет работать не останавливаясь. И если нужно все-таки именно 4 бар, то подбираем более мощный насос.

Коммутационная схема соединения механического реле давления с однофазным двигателем



Коммутационная схема соединения механического реле давления с трёхфазным двигателем



Модель FSG2J20 реализует дополнительную функцию- защиту от “сухого хода”. Принцип его действия следующий: первоначально группа контактов реле разомкнута и чтобы она замкнулась, необходимо при первом пуске повернуть и какое-то время удерживать в положении “START”, рычаг, расположенный на корпусе реле. Контакты реле замыкаются. При падении давления до 0,3 бар, контакты реле размыкаются. Водяной столб между реле и самой высокой точкой отбора не должен превышать 3 м.

Таким образом, реле FSG2J20 можно использовать как реле давления с функцией защиты от «сухого хода».

**Внимание:** при изменении заводских установок величин давления модели FSG2J20 изменяется порог срабатывания функции защиты от “сухого хода”.

### Реле сухого хода

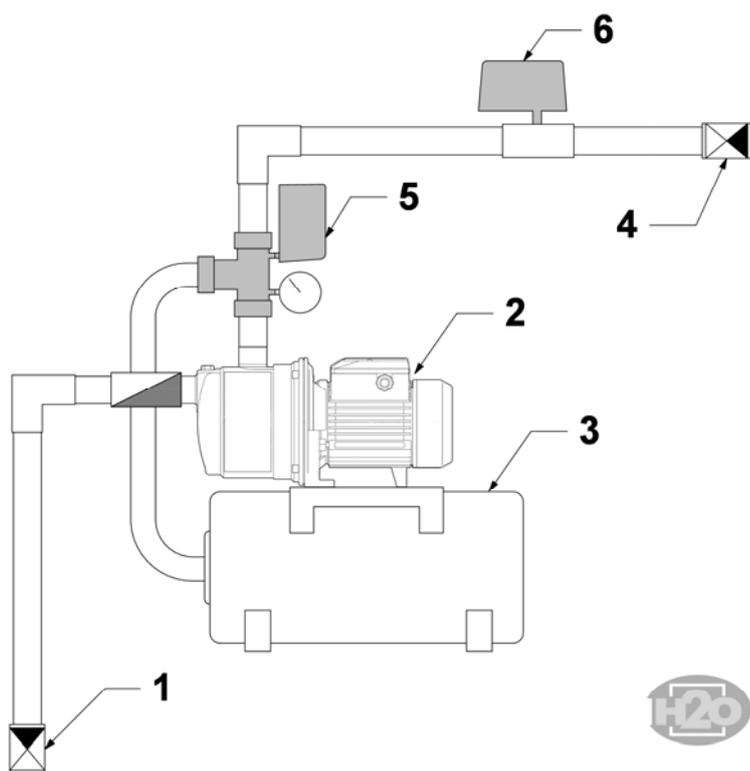
### Реле давления серии LP-3.

LP-3 – представляет собой электромеханическое устройство для защиты электронасосов от работы в «сухую», представляет собой двухконтактное реле коммутации электрических цепей, срабатывающее по достижении соответствующего значения давления воды.

Модель	Напряжение	Ток	Соединение	Рабочий диапазон давлений
LP-3	230±10%	10 А	1/4"	0.1-0.5 бар

**Принцип действия:** Первоначально контакты реле разомкнуты и чтобы они замкнулись, необходимо при первом пуске нажать и какое-то время удерживать кнопку красного цвета, располагающуюся на крышке реле. Контакты реле замыкаются. При падении давления до 0,4 -0,05 бар (зависит от предварительной регулировки), контакты реле размыкаются. Таким образом, LP-3 является устройством защиты от работы без воды «сухой ход» того или иного устройства, например насоса. Настройка реле производится путем расслабления или сжатия пружины, находящейся под крышкой устройства. Настройка на определенное давление производится с помощью манометра.

### Схема установки:



## Реле давления электронное или реле протока



Электронное устройство для запуска и остановки небольших однофазных электронасосов при открытии и закрытии водопроводного крана. У всех электронных регуляторов принцип работы одинаковый, они могут отличаться по конструкции и возможности изменения давления включения.

- Заменяет традиционную систему с расширительным баком,
- Поддерживает постоянную подачу и давление воды,
- Устраняет эффект гидравлического удара,
- В случае нехватки воды, обеспечивает автоматическую остановку насоса,
- Не нуждается в техническом обслуживании.

### Рассмотрим регуляторы давления без регулировки давления вкл.

Принцип действия: при открытии водопроводного крана, устройство запускает насос, который остаётся в запущенном состоянии все время, пока кран остаётся открытым. При закрытии водопроводного крана устройство останавливает насос и возвращается в состояние ожидания. Если произойдёт нехватка воды при всасывании, устройство распознаёт аномалию, загорается красная лампочка "Failure" (авария), затем устройство останавливает насос, предохраняя его от работы в сухую". После устранения причины остановки достаточно нажать красную кнопку RESTART (повторный запуск) чтобы возобновить нормальное функционирование. В случае временного отключения электроэнергии, устройство запустит насос автоматически при её подаче.

Значение давления выключения насоса не регулируется. Отключение происходит при достижении **max** значения давления производимого насосом на "закрытую задвижку". То есть, отключение происходит не по значению давления, а по прекращению протока через реле, соответственно проток через реле не прекратится до тех пор, пока по всей длине системы не будет достигнуто одинакового значения давления.

Насос включается при возникновении протока через реле (открытие крана) или (и) падении давления до значения 1,5 бар.

Давление, создаваемое насосом, должно быть не ниже 2,2 bar (*разница между давлением вкл и выкл должна быть не менее 0,7 bar, при меньшей разнице срабатывает «сухой ход»*) и не более 10 bar. Водяной столб между устройством и самой высокой точкой отбора не должен превышать 15 м. Температура жидкости до +60°C Степень защиты IP 65.

В случае работы с подпором, необходимо учитывать существующее давление центрального водопровода и максимальное давление насоса, так как давление насоса и водопровода суммируется и в сумме должно быть не более 10 bar.

Устройство монтируется непосредственно на выходной патрубок насоса.

При необходимости устройство может быть отдалено от насоса на любое

расстояние, при условии соблюдения минимального давления, создаваемого насосом именно в точке, где расположено электронное реле давления, не ниже 2,2 бар (например, в установках со скважинными насосами).

Между насосом и электронным регулятором нельзя устанавливать водоразборные устройства.

Минимальный проток жидкости через устройство 0,6 л/мин.

Электронное реле давления с регулировкой давления включения

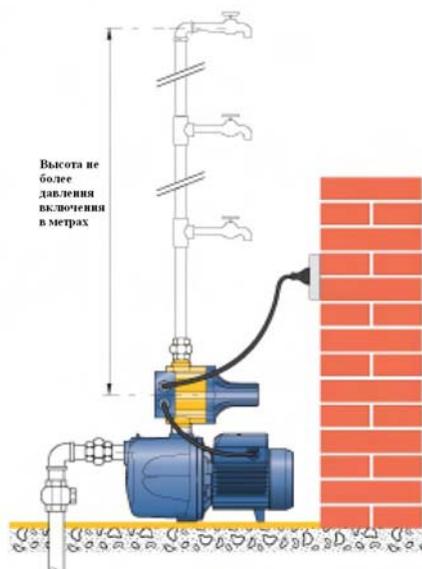
Все функции такие же, как и у реле давления без регулировки давления включения. Но, есть возможность изменять давление включения в большую или меньшую сторону. Что это дает.

Изменяя давление включения в меньшую сторону, мы можем установить насос с меньшим максимальным давлением, т.е. если максимальное давление, развиваемое насосом равно 2 бар, то давление включения насоса мы должны установить  $2 - 0,7 = 1,3$  бар.

При изменении давления включения в сторону увеличения, изменяется минимально допустимое давление насоса при работе на закрытую задвижку, т.е. при установке давления включения **3,5 бар**, минимально допустимое давление насоса будет равно  $3,5 + 0,7 = 4,2$  бар. Насос должен создавать давление, не менее 4,2 бар.

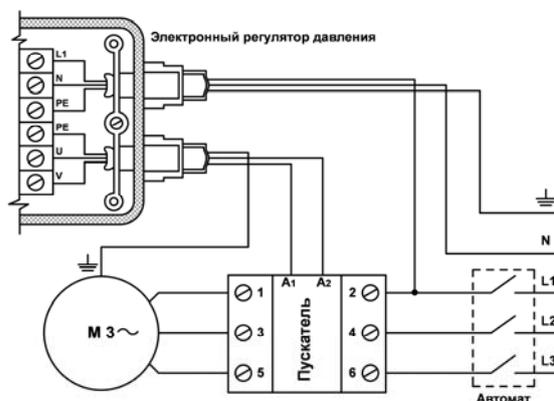
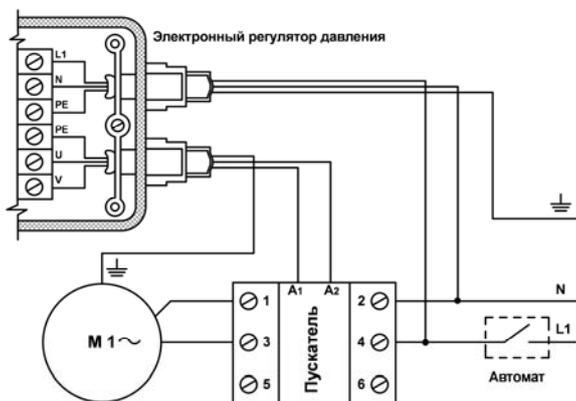
Следует помнить, что максимальная высота столба жидкости над электронным реле давления не должна быть больше значения давления включения, выраженного в метрах.

В некоторых моделях может встречаться таймер – при нехватки воды (срабатывании функции “сухой ход”) прибор при помощи таймера, способен произвести автоматический пуск насоса для последующей проверки наличия воды.



Коммутационная схема соединения электронного реле давления с однофазным двигателем

Коммутационная схема соединения электронного реле давления с трёхфазным двигателем



## Пульт управления и защиты прямого пуска для однофазных и трёхфазных насосов

ТК - это комплексная защита двигателя насоса и соответственно самого насоса поверхностного и или погружного.

Модели:

ТК 102 - для однофазных насосов;

ТК 112 - для трёхфазных насосов.

Границы использования от 0,7 до 250 кВт (в зависимости от модели станции).

Из чего состоит станция «ТК»

1. Электронный блок или можно его назвать «мозг» всей системы.

2. Управляющая автоматика – эл.автомат, эл.магнитный пускатель, датчики тока.



### Принцип работы станции:

Вся информация о работе двигателя насоса поступает на электронный блок управления - «мозг» всей системы.

На питающих шинах или, проще говоря, на проводах каждой фазы установлены датчики тока – которые постоянно измеряют силу тока потребляемого двигателем насоса и передают измерения на электронный блок управления, который обрабатывает полученные измерения и, в зависимости от настройки станции и полученных измерений, подаёт сигнал на катушку эл.магнитного пускателя, замыкая или размыкая её (запуская или останавливая насос). Т.е. принцип работы станции простой - у нас есть двигатель насоса, который имеет определённую мощность и номинальный ток (которые задаётся в настройках станции), при изменении значения номинального тока двигателя насоса в сторону увеличения или уменьшения – т.е. отклонение от нормы, станция ТК мгновенно распознаёт аномалию и отключает насос. Например, насос заклинил или насос перегружен, работает не в своих параметрах (работает в кубках) – при этом величина тока, потребляемая двигателем насоса, увеличивается.

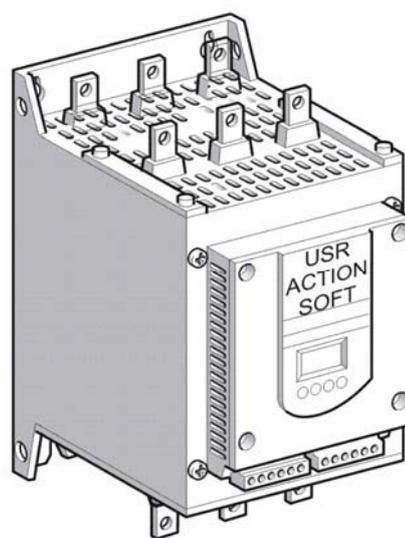
Кроме того станция ТК реализует ряд других функций:

1. Защита электродвигателя (ЭД) от различных нарушений питающей электросети – перекос или обрыв фаз.
2. Защита ЭД от токовой недогрузки ЭД (холостой ход, „сухой ход” и др.) так же как и в случае с токовой перегрузкой, только в данном случае с токовой недогрузкой. Двигатель насоса имеет номинальный ток при определённой нагрузке. В случае работы насоса без воды нагрузка исчезает, а потребляемый ток резко уменьшается – станция ТК мгновенно распознаёт аномалию и отключает насос. (Ток недогрузки или минимально допустимый ток задаётся в настройках станции и вычисляется для каждого насоса индивидуально экспериментальным путём).
3. Защита ЭД при коротких замыканиях (фазных или межфазных) в подводящем кабеле или ЭД.
4. Запрет включения ЭД при нарушении изоляции ЭД и подводящего к нему кабеля (только для сетей с глухозаземленной нейтралью).
5. Запрет на включение ЭД при частых его включениях и отключениях (количество вкл задаётся в программе).
6. Запрет на повторное включение ЭД после срабатывания защиты, до снятия блокировки защиты.
7. Настройка вставок защиты, учитывающих реальную мощность и нагрузку ЭД.
8. Возможность подключения световой и (или) звуковой сигнализации,

- срабатывающей при аварийной остановке насоса.
9. Индикация рабочего тока ЭД, кода защиты, неисправности и др. параметров на дисплее.
  10. Управление уровнем воды при водоподаче или дренаже (если установлены датчики уровня) или давлением при водоподаче (если установлен датчик давления воды в системе).
  11. Защита электронасоса от снижения уровня воды ниже допустимого (защита от "сухого хода") по сигналу датчика "сухого хода".
  12. Настройка режимов работы ТК (подача воды (нагнетание), откачка воды (дренаж) и типа используемых датчиков (электродные или другие датчики уровней или манометры)).

### Пульт управления и защиты плавного пуска для трёхфазных насосов

Пульт плавного пуска серии USR-AS Soft – это пусковое оборудование, объединяющее в себе электрические, электронные и компьютерные компоненты и современную теорию регулирования. Это изделие нового поколения, предназначенное для замены традиционных пусковых устройств (прямого пуска) обеспечивающее плавный пуск и остановку трёхфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором



#### В чем же отличие плавного и прямого пуска?

В настоящее время известные варианты пуска двигателей можно разделить на четыре основные группы:

1. **Прямой пуск;**
2. **Пуск с переключением со звезды на треугольник:** включение в обмотку статора пусковых сопротивлений; применение пускового трансформатора;
3. **Частотный пуск:** плавным изменением частоты и напряжения на двигателе – частотный преобразователь;
4. **Плавный пуск:** плавным изменением величины подаваемого на двигатель напряжения - устройство плавного пуска.

#### **Прямой пуск.**

Метод прямого пуска асинхронных электродвигателей имеет три серьезных недостатка – влияние на сам двигатель, на сеть и на технологический процесс: *Влияние на сам двигатель.* Пиковые броски тока в момент пуска превышают номинальный ток двигателя в 6-10 раз (см рис.1). Большой пусковой ток и частые пуски вызывают значительные термические перегрузки обмотки, следствием чего может быть ускоренное старение изоляции, ее повреждение и, как результат, межвитковое короткое замыкание.

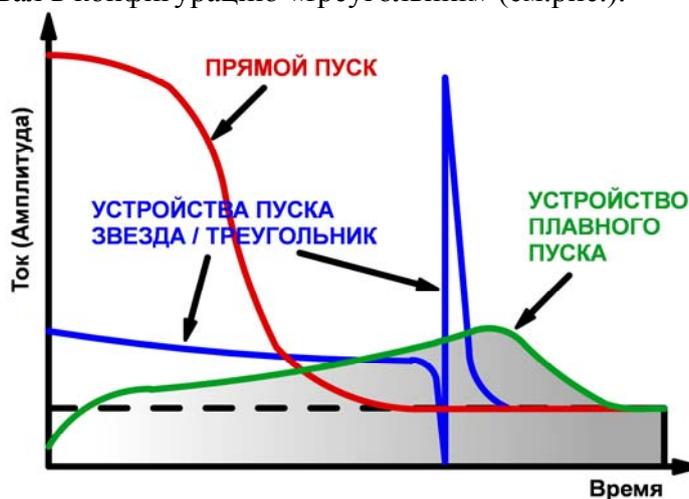
*Влияние на питающую сеть.* Появление больших пусковых токов при прямом пуске двигателя приводит к просадке напряжения в сети, что отрицательно сказывается на работе другого подключенного к ней оборудования (контроллеры, компьютеры, связь, терминалы релейной защиты и др.), а сам двигатель может не запуститься из-за снижения напряжения.

*Влияние на технологический процесс.* Прямое включение двигателей насосов вызывает гидравлический удар в трубопроводах систем водоснабжения или канализации в

результате чего снижается срок службы оборудования (задвижки, клапана и т.д.) и образуются прорывы ветхих участков труб и мест их соединений - соединительных муфт, фланцев, происходит значительная утечка воды и требуются значительные расходы на ремонт водопроводов, кроме того ударная механическая нагрузка на насосный агрегат при прямом пуске ведёт к преждевременному износу агрегата - подшипники, рабочие колёса, торцевое уплотнение и т.д.

### **Пуск с переключением со звезды на треугольник.**

При запуске двигателей в режиме "Звезда — треугольник", хотя и наблюдается облегчение пускового режима, но не снимаются все негативные последствия прямого пуска. Если асинхронный двигатель насоса (или другого механизма) запускается в режиме "Звезда — треугольник", то - на первом этапе пуска, обмотки двигателя коммутируются на питающую сеть таким образом, чтобы получить конфигурацию «Звезда» - затем, уже у запущенного двигателя, производится переключение обмоток через временной интервал в конфигурацию «треугольник» (см.рис.).



Это наиболее часто применяемый способ снижения пусковых токов. При пуске в положении «звезда», у двигателя, специально используемого для таких пусков, ток на треть ниже, чем при пуске путем прямого включения общепромышленного двигателя. Такой метод относительно дешев, прост и надежен. Но для механизмов с небольшим моментом инерции, например погружных насосов, или небольшой мощности наружных насосов, пуск по методу "звезда-треугольник" не очень эффективен либо даже неэкономичен. Дело в том, что диаметр рабочих колёс погружных или наружных насосов небольшой мощности невелик. Поэтому масса рабочего колеса такого насоса мала, вследствие чего мал и момент инерции. В результате насосам с малым моментом инерции для разгона от 0 до номинальной скорости об/мин. требуется не более пары десятков периодов напряжения сети. Это означает также, что насос при отключении конфигурации «звезда» и перед переходом к «треугольнику» (переключении тока) очень быстро, практически сразу же, останавливается.

Несколько иначе складывается ситуация у центробежных насосов, имеющих больший диаметр и большую массу рабочего колеса и обладающих соответственно более продолжительным моментом инерции. У электродвигателей мощностью свыше 45 кВт можно, как правило, достигнуть значительного снижения второго пика тока.

### **Частотный пуск электродвигателя.**

*Частотный пуск* двигателей решает все проблемы, однако использование преобразователя частоты только для пусковых режимов нецелесообразно, так как их

стоимость выше стоимости двигателя и для их настройки и обслуживания требуются специалисты высокой квалификации.

### **Плавный пуск.**

Там, где в процессе работы не требуется регулирование технологического процесса (например, поддержание заданного давления), наиболее эффективно применять менее дорогие устройства плавного пуска.

Устройство для плавного пуска электродвигателя представляет собой электронный прибор, плавно увеличивающий и или уменьшающий напряжение на выходе и соответственно пусковой ток путем фазового управления. Электронный прибор содержит регулировочный блок, где настраиваются различные эксплуатационные и защитные параметры, и силовой блок с встречно-параллельно включенными тиристорами. С его помощью пусковой ток ограничивают, как правило, величиной, в 2-3 раза превышающей номинальный ток (см рис. 1).

Наличие регулятора тока обеспечивает поддержание заданного значения тока практически в течение всего времени разгона или остановки двигателя с помощью увеличения или уменьшения напряжения на выходе прибора.

### **Применение устройства плавного пуска позволяет:**

1. устранить ударные токи в питающей сети и асинхронном электродвигателе при его пуске;
2. предотвратить гидравлические удары при включении и выключении насоса;
3. снизить потребление асинхронным двигателем электроэнергии в режиме малых нагрузок: реактивной в 4-5 раз, активной на 30-40%;
4. уменьшить нагрев асинхронного электродвигателя и повысить его срок службы;
5. повысить надежность эксплуатации, снизить износ оборудования повысить срок его службы.

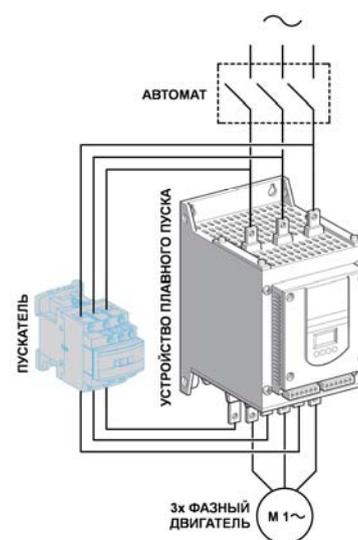
### **Функциональные возможности**

- плавный пуск двигателя с заданным темпом;
- плавный пуск с ограничением пускового тока;
- пуск с начальным импульсом тока. Применяется для насосов с тяжёлым пуском;
- плавное торможение. Рекомендуется применять для остановки насосов во избежание резких скачков давления в трубах;
- защита от перекоса фаз;
- защита от пропадания напряжения;
- защита от перенапряжения;
- защита от перегрева двигателя;
- защита от слишком длительного запуска двигателя;
- защита от обрыва входной или выходной фазы и защита от разбаланса напряжений в трехфазной системе;
- защита от перегрузки по току и короткого замыкания;
- защита от недогрузки по току.

**Применение пускателей в жилищно-коммунальном хозяйстве.** Сегодня устройства плавного пуска применяются на насосных станциях первого, второго и третьего подъема, водозаборных узлах, канализационно-насосных станциях, в системах водоснабжения.

#### Силовая схема с дополнительным пускателем (By-pass)

Как показано, устройство плавного пуска рекомендуется устанавливать вместе с обходным контактором, чтобы электродвигатель в процессе эксплуатации работал в режиме прямого присоединения к питающей сети. Тем самым обеспечивается минимальный износ и минимальные потери мощности в устройстве для плавного пуска. При этом сохраняется косвенный контроль всего технологического процесса и параметров двигателя.



#### **Частотный преобразователь**

На сегодняшний день частотный преобразователь один из самых совершенных и экономически обоснованный метод управления насосами. Рассмотрим более детально возможности частотного преобразователя и принцип его работы

Преобразователь частоты представляет собой статическое преобразовательное устройство, используемое для управления скоростью вращения асинхронных электродвигателей.

Асинхронные электродвигатели переменного тока значительно отличаются от электродвигателей постоянного тока. Это отличие достигается за счет простоты конструкции и удобства эксплуатации.

По этой причине асинхронные электродвигатели заметно преобладают, повсеместно используются и широко применяются во многих отраслях промышленности, энергетики, а также городской инфраструктуре.



#### *Принцип действия*

Регулирование скорости вращения электродвигателя производится путем изменения на выходе из устройства величины напряжения питания и частоты выходного сигнала. Коэффициент полезного действия (КПД) преобразователя составляет не менее 98 %, система управления на основе микропроцессора обеспечивает высокое качество управления асинхронным электродвигателем, контролирует множество его параметров, резко сокращая возможность возникновения и развития аварийных ситуаций.

В зависимости от способа преобразования энергии частотные преобразователи бывают двух видов:

1. Непосредственные;
2. Двухступенчатые.

В настоящее время более распространены преобразователи второй группы. Судя по названию не трудно понять, что данный тип преобразователей производит двойное преобразование формы сигнала. Действительно в силовой части преобразователя можно выделить выпрямитель, который преобразует переменный ток в постоянный, а также инвертор, выполняющий обратное преобразование.

Ввиду этой особенности преобразователи такого типа также называют преобразователями частоты со звеном постоянного тока.

Для чего необходимо преобразование переменного тока в постоянный – постоянный ток не имеет синусоиду, соответственно, можно легко изменять длину и частоту импульса, а у переменного тока это практически не возможно. Проще говоря, изменяя частоту и длину импульса постоянного тока и инвертируя его в переменный, мы можем получать переменный ток разной частоты.

По способу управления электродвигателем преобразователи можно разделить на следующие группы:

1. Со скалярным управлением;
2. С векторным управлением.

**Скалярное управление** двигателем широко распространено в промышленности и быту. Везде, где нагрузка имеет вентиляторно-насосный тип. В таких системах не требуется контролировать значение момента на нагрузке посредством привода, а основной регулируемой величиной является скорость вращения (вентиляторы, насосы).

**Векторное управление** двигателем приводом необходимо для управления моментом нагрузки. Спектр применения частотных преобразователей этого типа безграничен – лифты, эскалаторы, станки, краны и любые приложения с контролируемым моментом.

*Основные возможности частотных преобразователей специализированных для работы с насосами приведены ниже.*

Полная защита двигателя насоса: (27 степеней защиты)

1. защита преобразователя и двигателя от перегрузок по току
2. защита от нестабильного напряжения – выходное напряжение остаётся статическим при колебаниях входного
3. защита от пропадания одной из фаз на входе и на выходе
4. защита от перегрева двигателя
5. защита от замыкания фаз на землю
6. защита насоса от сухого хода по датчику давления (обрыв обратной связи) или от внешних источников – реле уровня, поплавковый выключатель или любое другое устройство контроля уровня

*Функциональные возможности частотного преобразователя*

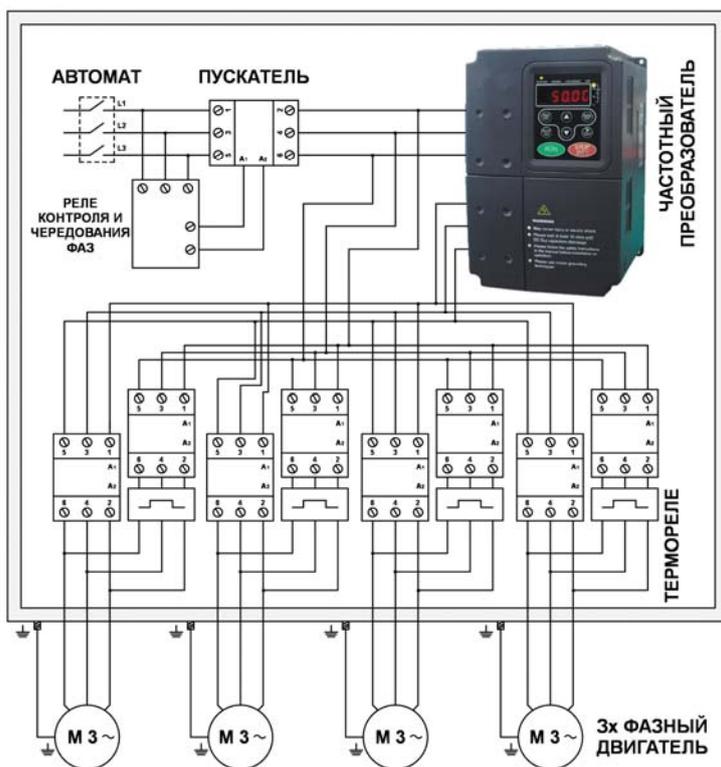
1. Регулировка выходной частоты в пределах от 0 до 600 Hz.
2. Плавный разгон и торможение двигателя, (что значительно уменьшает его износ) время разгона и торможения можно настраивать в пределах от 0.1 секунды до 60 минут.
3. Встроенный PID-регулятор. Позволяет оптимизировать режим работы привода в замкнутой системе регулирования. Для работы в этом режиме необходим датчик обратной связи - датчик давления. Замкнутая по обратной связи система позволяет точно поддерживать контролируемый параметр (давление в системе) вне зависимости от изменения других параметров (расход системы).
4. Подбор скорости. Иногда возникают задачи, в которых пуск преобразователя происходит при вращающемся роторе двигателя. В этом случае применяется функция подбора скорости. Преобразователь сначала вычисляет направление и скорость вращения ротора, после чего начинает разгон с этой скорости до необходимой, чем достигается гладкий догон мотора без перегрузок.
5. Возможность удалённой диагностики и настройки привода по сети интернет.

6. Учёт моточасов.
7. Установка времени работы прибора - по истечении времени работы прибор блокируется или подает сигнал об истечении времени работы.
8. Циклический метод работы – пуск и остановка двигателя по временному графику.
9. Управляемое торможение и автоматический перезапуск при пропадании сетевого напряжения.
10. Автоматический перезапуск после сбоя в работе или ошибки.
11. Возможность запуска насоса со встроенного и удалённого пульта управления.
12. Настраиваемые параметры двигателя:
  - Номинальная частота сети;
  - Номинальная скорость вращения ротора;
  - Номинальное напряжение;
  - Номинальный ток двигателя;
  - Номинальная мощность двигателя.
13. Отображение на дисплее рабочих параметров двигателя и кода ошибки или сбоя.
14. Пароль пользователя – функция для ограничения доступа в меню настроек посторонних лиц.
15. Возможность подключения однофазного двигателя на трёхфазный ПЧ.
16. Возможность подключения на один прибор до трех насосов (один частотно регулируемый и два вспомогательных включаемые по сигналу от ПЧ, напрямую).
17. Дополнительная интерфейсная карта, которая позволяет управлять 4-мя насосами.

#### **Интерфейсная карта и её возможности:**

1. Поддерживает разбиение суток на 8 интервалов времени, каждому из которых можно присваивать своё значение давления, которое будет поддерживаться системой. Т.е. давление может меняться в зависимости от времени суток.
2. Спящий режим: в этом режиме «малый» насос функционирует по своему алгоритму, а основные насосы «отдыхают».
3. Остановка при малом потреблении и энергосбережение: чувствительность PID анализатора изменяется в зависимости от объёмов потребления, что позволяет избежать проблем с «засыпанием» системы.
4. Периодическая ротация рабочих приводов: позволяет избегать простоя некоторых насосов в то время как другие перерасходуют ресурс.
5. Дренажный алгоритм: позволяет контролировать работу на опустошение ёмкостей – дренаж, контроль уровня и т.п.
6. Определены уровни жидкости: позволяет связывать уровень жидкости в резервуаре с требуемым давлением.
7. Карта хранит токовые характеристики каждого из насосов и защищает каждый привод по индивидуальным параметрам.
8. Записи об ошибках насосов.
9. Автоматическое исключение из работы вышедших из строя насосов.

**Рассмотрим алгоритм работы** каскадной частотно-регулируемой насосной станции состоящей из 2 насосов управляемой ПЧ с дополнительной картой расширения. Карта расширения представляет собой плату с релейными выходами и программой управления насосами совместимой с ПЧ. Для создания автоматизированной насосной станции помимо ПЧ и карты расширения нам потребуется несколько магнитных пускателей (по 2 на каждый насос) тепловое реле (по 1 на каждый насос) и реле контроля чередования фаз. Для поддержания давления, потребуется датчик соответствующего параметра, со стандартным выходом 4-20мА, который легко может быть подключен к соответствующему входу ПЧ. Вот, пожалуй, и весь набор оборудования.



При данной схеме включения и выбранном режиме каскадного управления, алгоритм работы ПЧ следующий:

- ПЧ, под управлением ПИД-регулятора запускает в работу первый двигатель насоса, двигатель разгоняется на максимальные обороты (3000 об/мин) и пытается достигнуть заданного значения давления.
- Если давление и производительности первого насоса оказывается недостаточно, то ПЧ прекращает работу с ним, делает предустановленную задержку времени, и подает релейный сигнал на контактор, который подключает первый двигатель насоса (с уже вращающимся ротором) к сети питания напрямую.
- После осуществления новой выдержки времени (также заранее предустановленной), ПЧ подает релейный сигнал на контактор второго двигателя насоса, запускает в работу второй двигатель насоса и управляет им до тех пор, пока заданное значение давления не будет достигнуто.
- Подключение новых двигателей насосов будет происходить до тех пор, пока не будет достигнуто заданное значение давления, либо пока не закончатся доступные двигатели насосов.
- Отключение двигателей при достижении заданного давления будет производиться в обратной последовательности.

Из этого алгоритма работы видно, что один ПЧ по мере надобности переходя от насоса к насосу вводит в работу необходимое количество насосов для поддержания заданного давления.

Основное преимущество такой организации каскадной частотно-регулируемой насосной станции - экономия средств на самой установке – так как один ПЧ может управлять 4 -мя насосами, отпадает необходимость установки на каждый насос ПЧ.

### *Немного об эффективности применения ПЧ*

- экономия электроэнергии (при существенных изменениях расхода), регулировка электропривода в зависимости от реального водопотребления (эффект экономии 20-50 %);
- снижается расход воды, за счёт сокращения утечек при превышении давления в магистрали, когда расход водопотребления в действительности мал (в среднем на 5 %);
- уменьшаются расходы (основной экономический эффект) на профилактический и капитальный ремонт сооружений и оборудования всей инфраструктуры подачи воды за счет резкого уменьшения числа аварийных ситуаций, вызванных в частности гидравлическим ударом, который нередко случается в случае использования нерегулируемого электропривода;
- ресурс эксплуатации запорно-регулирующего оборудования и насосов увеличивается минимум в 2 раза;
- комплексная автоматизация системы водоснабжения - тем самым снижая фонд заработной платы обслуживающего и дежурного персонала, и исключается влияние «человеческого фактора» на работу системы, что тоже немаловажно;
- срок окупаемости проекта по внедрению преобразователей частоты составляет от 3 месяцев до 2 лет.

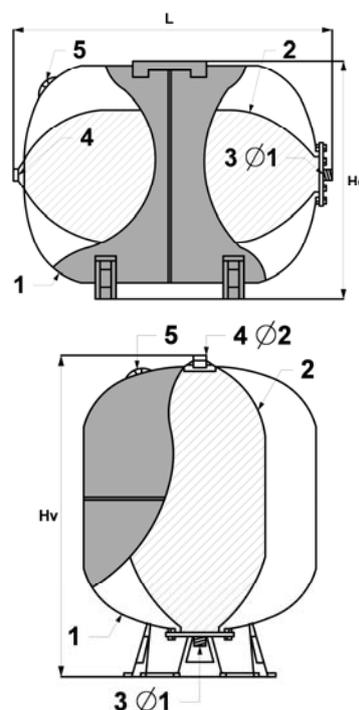
## ГИДРОАККУМУЛЯТОРЫ



Гидроаккумулятор – это устройство, встраиваемое в поддерживающую давление гидросистему, обеспечивает постоянную готовность системы к работе под стабильным давлением.

### Устройство гидроаккумулятора

Гидроаккумулятор имеет корпус (вертикальный или горизонтальный) (см.рис.), изготовленный из листовой высококачественной стали и покрытый порошковой краской - эмалью. Корпус гидроаккумулятора разделен сменной мембраной (2) на две камеры: водяную и воздушную. В воздушной камере находится предварительно закаченный на заводе азот. Контакт воды с металлическими поверхностями корпуса невозможен, так как вся вода поступает в водяную камеру - мембрану, материалом которой является бутил (износостойкий резиновый материал, не восприимчивый к воздействию бактерий и удовлетворяющий всем гигиеническим и санитарным нормам для питьевой воды). Со стороны воздушной камеры в корпусе располагается пневмоклапан (5), который предназначен для регулирования давления воздуха. Гидроаккумуляторы ёмкостью от 100 л и выше снабжены держателем мембраны (резьбовым штуцером диаметром 1/2 дюйма) (4), который может служить для сброса воздуха из полости мембраны и или установки группы автоматики давления. Поступление и выход из гидроаккумулятора воды осуществляется через резьбовой присоединительный патрубок (3).



Поступление и выход из гидроаккумулятора воды осуществляется через резьбовой присоединительный патрубок (3).

Гидроаккумулятор должен быть смонтирован таким образом, чтобы в будущем обеспечить его беспрепятственное обслуживание – слить воду из гидроаккумулятора не сливая при этом всю систему водоснабжения (см.рис.).

Диаметр соединительного трубопровода должен быть не менее диаметра напорного патрубка насоса, что позволит избежать лишних гидравлических потерь по длине трубопровода.

Главное назначение гидробака (гидроаккумулятора) в системе водоснабжения -

обеспечение плавного изменения давления во время работы насоса. Это дает нам возможность установить в систему реле давления или датчик давления, который сможет управлять работой насоса в автоматическом режиме. Поскольку вода практически несжимаема, то отсутствие гидробака вызывало бы мгновенное скачкообразное изменение давления в системе во время начала водоразбора. В этом случае реле давления работало бы в режиме постоянного включения/выключения насоса, что в конечном итоге привело бы к перегреву электродвигателя, или полной его поломке. Тем самым, именно гидробак ограничивает число кратковременных вкл/выкл насоса, что очень важно. Любой производитель насосного оборудования указывает их максимально допустимое количество включений в час. А плавное изменение давления обеспечивается конструкцией гидробака - разделением его на две полости (водную и воздушную) подвижной мембраной из специального материала. Например, если насос используется только для полива (допустим, качает воду из емкости на дождеватели) гидробак не нужен! Расход воды и создаваемое насосом давление зависят только от его характеристики. Повторно-кратковременных включений нет, запас воды в гидробаке тоже не нужен. После окончания полива насос просто выключается вручную. Применение гидробака в этом случае нецелесообразно. Только следим за отсутствием сухого хода (ставим в емкость поплавковый выключатель).

А если же насос предполагается использовать для автоматического водоснабжения дома, бегать включать насос вручную каждый раз, когда кому-то нужна вода, конечно же, никто не будет. Автоматизировать этот процесс можно с помощью реле давления, которое будет подавать команду на включение/выключение насоса. А реле, как уже говорилось, может работать только совместно с гидробаком.

#### Метод подбора, расчёт объёма гидроаккумулятора

Принцип «чем больше, тем лучше» подходит, решает проблему запаса воды и увеличивает срок службы насоса, вследствие уменьшения количества пусков. Ограничения: чем больше гидроаккумулятор, тем дороже его стоимость, и вода в слишком большом гидробаке имеет свойство застаиваться, что ухудшает её качество.

Исходя из накопленного нами практического опыта эксплуатации и монтажа, хотим дать вам практические рекомендации выбора гидроаккумулятора для небольших систем водоснабжения. А так же более детальный математический подбор и расчет гидроаккумулятора для больших систем водоснабжения.

Начнем с самого простого:

Насосная станция мощностью до 1 кВт, комплектуются гидробаком, обычно емкостью от 20 до 24 литров. Что это значит? А то, что на заводе-изготовителе уже все просчитано, и тем самым они подтверждают, что гидробака такого объема достаточно для правильной работы насосной станции. Средняя производительность насосной станции 2-3 м<sup>3</sup>/ч. Давление у всех примерно одинаково, в пределах 2.5-4 атм. Это комфортно и не вызывает больших нагрузок на систему. Конечно, насос включается довольно часто, но все работает прекрасно многие годы. Немного другой подход к скважинным насосам. У скважинных насосов возможная частота включения двигателя меньше, чем у поверхностных насосов, в этом случае для снижения частоты включения насоса, необходимо увеличить ёмкость гидробака. Гидроаккумулятор подбираем примерно 50-80 л для среднего расхода потребления 2.5-3.5 м<sup>3</sup>/ч. Но это относительно небольших бытовых систем водоснабжения.

Если необходимо рассчитать систему водоснабжения с большими параметрами расхода воспользуемся методикой подбора объема гидроаккумулятора, в основу которой положен международный метод расчета UNI 9182. В заводских условиях в бак закачан азот с начальным давлением  $P_n$  1,5 бар, которое может быть скорректировано на месте установки с учетом условий эксплуатации. Правильная настройка давления гарантирует

надежную работу всей системы водоснабжения и долгий срок службы мембраны. Это давление должно быть настроено на 0,5 бар ниже, чем давление включения насоса.

Точки включения и выключения насоса регулируются реле давления.

Минимальный общий объем гидроаккумулятора рассчитывается по формуле:

$$V = 16,5 \cdot \left( \frac{G_{max}}{a} \right) \cdot \left( \frac{P_{max} \cdot P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \right) \cdot \left( \frac{I}{P_a} \right), \text{ л,}$$

где  $G_{max}$  - максимальная производительность системы водоснабжения, л/мин;  
 $a$  - максимально допустимое число включений насоса в час (примерно 15, 40 раз), этот параметр устанавливает завод - изготовитель;  
 $P_{max}$  - давление выключения насоса;  
 $P_{min}$  - давление включения насоса;  
 $P_a$  - давление азота ( $P_{вкл} - 0,5$ );  
16,5 – коэффициент перевода единиц измерения.

### Рассмотрим пример:

Производительность системы водоснабжения 120 л/мин. Реле давления при 2,5 бара включает насос, а при 4,5 бара выключает. Завод регламентирует количество включений насоса не более 20 раз в час. Необходимо рассчитать минимальный объем гидроаккумулятора.

Находим давление заправки азота, оно равно:

$$P_a = 2,5 - 0,5 = 2 \text{ бар.}$$

Теперь можно рассчитать минимально необходимый объем ресивера, он равен:

$$V = 16,5 \cdot (120/20) \cdot ((4,5 \cdot 2,5)/(4,5 - 2,5)) \cdot (1/2) = 278 \text{ литрам.}$$

По типоряду гидроаккумуляторов подбираем ближайший в сторону увеличения. Это будет ресивер AFV300 литров, итальянской фирмы Elbi, с max рабочим давлением 10 бар.

Далее представим наши рекомендации по назначению порогов срабатывания реле давления систем водоснабжения индивидуального дома. Разница порогов срабатывания  $P_{max} - P_{min}$  определяет величину объема воды, выдаваемого гидроаккумулятором системы водоснабжения. Чем больше эта разница, тем эффективнее работа гидроаккумулятора, но мембрана в каждом цикле работы нагружается сильнее.

Значение  $P_{min}$  (давление включения насоса) определяется исходя из значения гидростатического давления (высоты воды) в системе водоснабжения вашего дома. Например, если высота между самой нижней и самой верхней точек разбора в системе равна 10 м, то давление водяного столба - 10 м (1 бар). Каким должно быть минимальное значение давления  $P_{min}$ ? Давление воздуха в камере противодействия гидроаккумулятора должно быть больше или равно гидростатическому, то есть в нашем случае – 1 бар. Нижний порог срабатывания  $P_{min}$  тогда должен быть несколько больше (на 0,5 бар) начального давления воздуха в гидроаккумуляторе.

Однако нам надо, чтобы система работала устойчиво. Самой критичной, с точки зрения стабильности работы, является наиболее высокая точка разбора (например, кран или душ на верхнем этаже). Кран работает нормально, если перепад давления в нем не менее 0,5 бар (на практике 1 бар). Следовательно, давление должно быть 1 бар плюс значение гидростатического давления этой точки. Таким образом, минимальное значение давления газа в гидроаккумуляторе  $P_0$  равно 1 бар плюс значение приведенного гидростатического давления в точке расположения гидроаккумулятора (расстояние по высоте между верхней точкой разбора и точкой расположения гидроаккумулятора). В нашем случае, если гидроаккумулятор расположен в нижней точке системы водоснабжения, минимальное значение газа в нем  $P_0 = 1 \text{ бар} + 1 \text{ бар} = 2 \text{ бар}$ , а порог срабатывания (включения) насоса  $P_{min} = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ бар}$ .

При назначении верхнего порога срабатывания системы автоматического водоснабжения  $P_{\text{макс}}$  необходимо учитывать несколько моментов, в первую очередь - напорную характеристику насоса. Значение напора, создаваемого насосом и выраженное в метрах водяного столба, разделенное на 10, покажет максимальное значение давления в барах. Однако при этом следует учитывать, что:

- в характеристиках насоса указаны максимальные параметры без учета гидравлических сопротивлений трубопроводов;
- напряжение электрической сети часто не соответствует номинальному значению 220 В, и реальные значения могут быть ниже;
- при максимальных значениях напора расход насоса минимален и система будет заполняться очень долго;
- при длительной эксплуатации характеристики насоса уменьшаются.

Учитывая вышесказанное, мы рекомендуем назначать величину верхнего порога срабатывания на 30% ниже, чем максимальное значение напора вашего насоса. В бытовых системах водоснабжения рекомендуемая разница между нижним и верхним порогами срабатывания – 1,0-1,5 бар. Эти значения наиболее приемлемы. Таким образом, для определения верхнего порога давления включения насоса мы рекомендуем:

1. определить нижний порог давления включения насоса;
2. к полученному значению прибавить 1,0 - 1,5 бар;
3. полученное значение сравнить с напорными характеристиками насоса.

Оно должно быть на 30% ниже максимального значения напора вашего насоса. Таким образом, можно проверить правильность подбора насоса и гидроаккумулятора или возможность использования существующего при установке дополнительного оборудования, потребляющего воду.

## КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ, ДРЕНАЖНЫЕ НАСОСЫ



Из названия насоса понятно его назначение:

Дренажные – для дренажа чистых или слегка загрязнённых вод.

Канализационные – для перекачивания канализационных сбросов.

В чем же принципиальное отличие между дренажными и канализационными насосами?

Принципиальные отличия дренажных насосов и насосов для канализации (фекальных насосов) заключается в возможности тех или других для работы с жидкостями, содержащими твердые и волокнистые включения. Для дренажных насосов, в зависимости от марки насоса, размер частиц допустим от 5 до 10 мм, а для насосов, работающих с канализационными стоками от 20 до 100 мм в диаметре.

Также, ярким отличием фекальных насосов от дренажных является использование своеобразных форм их рабочих колес, а также материала изготовления рабочей камеры и рабочих колёс, наличие или отсутствие режущего механизма.

### Виды сточных вод

Сточными водами называются любые загрязненные воды бытового и промышленного происхождения. К ним относятся: дождевая вода, вода, загрязненная в результате ее использования, в том числе в промышленной сфере, и т. д.

### **Бытовые сточные воды**

Бытовые сточные воды — это воды, используемые человеком в быту, содержащие органические и неорганические вещества, как в твердой, так и в растворенной форме. Обычно в бытовых сточных водах содержатся фекалии, волосы, пищевые отходы, чистящие и моющие средства, всевозможные химикаты, бумага, тряпки и песок. Кроме того, по незнанию или по причине несоблюдения правил в приемники сточных вод нередко выбрасываются и более крупные отходы.

Однако перечисленные ниже отходы и вещества не должны попадать в бытовые сточные воды, иначе это может привести к повреждению систем и периферийного оборудования:

1. крупные отходы, например, бытовой мусор;
2. твердые вещества, например, песок, зола, битое стекло и т. д.;
3. бытовые твердые отходы органического происхождения, например, овощные отходы, скорлупа, кости и т. д.;
4. тряпки, предметы женской гигиены и т. д.;
5. вещества, представляющие опасность (например, химически агрессивные растворители).

### **Дождевая вода**

Дождевая вода — это дождевые стоки, в которых могут содержаться загрязнения из воздуха, с крыш домов, поверхности земли и прочее. Степень загрязнения дождевых стоков зависит от географического положения, близости города, загрязнения воздуха и поверхности земли и от количества осадков. Загрязнения часто содержат масло, соль, песок и жир.

В разных климатических регионах показатели осадков колеблются. Показатели осадков различаются по их частоте и интенсивности.

Так как климатические условия изменяются, за более точными данными следует обращаться в метеослужбу или в региональные организации. Для приблизительных оценок можно брать значение 300 л/га, если паводок не принимается во внимание.

При расчете количества осадков исходят из того, что сильные дожди кратковременны и выпадают в виде ливней, а продолжительные дожди, наоборот, менее интенсивны. Количество осадков в единицу времени снижается по мере увеличения продолжительности дождя.

### **Промышленные сточные воды (= техническая вода)**

Отвод промышленных сточных вод требует их детального анализа, так как содержание в них химических элементов может сильно варьироваться, что представляет опасность для системы водоотвода. Чаще всего возникают повреждения в результате коррозии. Особому вниманию подлежат сточные воды предприятий текстильной и пищевой промышленности. Здесь наиболее ответственными являются выбор типа рабочего колеса (засорение), определение размеров шахты (из-за сильно различающихся стоков) и подбор устойчивых к коррозии материалов установки.

### **Конденсат**

Из-за низкого содержания ионов значение рН в конденсате ниже нейтрального равного 7, при этом его агрессивность резко возрастает. В соответствии с действующими в Германии предписаниями (например, ATV A251) не следует производить сброс конденсата прямо в канализацию, если соотношение компонентов смеси сточных вод, содержащих фекалии (высокое значение рН до выделения сероводорода), и конденсата (низкое значение рН) оценивается как опасное.

Свойства конденсата (ориентировочное значение):

Мазутная топка: от 1,8 до 3,8 рН (Обязательная нейтрализация!)

Газовая топка: от 3,8 до 5,3 рН

Установки мощностью до 25 кВт оцениваются как безопасные, так как при этом происходит достаточное разбавление сбрасываемого конденсата.

Установки мощностью до 200 кВт оцениваются как безопасные, если в одном и том же пункте объем сброса сточной воды в 25 раз превышает объем сброса конденсата, так как и в этом случае разбавление является достаточным.

При эксплуатации более мощных установок требуется общая нейтрализация перед сбросом конденсата в установку или в канализацию.

### **Морская вода**

В целом термин “морская вода” применяется в отношении воды океанов с различными концентрациями солей. При расчете одним из условий выбора материалов является наличие данных о концентрации отдельных составляющих. По причине высокой ионизации электропроводность таких вод составляет до 7500 мкСм/м. При электропроводности выше 3200 мкСм/м среда характеризуется повышенным коррозионным действием. Увеличение температуры вызывает усиление коррозии, что действует как ускоритель реакции. Ниже приводятся ориентировочные значения

различных концентраций ионов хлорида натрия:

Атлантический океан	3,0–3,7 % = 30–37 г/л
Тихий океан	3,6 % = 36 г/л
Индийский океан	3,5 % = 35 г/л
Северное море	3,2 % = 32 г/л
Балтийское море	< 2 % = < 20 г/л
Каспийское море	1,0–3,0 % = 10–30 г/л
Средиземное море	3,6–3,9 % = 36–39 г/л
Мертвое море	29 % = 290 г/л
Красное море	3,7–4,3 % = 37–43 г/л

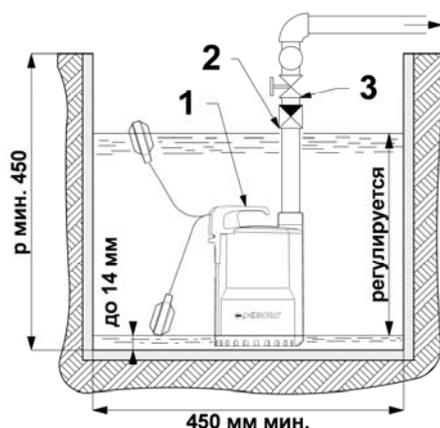
### Солоноватая вода

Солоноватая вода — смесь различных видов воды или сред, в которой вода является основным компонентом. При этом под термином “солонватая вода” понимается как смесь пресной и морской воды, так и смесь морской воды с маслами, бензином или фекальными компонентами. По причине неравномерной (в том числе во времени) концентрации компонентов возникают трудности при выборе используемых материалов. Обязательным условием при выборе материалов является анализ воды.

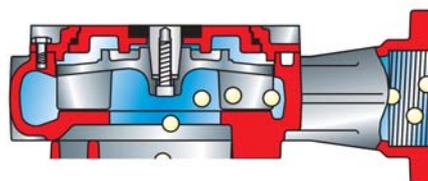
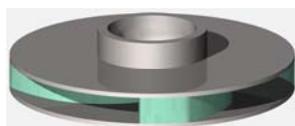
### Дренажные насосы

Корпус, рабочая камера и рабочее колесо в дренажных насосах в основном выполнены из пластика в некоторых моделях из нержавеющей стали. Рабочие колёса используются многоканальные (многолопастные) открытого типа или закрытого типа и имеют небольшой размер канала. Конструктивно рабочая камера дренажного насоса с открытым рабочим колесом устроена таким образом - лезвие рабочего колеса вращается в 5-ти мм от защитной пластины, самоочищаясь от взвешенных частиц. Таким образом, конструкция рабочей камеры и рабочего колеса позволяют перекачивать воду с примесями небольшого размера. Насосы с закрытым рабочим колесом имеют сравнительно высокий КПД и большой напор. При использовании насоса с закрытым рабочим колесом необходимо установить дополнительную решетку от крупных примесей. Часто бытовые дренажные насосы уже укомплектованы поплавком для включения насоса в зависимости от уровня воды. Поплавковый выключатель подает сигнал на включение насоса в случае заполнения подвала водой и отключит насос, после того как вся вода будет откачана, что одновременно является защитой насоса и от работы на «сухом ходе».

Многоканальные полуоткрытые рабочие колёса применяются в основном в дренажных насосах.



1 - дренажный насос; 2 - обратный клапан; 3 - задвижка



### Область применения дренажных насосов

Дренажные насосы используются для откачки чистой или загрязненной воды из

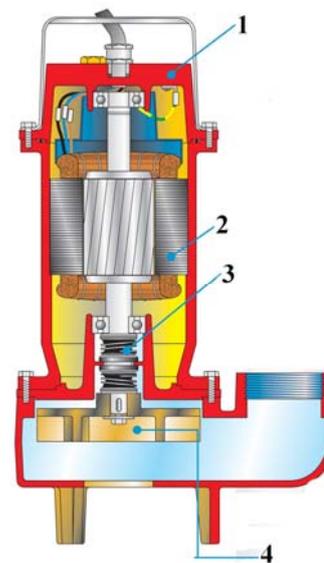
дренажных колодцев, котлованов, бассейнов и водоемов, ванн и аквариумов, переработки бытовых стоков, (стиральные и посудомоечные машины), для подачи воды в садовые фонтаны, для орошения садов и огородов, для осушения небольших канализационных отстойников.

### Канализационные насосы

Предназначены для перекачивания загрязненных вод – коммунальных, бытовых и промышленных, а также сельскохозяйственных. Условия перекачивания сточных вод и выбор формы рабочего колеса канализационного насоса должны тщательно анализироваться для каждого отдельного случая.

**Погружные фекальные насосы** выполнены в одном моноблочном корпусе вместе с электродвигателем. Надёжность уплотнительных элементов погружного фекального насоса полностью изолирует электродвигатель от контакта с перекачиваемой жидкостью, защищают от избыточного тепла и влаги. Наличие таких особенностей, как двойное торцевое уплотнение вала в маслonaполненной камере и маслonaполненный электродвигатель, гарантируют охлаждение насоса даже в случае погружения его в жидкость менее, чем наполовину.

Общие указания или универсальные рекомендации возможны лишь в ограниченной степени. В табл. 1 приведены основные параметры перекачиваемых сточных вод и шламов.



1 - корпус насоса; 2 – статор; 3 - двойное торцевое уплотнение в масляной камере; 4 - рабочее колесо

Таблица 1

Сточные воды	Газосодержание, %	Содержание волокон	Размер твёрдых частиц	Сухой остаток, %	Содержание песка, г/л
Дождевые и поверхностные	-	Низкое	Небольшой	-	0-3
Коммунальные: - бытовые - предприятий бытового обслуживания	0-2 0-2	Среднее Большое	Средний Большой	- -	0-3
Промышленные	-	Низкое	Небольшой	-	0-3
Сельскохозяйственные	0-2	Большое	Большой	0-5	0-3

### 1. Вихревое центробежное рабочее колесо или система VORTEX

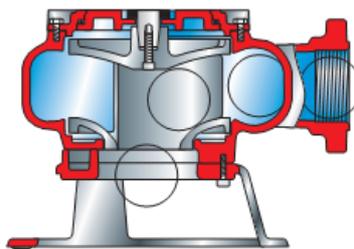
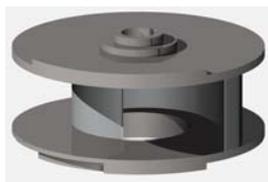
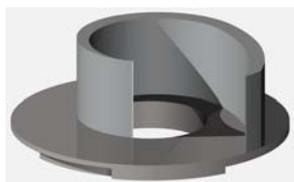


Что такое система VORTEX – в переводе «вихрь». Насосы с такой системой

оснащены открытым вихревым рабочим колесом, отведенным назад относительно всасывающей крышки и работающим по принципу жидкостного вихря. В сравнении с канальными типами колес свободное вихревое колесо характеризуется более низким КПД. Рабочее колесо вращает жидкость, находящуюся в корпусе насоса, создавая вихрь, который передает кинетическую энергию жидкости, выталкивая ее из нагнетательного патрубка, и всасывая новую жидкость из кругового прохода, предусмотренного в нижнем основании. Таким образом, удается передать энергию жидкости без необходимости ее проведения по узким каналам, задаваемым лопаткой рабочего колеса, а также обеспечить прохождение твердых частиц во взвешенном состоянии с присутствием удлиненных волокнистых тел, без опасности закупорки и засорения рабочего колеса.

Такая система обеспечивает лёгкий и даже полностью свободный проход жидкости. Поэтому, такие насосы являются идеальными для перекачивания сильно загрязненных или пенистых жидкостей; не очищенных коммунально-бытовых сточных вод; жидкостей, содержащих маслянистые, волокнистые или твердые вещества; жидкостей, включающих вещества, которые не могут быть измельчены; биологически активных жидких отходов; фекальных стоков животноводческих предприятий; дождевых и инфильтрационных вод бытового и промышленного происхождения.

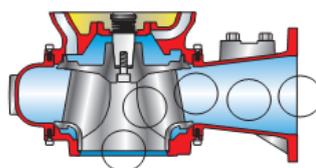
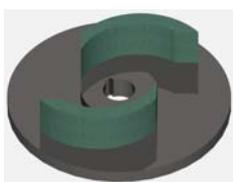
## 2.Одноканальное центробежное рабочее колесо



Одноканальное рабочее колесо для жидкостей с твердыми и волокнистыми включениями.

Насосы с одноканальным рабочим колесом обладают уникальной особенностью не засоряться, обеспечивают широкий и свободный проход жидкости, а также высокие эксплуатационные характеристики. Рабочее колесо открытого типа имеет больший свободный проход чем рабочее колесо закрытого типа однако рабочее колесо закрытого типа имеет больший КПД и напор. Насосы с однолопастными рабочими колёсами могут применяться для перекачивания сточных вод; загрязненных или фильтрованных биологических шламов; активного ила; дождевых или инфильтрационных вод, а также загрязненных хозяйственно-бытовых стоков гражданского и промышленного происхождения.

## 3.Двухканальное центробежное рабочее колесо



Насосы с двухканальными рабочими колесами отличаются от одноканальных более высоким КПД при одинаковых условиях работы, и поэтому являются более

экономичными. Однако величина свободного прохода в данном случае ниже. Рабочее колесо открытого типа имеет больший свободный проход, чем рабочее колесо закрытого типа однако рабочее колесо закрытого типа имеет больший КПД и напор.

Насосы с двухканальными рабочими колёсами применяются для перекачивания жидких отходов и сточных вод, содержащих твердые включения, необработанные или активные шламы; фильтрованных и не фильтрованных биологических жидкостей; дождевых и инфильтрационных вод бытового и промышленного происхождения.

#### 4. Насос с режущим механизмом



Рабочее колесо с режущим механизмом позволяет измельчать различные отбросы, которые транспортируются со сточными водами – куски ткани, шнуры и т. д. Режущий механизм устанавливается на входе насоса и включает неподвижную режущую пластину, закрепленную на корпусе насоса и подвижный нож, который вращается на одной оси с рабочим колесом. Такое исполнение насоса позволяет измельчать различные включения до поступления их в насос и обеспечивает возможность подачи сточной воды с измельченными примесями по напорным трубопроводам небольших диаметров. При выборе такого типа насоса нежелательно наличие в воде песка и других абразивных примесей.

Некоторые рекомендации по выбору оптимальной формы рабочего колеса приводятся в табл. 2. При высоком содержании газовых и длиноволокнистых включений свободновихревое является наилучшим решением. При высоком содержании волокнистых веществ получены хорошие результаты с открытыми одноканальными двухканальными рабочими колесами. При среднем содержании волокон, характерном для коммунальных сточных вод, предпочтение отдается закрытым однолопастным и двухканальным рабочим колесам вследствие их высокой эксплуатационной надежности. При экстремальной загрязненности промышленными отходами или бытовым мусором применяется свободновихревое рабочее колесо, несмотря на неудовлетворительную эффективность использования энергии.

Таблица 2

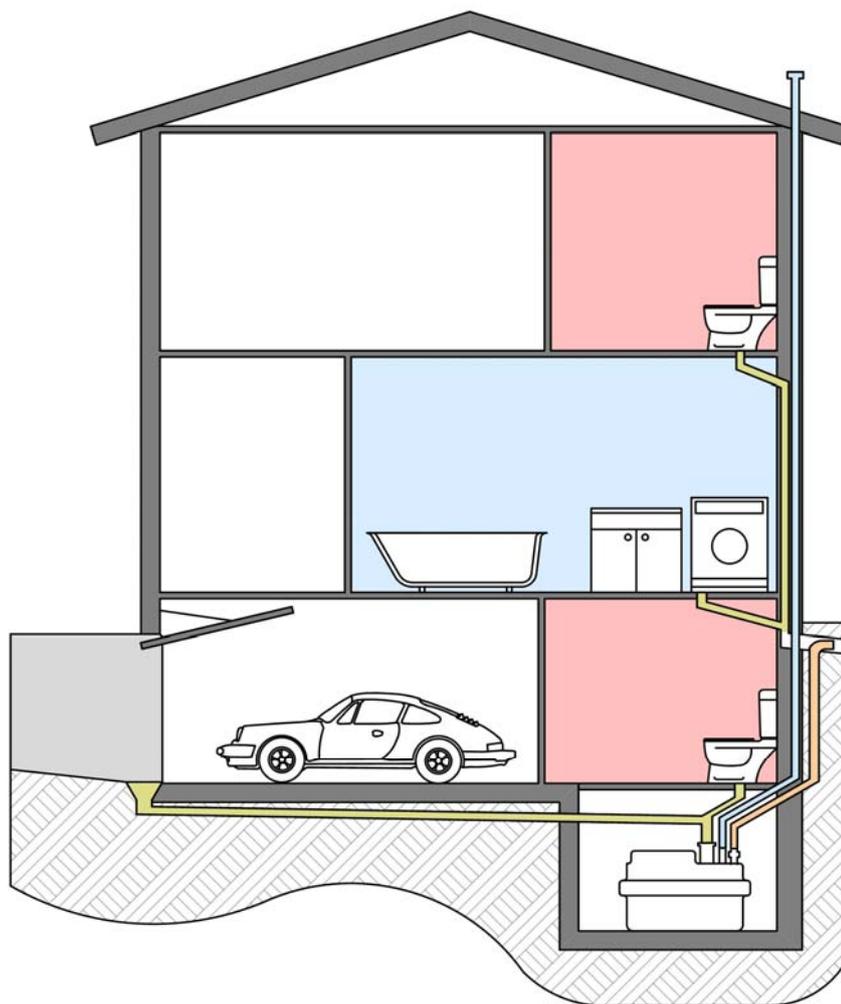
Тип рабочего колеса	Характеристика перекачиваемой среды				
	Газосодержание, %	Содержание волокон	Размер твёрдых частиц	Сухой остаток, %	Содержание песка, г/л
С режущим устройством	-	Среднее	-	2	-
Свободновихревое	8	Высокое	Большой	6	6-10
Закрытое однолопастное	2	Среднее	Большой	6	4
Открытое однолопастное	4	Высокое	Большой	6	6
Закрытое двухканальное	-	Низкое	Средний	4	4
Открытое двухканальное	4	Высокое	Средний	6	6
Многоканальное	-	Отсутствуют	Небольшой	4	4

О подобных конструктивных особенностях можно говорить еще довольно долго. К сожалению, многие продавцы, помимо данных, указанных на шильдике насоса (а это в основном подача, напор и мощность), сами не знают таких технических тонкостей и отличительных особенностей одних насосов от других.

### **Канализационные насосные станции**

1. Канализационные насосные станции фирмы «PEDROLLO» с пластиковым резервуаром 40,100,250,550 л и одним или двумя насосами.

Конструктивно они выполнены в виде полиэтиленового бака (одинарного или сдвоенного), в котором установлены дренажный или канализационный насос (с измельчителем или без, стальное, чугунное или пластиковое рабочее колесо, одно- или трёхфазное подключение), датчики уровня жидкости, запорная арматура, входные и выходные патрубки, патрубки для отведения газов. Установки могут оснащаться подъёмным устройством для насоса. Насос автоматически включается и выключается по сигналу от поплавковых датчиков уровня.



*Монтировать установку можно вне дома в земле или в подвале.*

*Преимущества:* очень просты в установке и эксплуатации, простой, но в тоже время функциональный пульт управления. Обширная область применения.



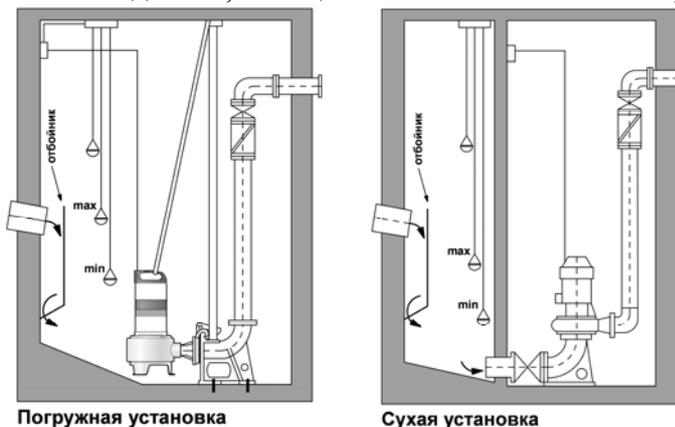
### Пульт управления:

- включает в себя настраиваемую защита двигателя насоса по току от перегруза;
- функции «Вкл, Выкл» насосов по уровню жидкости;
- возможность чередования работы насосов – рабочий, резервный;
- исключение из работы неисправного насоса;
- ручной и автоматический режим;
- функция перезапуска;
- возможность подключения звуковой и или световой сигнализации;
- индикация всех рабочих режимов.

### 2. Канализационные насосные станции со стационарной ёмкостью.

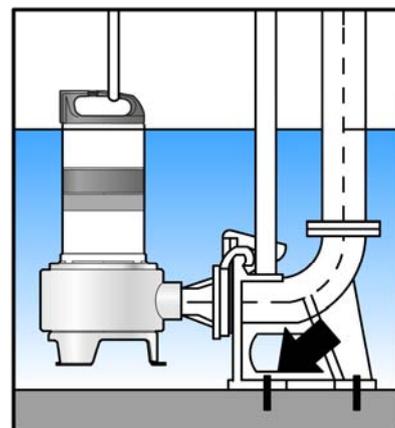
В зависимости от типа перекачиваемой жидкости, станция может быть ливневой, фекальной или комбинированного типа.

Насосы могут быть сухого или погружного типа (рис.1, 2), необходимые характеристики подбираются исходя из их конкретных требований по уровню высот, длины трассы, диаметра и материала трассы, а также из соображений стоимости и энергосбережения. Сухая установка только для насосов, предназначенных для сухой установки. При монтаже и демонтаже насоса, устанавливаемого в погружённом состоянии, насос за цепь опускается по направляющим и под собственным весом прижимается к напорному патрубку устройства для погружного монтажа насоса. Так же просто насос и демонтируется, нужно только потянуть за цепь и насос сам сойдет с устройства для монтажа и вы, по направляющим, сможете поднять его наверх.



**Внимание!** Запрещается погружать насос в воду больше величины маркированной на насосе или указанной в паспорте.

Количество насосов определяется индивидуально, как правило, их 1 - 3. Один насос ставится в простейшие недорогие станции частного типа. Два насоса ставятся в подавляющем большинстве случаев. При работе станции насосы включаются попеременно, а в экстренном режиме -

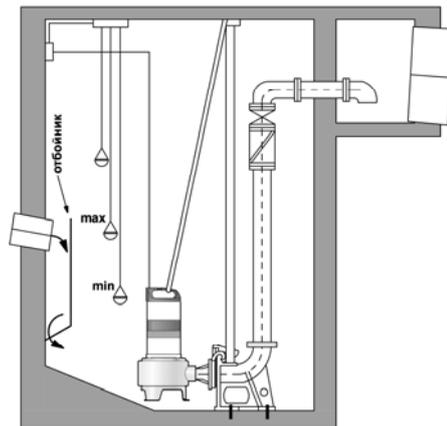
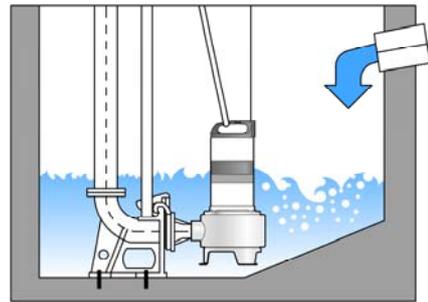


одновременно.

Попеременное включение в обычном режиме преследует две цели:

**Во-первых**, слишком частое переключение насоса отрицательно сказывается на его сроке службы. А более редкое включение более мощного насоса потребовало бы увеличения объема ёмкости, которое удорожило бы станцию в большей степени, чем система с двумя попеременно работающими насосами.

**Во-вторых**, при таком режиме насосы одинаково вырабатывают свой ресурс. Три насоса ставятся в редких случаях, в мощных станциях, когда требуется повысить надежность непрерывно работающей системы для возможности аварийной замены или ремонта одного из насосов. Также три насоса могут ставиться в случае, когда не хватает мощности одного насоса, а другие его характеристики (электрическая мощность, высота подъема) весьма точно соответствуют техническому заданию. В такой станции всегда одновременно включены два насоса, а один выключен; при этом каждый из трех насосов периодически оказывается выключенным. Насосная станция должна располагаться на такой глубине, чтобы из всей канализационной сети стоки самотеком попадали в приемный резервуар, при этом максимальный уровень воды в шахте должен быть всегда ниже кромки подводящего трубопровода. Необходимо избегать прямого попадания на насос потоков воды из подводящего трубопровода. Для снижения турбулентности потока и предотвращения возможности образования пузырьков воздуха в резервуаре (рис. 2 б) рядом с всасывающим патрубком и на входе в шахту устанавливается отбойный щиток. Нижний край щитка всегда должен быть погружен в воду, это означает, что он должен быть расположен ниже минимального уровня воды в сборном резервуаре (рис. 2 а).

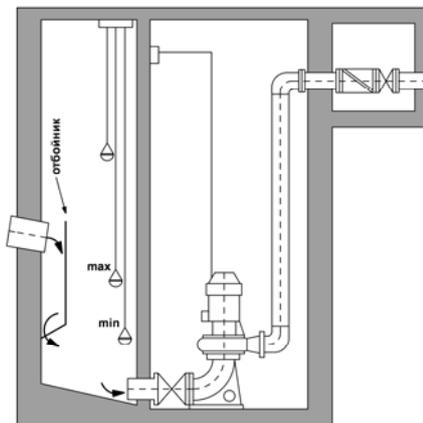
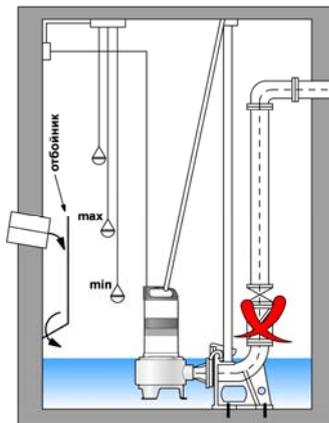


Дно приемного резервуара должно иметь уклон к входному патрубку насоса, чтобы избежать отложений, которые могут препятствовать работе насоса. Боковые стенки в нижней части шахты должны иметь скосы с углом наклона равным  $60^\circ$ .

В приемном резервуаре и машинном зале должна быть предусмотрена достаточная вентиляция.

Для насосов с расходом до 100 л/сек: для того чтобы избежать всасывания воздуха, высота зеркала воды над всасывающим патрубком должна быть не менее 0,5 м. Для «сухого» монтажа всасывающий трубопровод должен идти с постоянным повышением к входу насоса.

**Обратный клапан и запорная арматура** должны монтироваться таким образом, чтобы обеспечить к ним легкий доступ для проверки и очистки. При возможности запорную арматуру необходимо располагать в отдельном

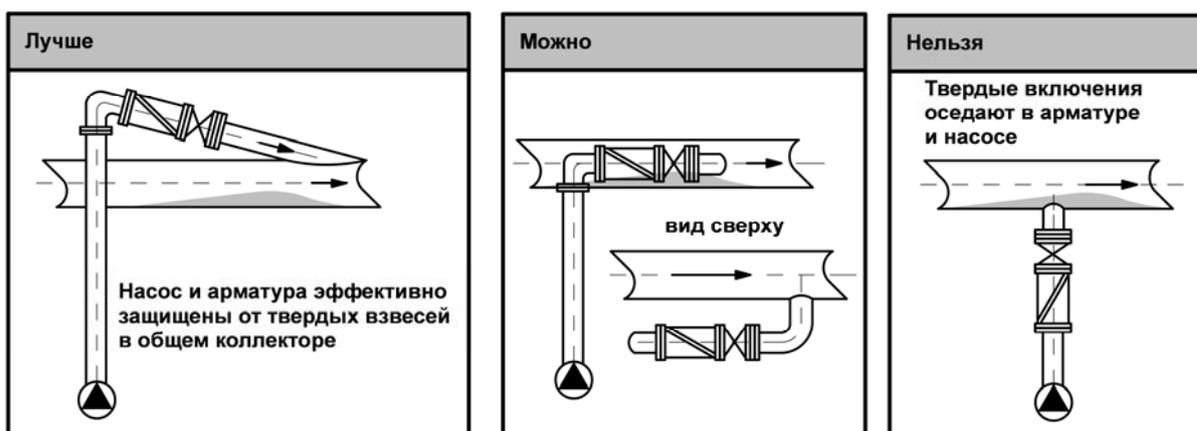


колодце.

Не допускается размещение обратного клапана непосредственно на насосе, то есть в нижней части напорного трубопровода

### **Подсоединение напорного патрубка к общей канализационной сети**

При перекачивании стоков нельзя допускать оседания взвешенных частиц на основных элементах, это может привести к нарушению в работе арматуры и насоса. Подключение напорного трубопровода не должно производиться к нижней части коллектора. В этом случае взвеси скапливаются в месте подключения и приводят к нарушениям в работе обратного клапана и насоса. Трубопровод должен всегда присоединяться к верхней части коллектора по направлению потока. Арматура (обратный клапан и задвижка) должны монтироваться перед местом присоединения к коллектору. Наилучший вариант подключения: подводящий трубопровод подсоединить к верхней части коллектора с направлением подсоединения сверху вниз.



### **Шкаф управления**

**Внимание!** шкаф защиты и управления является обязательной составной частью канализационных насосов и насосных станций.

Программу работы насосов задает шкаф управления, обеспечивающий полный контроль работы станции - отслеживает все рабочие режимы и сигнализирует о неисправности, обеспечивает чередование насосов, это устраняет проблему заиливания и заклинивания резервного насоса. Информацию об уровне воды в ёмкости шкафу управления дают поплавковые выключатели, устанавливаемые на разном уровне внутри корпуса. Количество выключателей обычно 2 - 3 шт.

Методики подбора и расчёта канализационного, дренажного насоса и насосной станции

### **ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ**

#### **Объем сточных вод**

Выход (количество) отводимых сточных вод варьируется в зависимости от типа здания, временного режима эксплуатации и распорядка дня проживающих и работающих в здании людей. Выход сточных вод может увеличиваться в результате выпадения осадков.

#### **Пропускная способность (DU)**

Среднюю пропускную способность различного сантехнического оборудования см. в таблице “Пропускная способность (DU) сантехнического оборудования”.

#### **Коэффициент стока С**

Коэффициент стока — это отношение величины стока к количеству выпавших на площадь водосбора осадков (например, на мостовую), обусловивших данную величину

стока (см. таблицу «**Коэффициенты стока С для расчета количества осадков**»).

### **Показатель стока К**

Показывает частоту пользования источниками сточных вод. В соответствии с этим каждый источник характеризуется своим безразмерным коэффициентом. (См. также таблицу “Показатель стока К для типичных источников стоков”)

### **Расчетное количество осадков**

Значения предоставляются местными службами. Если количество осадков для вашего региона не известно, то для предварительных оценок можно брать 300 л осадков на 1 га. Однако в любом случае это значение должно уточняться у официальных служб вашего региона.

### **Расчет притока сточных вод $Q_s$**

$$Q_s[\text{л/с}] = K \cdot \sqrt{\Sigma DU} + Q_b,$$

где К - показатель стока [л/с];

$\sqrt{\Sigma DU}$  - пропускная способность [л/с];

$Q_b$  - Величина стока при особой нагрузке [л/с].

### **Расчет притока дождевой воды $Q_r$**

$$Q_r[\text{л/с}] = ((C_1 \cdot A_1) + \dots + (C_z \cdot A_z)) \cdot r \cdot T_{(n)},$$

где  $C_1$  - коэффициент стока;

$A_1$  - площадь сбора дождевой воды [ $\text{м}^2$ ];

$r \cdot T_{(n)}$  - расчетное кол-во осадков [л/га].

### **Расчет суммарного стока $Q_m$**

$$Q_m[\text{л/с}] = Q_s[\text{л/с}] + Q_r[\text{л/с}].$$

### **Отвод воды под давлением**

Если безнапорная канализация (безнапорное водоотведение) по причине географических особенностей или из-за стоимости не может быть оборудована или ее использование является нецелесообразным, отвод воды может быть произведен при помощи насосных станций. В данном случае трубопроводы могут быть проложены в виде кольцевой или разветвленной сети от водоотводной зоны до очистного сооружения.

При этом диаметр труб насосов без режущих механизмов должен быть не менее DN 80 с PN 10. При оборудовании насосами с режущими механизмами могут применяться трубы диаметром DN 32.

Дополнительные причины для использования напорной системы отвода стоков:

- Не зависит от уклона местности.
- Высокий уровень грунтовых вод.
- Низкая плотность населенных пунктов.
- Тяжелый грунт.
- Временная необходимость в отведении сточных вод (кемпинги, базы отдыха и т. д.).
- Неблагоприятная экологическая обстановка.

### **Общесточная система**

Система для отвода дождевой воды, загрязненных и фекальных сточных вод через один трубопровод.

### **Раздельная система**

Водоотводная система, в которой дождевая и сточная вода отводятся по разным трубопроводам.

## Уровень обратного подпора

Уровень обратного подпора — это самая высокая точка на рельефе местности и, значит, до этого уровня может подниматься вода в трубопроводах установки. Расчет установок должен производиться таким образом, чтобы вода из канализации не могла попасть обратно в насосную установку. Такое возможно, например, во время штормов, паводков и сильных ливней, если коммунальная канализация не рассчитана на подобные объемы. Обязанность принятия соответствующих защитных мер возлагается на лицо, в ведении которого находится объект, или на владельца. Как показывает практика, для приблизительных расчетов в качестве уровня обратного подпора можно использовать уровень дорожного покрытия.

Также причинами возникновения обратного подпора могут быть очень сильные ливни, уменьшение свободного проходного сечения трубопровода в результате образования отложений или засоров, а также технические неисправности установленных дальше по течению насосных станций.

## Петля обратного подпора (гидрозатвор)

Петля обратного подпора представляет собой трубопровод, смонтированный на более высоком уровне (выше уровня обратного подпора). Такая петля является наиболее надежной защитой от обратного подпора.

В случае, если защита от обратного подпора является недостаточной или отсутствует, ответственность несет потребитель. Использование обратного клапана разрешено в технических помещениях, однако он не гарантирует защиту на 100 %.

## Звукоизоляция

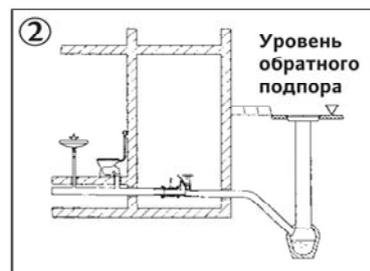
На начальном этапе монтажа необходимо принять соответствующие меры для снижения уровня шума. Это обусловлено тем, что последующее переоборудование связано с высокими затратами или означает снижение потребительских качеств района застройки в целом.

## Монтаж выше уровня обратного подпора



Установка водоотведения не требуется

## Монтаж ниже уровня обратного подпора



Использование обратного клапана разрешено в технических помещениях, однако он не гарантирует защиту на 100 %.



Использование петли обеспечивает защиту.



Отвод сточных вод возможен только при помощи установки водоотведения.

За счет оптимального выбора диаметра арматуры, соответствующей скорости потока в трубопроводах, и правильного размещения стенных вводов уровень шума может быть снижен на этапе проектирования. Так, например, в жилых и спальнях помещениях рядом с водопроводными установками допустимый уровень шума должен быть не более 30 дБ[А], в учебных и рабочих кабинетах — не более 35 дБ[А]. Это не относится к кратковременному повышению уровня шума из-за клапанов, арматуры и т. д.

Шумы при заполнении (например, струя воды попадает на стенки) или шумы при сливе (слишком высокая скорость потока, резкое изменение направления потока и т. д.) также могут стать причиной высокого уровня шума. Во избежание этого необходимо принять соответствующие меры (отбойные перегородки и т. д.), так как шумы из-за вибраций распространяются дальше по трубопроводам и через среду.

## Основы гидравлики

### Характеристика системы

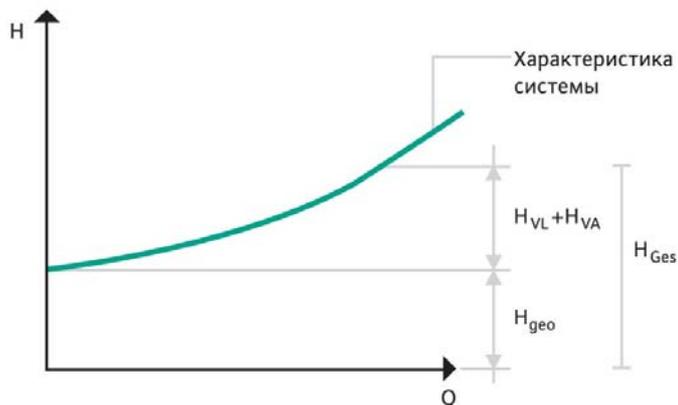
$H_{VL}$  = потери давления в трубопроводах;

$H_{VA}$  = потери давления в арматуре;

$H_{geo}$  = геодезическая разность высот (геодезическая высота);

$H_{Ges}$  = суммарные потери.

Характеристика системы показывает величину напора  $H_{Ges}$ , необходимую для ее работы. Она состоит из следующих компонентов:  $H_{geo}$ ,  $H_{VL}$  и  $H_{VA}$ . В то время как  $H_{geo}$  остается постоянной независимо от подачи,  $H_{VL}$  и  $H_{VA}$  (динамические величины) изменяются от подачи в результате потерь в трубопроводах, арматуре, в фасонных деталях и т. д.



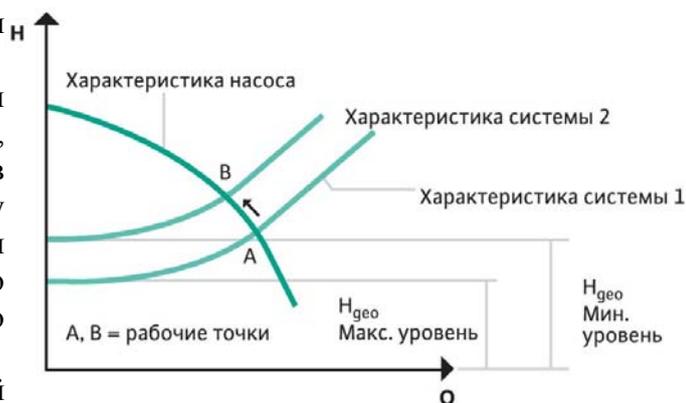
### Рабочая точка

Рабочая точка — точка пересечения характеристики системы и характеристики насоса.

Пример: изменение подачи при изменении уровня воды в резервуаре

Изменение рабочей точки происходит, например, в том случае, если изменяется уровень воды в резервуарах насосной станции между максимальным и минимальным значениями. В результате этого изменяется подача насоса, как это показано на рисунке.

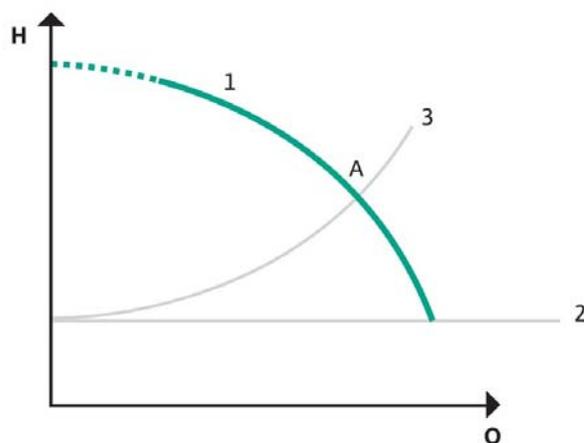
Причиной изменения рабочей точки может быть, в частности, засорение трубопроводов (отложения) или перекрытие их клапанами.



### Работа одного насоса

Под этим понимается работа одного насоса, при которой рабочая точка насоса

находится в точке пересечения характеристики насоса и характеристики системы.



- 1 - характеристика насоса;
- 2 - геодезическая высота;
- 3 - потери в арматуре и трубопроводе;
- А - рабочая точка насоса и системы.

### Скорость потока

Содержащиеся в сточных водах твердые вещества и остатки могут образовывать в трубопроводах отложения, что может привести к засорению системы отвода сточных вод. Во избежание засорения трубопроводов рекомендуется выбирать их диаметр:

Безнапорное водоотведение		
Стандарт	Значение согласно стандарту	Рекомендация
Горизонтальные трубопроводы		$V_{\text{мин}} = 0,7-1,0$ м/с
Вертикальные трубопроводы		$V_{\text{мин}} = 1,0-1,5$ м/с
Дюкерные трубопроводы (Дюкер — напорный участок трубопровода, прокладываемый под руслом реки (канала), по склонам или дну глубокой долины (оврага), под дорогой, расположенной в выемке)		$V_{\text{мин}} = 2,0-3,0$ м/с
Отвод воды под давлением		
Стандарт	Значение согласно стандарту	Рекомендация
Трубопровод с пневматической продувочной станцией EN 1671	$0,6 < V_{\text{мин}} < 0,9$	$0,7 < V_{\text{мин}}$
Трубопроводы без продувочных станций ATV-DVWK A 134	$0,5 < V_{\text{мин}} < 0,9$	$0,7 < V_{\text{мин}} < 2,5$

В зависимости от состава перекачиваемой жидкости (например, большая доля песка, шлама) возможно превышение вышеуказанных значений скорости. Однако необходимо придерживаться соответствующих региональных и государственных стандартов и предписаний. Скорость потока определяется подачей ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на единицу площади трубопровода ( $\text{м}^2$ ) и, как правило, должна составлять от 0,7 м/с до 2,5 м/с. При выборе диаметра трубопровода надлежит учитывать следующее:

*Чем выше скорость потока, тем меньше отложений и ниже вероятность засорения. Однако сопротивления в трубопроводе возрастают по мере увеличения скорости потока, что приводит к снижению производительности системы и может вызвать преждевременное повреждение ее компонентов вследствие воздействия абразивных составляющих.*

## Определение минимальной скорости потока

$$V_{\min} [м/с] = \frac{Q_m}{\frac{\pi}{4} d_i^2} = \frac{Q_m [м^3]}{\frac{\pi}{4} d_i [м]^2 \cdot 3600 [с]}$$

где  $Q_m$  - подача насосов [м<sup>3</sup>/ч];  
 $d_i$  - внутренний диаметр труб [м].

## Свободное проходное сечение насоса

Насосы для сточных вод и их гидравлические элементы разработаны с учетом различных свойств перекачиваемых сред и их компонентов. Однако при этом необходимо принимать во внимание, какая форма конструкции рабочего колеса является оптимальной для соответствующего состава среды.

В связи с этим следует учитывать, что увеличение свободного проходного сечения приводит к снижению гидравлического КПД. Это требует использования моторов более высокой мощности для достижения требуемых напора и подачи, что означает увеличение расходов на эксплуатацию и приобретение оборудования. Поэтому с точки зрения рентабельности требуется точный расчет.

Сточные воды, не содержащие фекалий (= грязная вода)	
Свободное проходное сечение	Рекомендуемая гидравлика
Дренажная вода 10–14 мм	вихревое, многолопастное колесо
Грунтовые воды 10–14 мм	вихревое, многолопастное колесо
Бытовая загрязненная вода 10–12 мм	вихревое, многолопастное колесо
Дождевая вода 12-35 мм 35-50 мм 70-100 мм	вихревое, однолопастное колесо
Промышленная загрязненная вода 35–50 мм	вихревое, многолопастное колесо
Загрязненная вода > 100 мм	вихревое, однолопастное или многолопастное колесо
Загрязненная вода, содержащая фекалии	
Бытовые сточные воды 10-80 мм	вихревое, однолопастное колесо режущий механизм
Промышленные сточные воды <80 мм	вихревое, однолопастное колесо

## Напор

Напор  $H$  насоса — это разность удельных энергий жидкости на выходе и входе насоса. Напор измеряется в м.

Напор, который должен обеспечить насос, есть сумма геодезической разности высот и потерь напора (= высота потерь) в трубопроводах и арматуре.

## Расчет напора

### А. Геодезическая высота

$$H_{\text{гео-макс}} [м] = NN_1 - NN_0,$$

где  $NN_1$  - высота петли обратного подпора [м];  
 $NN_0$  - уровень воды в резервуаре [м].

### ***V. Потери в трубопроводах***

$$H_{VL} [M] = H^*_{VL} \cdot L,$$

где  $H^*_{VL}$  - потери в трубопроводах;  
 $L$  - длина трубопровода [м].

### ***C. Потери давления в арматуре***

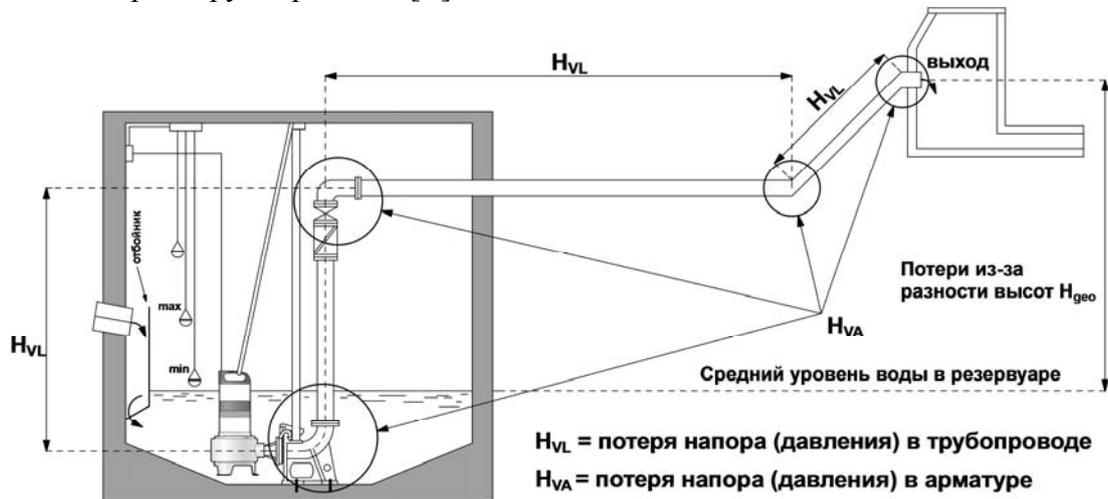
$$H_{VA} [M] = (H_{VA1} + H_{VA2} \dots + H_{VA_n}) \cdot H^*_{VL},$$

где  $H_{VA1}$  - потери в арматуре 1 [м];  
 $H_{VA2}$  - потери в арматуре 2 [м];  
 $H^*_{VL}$  - потери в трубопроводах.

### ***D. Напор***

$$H_{\text{общ.}} [M] = H_{\text{гео-макс.}} + H_{VA} + H_{VL},$$

где  $H_{\text{гео-макс.}}$  - геодезическая высота [м];  
 $H_{VA}$  - потери в арматуре [м];  
 $H_{VL}$  - потери в трубопроводах [м].



Следует учитывать, что при запуске, а затем при эксплуатации, насос меняет свой режим работы. Выбор мощности мотора насоса следует проводить из условий, что он в определенный период времени работает при максимальной нагрузке, например, при  $H_{\text{гео max}}$ . Рассмотрим, как изменяется эта величина в зависимости от режима работы насоса.

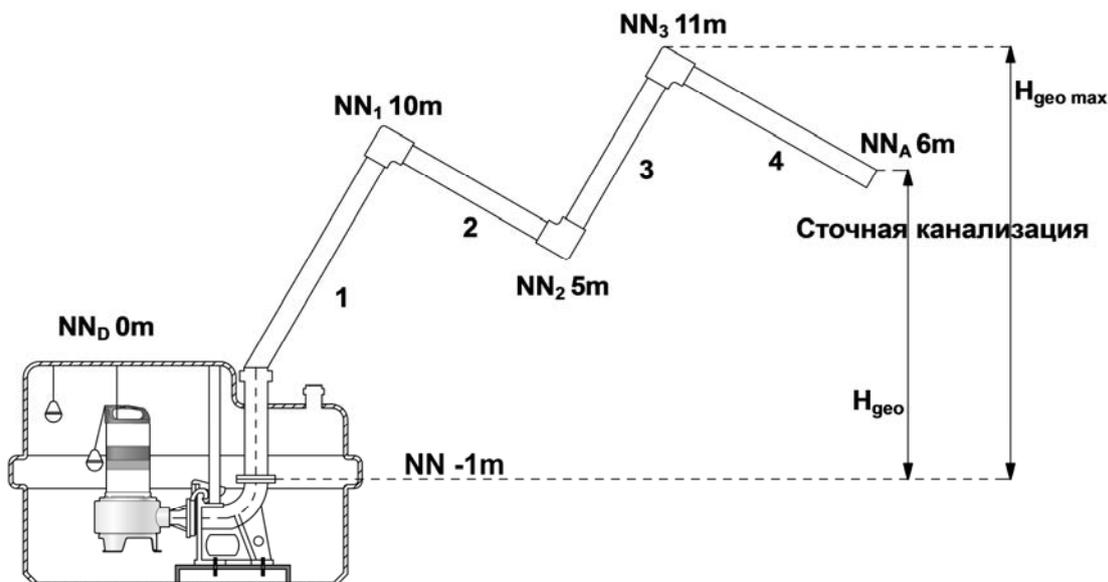
**Рассмотрим пример:** напорный трубопровод проложен по переменной местности и имеет несколько вершин. При запуске, когда напорный трубопровод пустой, насос должен поднять воду с уровня  $NN$  (-1 м) на высоту  $NN_1$  (10 м), а после заполнения трубопровода  $NN_1 - NN_2$  он должен поднять воду на высоту  $NN_3$  (11 м).

В начальный момент времени для заполнения всех участков трубопровода насос должен преодолевать высоту  $H_{\text{гео max}}$ , равную:

$$H_{\text{гео max}} = (NN_1 - NN) + (NN_3 - NN_2) = [10 \text{ м} - (-1 \text{ м})] + (11 \text{ м} - 5 \text{ м}) = 17 \text{ м}.$$

Когда трубопровод  $NN$ - $NN_3$  заполнится стоками, геодезическая высота уменьшается:

$$H_{\text{гео}} = NN_A - NN = 6 \text{ м} - (-1 \text{ м}) = 7 \text{ м}.$$



### Комментарии к расчету геодезических высот:

Если воздух не удаляется из напорного трубопровода, тогда геодезическая высота определяется как сумма высот всех восходящих трубопроводов (участок 1 + участок 3), так как при этом тратится дополнительная энергия на сжатие воздуха в нисходящем участке (участок 2). Поэтому требуется большая энергия для преодоления высотных точек.

При эксплуатации насоса без удаления воздуха из напорного трубопровода: после того как воздух вытесняется из трубопровода, трубопровод наполняется полностью. Поэтому напор, который должен обеспечивать насос, определяется лишь геодезическим перепадом высот  $H_{\text{geo}}$  между выходом/передаточным резервом  $NN_A$  и уровнем воды в шахте  $NN$ , при котором производится отключение насоса.

Если воздух удаляется из трубопровода, тогда при включении насоса следует учитывать разность между уровнем воды в шахте (точка включения насоса) и самой высокой точкой  $H_{\text{geo max}}$ .

При эксплуатации с удалением воздуха: во время эксплуатации насос работает в том же режиме, что и “без удаления воздуха”.

Для правильного выбора насоса и мотора следует учитывать то, что они могут работать на разных режимах. Это необходимо сделать, чтобы не допустить выхода насоса или мотора из строя и гарантировать их оптимальную работу.

### **Подача насоса (= производительность = объемный расход)**

Подача  $Q$  — это обеспечиваемый насосом расход (объем перекачиваемой жидкости) за единицу времени, например, л/с или  $\text{м}^3/\text{ч}$ . Подача для внутреннего охлаждения насоса или потери вследствие негерметичности трубопроводов относятся к дополнительным потерям, которые не являются составляющими подачи. Данные об объеме, подлежащем перекачиванию в конкретном режиме эксплуатации, должны быть указаны с учетом того, идет ли речь об оптимальной рабочей точке насоса ( $Q_{\text{опт}}$ ), максимальной необходимой подаче ( $Q_{\text{макс}}$ ) или о минимальной необходимой подаче ( $Q_{\text{мин}}$ ).

Выбор мощности мотора и параметров насоса производить по максимальной величине подачи.

Подача одного отдельно работающего насоса определяется по формуле:

$$Q_{\text{к.н.}} = P_{\text{к.н.}} \times Q_{\text{макс сут}} / 24 \times 3,6 \times 100, (\text{л/с}),$$

где 24; 3,6; 100 – переводные коэффициенты

$P_{к.н.}$  – принятая подача одного насоса в % от  $Q_{\max \text{ сут}}$ ;

$Q_{\max \text{ сут}}$  – максимальный суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.

При проектировании КНС подачу насосов обычно принимают равной максимальному часовому притоку (л/с), тогда  $P_{к.н.} = 7,5\%$ .

### **Кавитация**

Кавитация — это образование пузырьков пара в результате локального уменьшения давления ниже давления парообразования перекачиваемой жидкости на входе рабочего колеса. Это приводит к снижению мощности (напора), неравномерной подаче, снижению КПД, а также к возникновению шумов и разрушению элементов насоса. Микроскопические взрывы, являющиеся следствием образования, а затем схлопывания пузырьков в областях с более высоким давлением (например, на выходе рабочего колеса), приводят к повреждению и разрушению поверхностей элементов насоса. Первыми признаками этого процесса являются шумы или повреждения на выходе рабочего колеса.

Степень повреждения материала зависит от его качества. Так, например, прочность литья из нержавеющей стали класса 1.4408 (AISI 316) примерно в 20 раз выше, чем у материала, стандартно используемого в насосостроении, — серого чугуна (GG 25). Прочность бронзы выше в два раза, чем у чугуна.

Изменяя скорость потока жидкости, давление и температуру перекачиваемой жидкости, можно не допустить кавитацию. Уменьшение скорости потока и увеличение давления снижает вероятность появления кавитации. Так, например, повышая давление на входе (например, в результате увеличения подпора, повышения уровня воды в шахте) можно снизить вероятность образования пузырьков пара и избежать кавитации.

### **Аварийный объем резервуара**

Аварийный объем резервуара — это дополнительная защита от переполнения резервуара. Он рассчитывается по среднесуточному притоку сточной воды и составляет 25 % от его объема. Он обеспечивает дополнительный объем между моментом включения насосной установки и возможным переполнением резервуара.

### **NPSH**

Важным параметром центробежного насоса является значение NPSH (высота столба жидкости на входе насоса). Это минимальное давление на входе насоса, которое требуется для работы насоса данной конструкции без кавитации, т. е. давление, необходимое для предотвращения вскипания жидкости. NPSH определяется типом рабочего колеса и частотой вращения насоса, температурой перекачиваемой жидкости. Различаются два значения NPSH:

$$1. NPSH_{\text{системы}} = NPSH_{\text{требующееся}}$$

Давление на входе насоса, которое должно быть, чтобы насос работал без кавитации.

$$2. NPSH_{\text{установки}} = NPSH_{\text{имеющееся}}$$

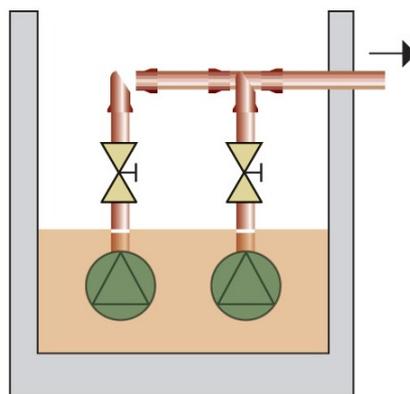
Показывает, какое давление в данной системе на входе в насос.

$$NPSH_{\text{системы}} > NPSH_{\text{насоса}} \quad \text{или} \quad NPSH_{\text{имеющ.}} > NPSH_{\text{треб.}}$$

Для насосов в погружных установках  $NPSH_{\text{системы}}$  равен атмосферному давлению + минимальная высота уровня жидкости над всасываемым патрубком насоса. Для насосов сухой установки дополнительно производится вычитание потерь напора со стороны всасывания.  $NPSH_{\text{насоса}}$  указывается изготовителем на каждый насос.

## Параллельная работа

Параллельное включение производится для увеличения подачи и означает использование 2 или нескольких насосов в режиме, когда все насосы одновременно перекачивают жидкость в один и тот же напорный трубопровод. Если все насосы производят перекачивание одновременно, для расчета общей подачи значения подач отдельных насосов при одинаковом напоре суммируются.



Рабочая точка, как и в режиме работы одного насоса, определяется как точка пересечения суммарной характеристики насосов с характеристикой системы. Каждый насос работает в соответствии с собственной характеристикой. При использовании насосов одного и того же типа это означает, что все насосы обеспечивают одинаковую подачу. Однако необходимо учитывать, что подводка к общему напорному трубопроводу для каждого насоса имеет собственную арматуру с соответствующими потерями. Их необходимо вычитать при расчете рабочей точки.

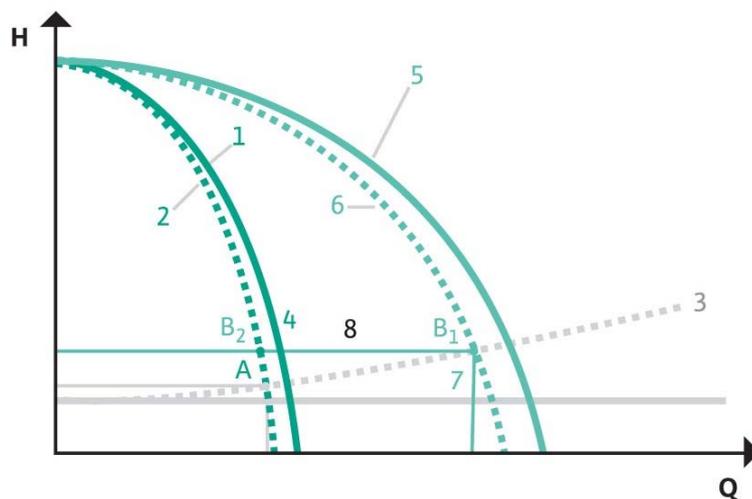
В целом данные правила применимы также к эксплуатации двух разных насосов, причем оба насоса продолжают работу каждый в соответствии с собственной характеристикой (при одинаковом напоре значения подач суммируются).

Существуют разные причины применения нескольких насосов:

1. Параллельная работа основного насоса и подключенных соответствующим образом пиковых насосов, причем пиковые насосы включаются лишь в условиях повышенной нагрузки, с которой не может справиться основной насос (например, приток сточных вод превышает макс. подачу основного насоса).
2. Параллельная работа для разделения объемов подачи с целью снижения эксплуатационных расходов или при сильной изменчивости условий работы.
3. Эксплуатация одного насоса с резервным насосом — включение в случае выхода из строя рабочего агрегата.

Насосы всегда рекомендуется эксплуатировать в режиме периодического переключения для обеспечения равномерной наработки всеми насосами и увеличения, таким образом, срока службы установки в целом.

Последовательность построения характеристик двух одинаковых насосов:



1. Построение характеристики насоса 1
2. Построение характеристики насоса 1 с учетом потерь (например, из-за арматуры или засорений) в напорном трубопроводе до коллектора

3. Построение характеристики системы
4. Вертикальная проекция точки пересечения характеристики системы с характеристикой насоса вниз до оси Q и влево до оси H.  
A = рабочая точка при работе одного насоса
5. Построение характеристики двух насосов (суммирование подачи при одинаковом напоре)
6. Построение характеристики двух насосов с учетом потерь (например, из-за арматуры или засорений) в напорном трубопроводе до коллектора
7. Вертикальная проекция точки пересечения характеристики системы с характеристикой двух насосов вниз до оси Q и влево до оси H  
B<sub>1</sub> = рабочая точка при параллельной работе двух насосов  
B<sub>2</sub> = рабочая точка насоса 1 или 2 при параллельной работе двух насосов

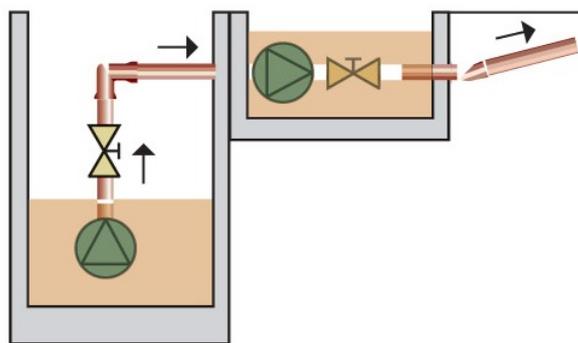
### Последовательное включение

Последовательное включение производится для увеличения давления (напора) и означает использование двух или нескольких насосов в режиме, когда все насосы одновременно перекачивают жидкость в один и тот же напорный трубопровод.

Для расчета общей характеристики насосов суммируются напоры при одинаковой подаче.

Однако целесообразность последовательного включения сомнительна ввиду возможности возникновения различных трудностей.

Проблемы могут быть связаны, в частности, с кавитацией и турбоэффектами, когда первый насос приводит в движение второй, в результате чего возможно повреждение обоих насосов. Непременными условиями являются точный подбор и постоянный контроль их работы.



### ПРЕДЛАГАЕМ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОБЪЁМА РЕЗЕРВУАРА

1). Объем приемного резервуара ограничивается условиями его нормальной эксплуатации. При слишком большом объеме происходит выпадение осадка из сточной жидкости и загнивание осадка и жидкости. Поэтому **согласно СНиП2.04.03-85 вместимость резервуара должна быть возможно меньшей, но не менее 5-минутной подачи одного из насосов станции.**

Подача одного отдельно работающего насоса определяется по формуле:

$$Q_{к.н.} = P_{к.н.} \times Q_{\max \text{ сут.}} / 24 \times 3,6 \times 100, \text{ (л/с)}$$

где 24; 3,6; 100 – переводные коэффициенты

P<sub>к.н.</sub> – принятая подача одного насоса в % от Q<sub>max сут.</sub>;

Q<sub>max сут.</sub> – максимальный суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут.

При проектировании КНС подачу насосов обычно принимают равной максимальному часовому притоку (л/с), тогда P<sub>к.н.</sub> = 7,5%

Подачу насосов и их число определяют исходя из общего притока сточных вод к станции.

Теоретически доказано, что максимальное число включений насоса при заданной вместимости резервуара наступает в том случае, когда приток составляет 50 % подачи

насосов. Из этого следует, что вместимость резервуара насосной станции необходимо рассчитать при заданном числе включений насоса исходя из притока, равного половине подачи насоса. Подачу насоса следует принимать наиболее близкой к максимальному часовому притоку (но не меньше его).

Минимальная регулирующая вместимость приемного резервуара ( $W_{\min}$ ) при заданном (расчетном) числе включений насосов в час минимального притока:

$$W_{\min} = Q_{\text{пр}}/n \times (1 - Q_{\text{пр}}/W_{\text{кнс}}), \text{ м}^3,$$

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

$n$  – число включений в 1 час;

$Q_{\text{кнс}}$  – подача КНС,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Обычно при максимальном притоке включены все насосы постоянно в течение часа; при 50% притока осуществляется 3-4 включения; при минимальном притоке достаточно одного включения (10...12 мин).

Если на станции установлено два рабочих насоса, а подача каждого из них при совместной работе равна половине максимального притока, то вместимость резервуара может быть уменьшена в 2 раза.

Дальнейшего уменьшения вместимости резервуара можно достичь путем увеличения числа агрегатов насосной станции.

## 2). Как подобрать размеры КНС и выбрать уровни включения и выключения?

Самый главный размер – это отметка низа (лотка) подводящего самотечного трубопровода. На 150 мм ниже – уровень подачи сигнала аварийного переполнения. 150 мм ниже – уровень включения второго насоса. 150 мм ниже – уровень включения первого насоса. Самый нижний уровень – выключение всех насосов. Разница между уровнями включения и выключения – это высота эффективного объема. Это объем воды, который КНС откачивает за один цикл работы. Эффективный объем рассчитывается из требования максимально допустимого количества пусков насосов в час. Для современных насосов это количество может быть до 20, но в расчетах обычно принимается равным 10.

Использование современных погружных насосов с разрешенным частым пуском, привело к созданию небольших и более эффективных конструкций насосных станций. Как правило, высота эффективного объема в небольших насосных станциях составляет 1 метр и в крупных станциях около 2 метров.

Величина эффективного объема:

$$V_{\text{эф}} = Q/(4 \cdot n \cdot Z),$$

где  $Q$  – производительность (расход) КНС,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Z$  – допустимое число пусков в час, принимаем равным 10;

$n$  – число рабочих насосов в КНС.

Уровень остановки насосов должен быть таким, чтобы корпус насоса был гарантированно залит водой.

Для малых КНС реальный эффективный объем, как правило, больше расчетного вследствие ограничения по минимальному уровню включения из-за охлаждения погружного двигателя.

Для больших расходов важно правильно выбрать направление входного потока в резервуар. Если поток подходит сзади погружного соединителя, его равномерность на входе в насос будет нарушена образующимися завихрениями.

Это может препятствовать нормальной работе насоса, снижая его производительность, КПД и увеличивая риск появления кавитации и вибрации в насосе.

## 3). Полезный объем (= необходимый рабочий объем резервуара)

Полезным объемом резервуара или необходимым рабочим объемом резервуара

считается, как правило, объем резервуара между уровнями включения и выключения насоса. Приблизительно его объем можно определить по формуле:

$$V[\text{м}^3] = \frac{Q[\text{л/с}] \cdot 0,9}{Z},$$

где Q - подача самого большого насоса;  
Z - допустимая частота включений насоса.

### **Остаточный объем резервуара**

Обозначает остаточный объем в шахте после выключения насоса уровневым выключателем.

### **Расчет шахты**

#### ***А. Полезный объем***

$$V_{\text{Nutz}} = \frac{0,9 \cdot Q_{\text{факт}}}{Z},$$

где Q<sub>факт</sub> - суммарная подача [л/с];  
Z - частота включений насоса [1/ч].

#### ***В. Высота шахты (внутри)***

##### ***а. Высота «мокрой» части шахты***

$$H_{\text{Zu-Q}}[\text{м}] = \frac{V_{\text{Nutz}}}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{Beh}})^2\right)} + H_{\text{Beh-min}}$$

где V<sub>Nutz</sub> - полезный объем шахты [м<sup>3</sup>];  
D<sub>Beh</sub> - диаметр шахты по данным изготовителя [м];  
H<sub>Beh-min</sub> - минимальный уровень стоков в шахте = покрытие насоса водой [м].

##### ***б. Общая высота шахты***

$$H_{\text{шахта-общ}}[\text{м}] = H_{\text{Zu-Q}} + D_{\text{подв.}} + D_{\text{напор.}} + H_{\text{пром.}}$$

где H<sub>Zu-Q</sub> - высота «мокрой» части шахты [м];  
D<sub>подв.</sub> - диаметр подводящего трубопровода [м];  
D<sub>напор.</sub> - диаметр напорного трубопровода [м];  
H<sub>пром.</sub> - глубина промерзания [м].

### **Определение уровней включения/выключения насосов**

$$H_{\text{Signal}}[\text{м}] = \frac{V_{\text{Nuts}}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{Beh}})^2},$$

где V<sub>Nuts</sub> - полезный объем резервуара [м<sup>3</sup>];  
D<sub>Beh</sub> - диаметр шахты по данным изготовителя [м].

### **Датчики уровня**

#### **Управление по электрическому сигналу уровня жидкости**

Поплавковые выключатели. Каждый поплавковый выключатель устанавливается на соответствующем уровне срабатывания. В поплавковый выключатель встроен механизм, который прерывает подачу тока при размыкании контакта и таким образом передает соответствующую информацию прибору управления. При наличии взрывозащитного разделительного реле поплавковые выключатели могут использоваться также во взрывоопасных условиях (зона 1 в средах, содержащих фекалии). Данные реле уменьшают ток до уровня, при котором даже в случае неисправности не возникает искра,

вызывающая воспламенение перекачиваемой или внешней среды. Количество поплавковых выключателей зависит от числа насосов или от типа и количества защитных устройств. Каждый поплавок выключатель свешивается сверху в шахту и свободно перемещается в ее пределах, находясь на поверхности жидкости или в подвешенном состоянии в воздухе. В случае превышения уровня среды они опрокидываются относительно условной оси жидкости, что приводит к срабатыванию соответствующего механизма в приборе управления. Эта точка переключения по уровню произвольно определяется длиной кабеля в шахте.

Во избежание "запутывания" нескольких поплавковых выключателей при сильной турбулентности жидкости в шахте на кабели для фиксации должны быть натянуты защитные трубки.

В зависимости от числа поплавковых выключателей при малом диаметре шахты следует выбрать другой способ управления по уровню (измерительный колокол или датчик давления).

#### Рекомендации и примеры по проектированию систем водоотведения

А). Общая подача рабочих насосов должна равняться максимальному расчетному притоку сточных вод или несколько превышать его (5 - 10%).

Б). С эксплуатационной точки зрения (обеспечение устойчивого режима откачки в любое время суток) желательно выбирать насосы однотипные, в количестве не менее двух штук.

В). Для частных домов наиболее характерна установка одного насоса. В зависимости от:

- кол-ва сточных вод
- пиковых нагрузок
- степени надежности объекта

возможно применение двухнасосной установки.

Г). Диаметр трубопровода подбираем по диаграмме потерь в трубопроводах, учитываем величину притока сточных вод,  $Q_s$  (л/с) и условие, что скорость в трубопроводе  $0,7 < V_{\text{мин}} < 2,5$  (м/с)

Д). При выборе насоса руководствуемся:

- тип перекачиваемой среды – тип колеса – тип насоса
- диаметр выходного патрубка насоса, соотносить с диаметром выбранного трубопровода

Е). При схеме работы насосной станции – 1 рабочий + 1 резервный оба насоса монтируются в КНС и каждый из них рассчитан на полную производительность насосной станции.

При этом насосная станция работает в трех режимах:

I. Расчетная нагрузка – насосы, включаясь попеременно, откачивают входящие стоки.

II. Пиковая нагрузка – наступает в том случае, когда количество входящих стоков превышает производительность одного насоса. При наполнении станции до критической отметки дополнительно включается второй насос, увеличивая производительность канализационной насосной станции вдвое.

III. Аварийная ситуация – при наполнении станции до аварийного уровня, срабатывает световая и звуковая сигнализация. Переполнение может быть вызвано отключением насосов, увеличением объема входящих стоков либо другими причинами.

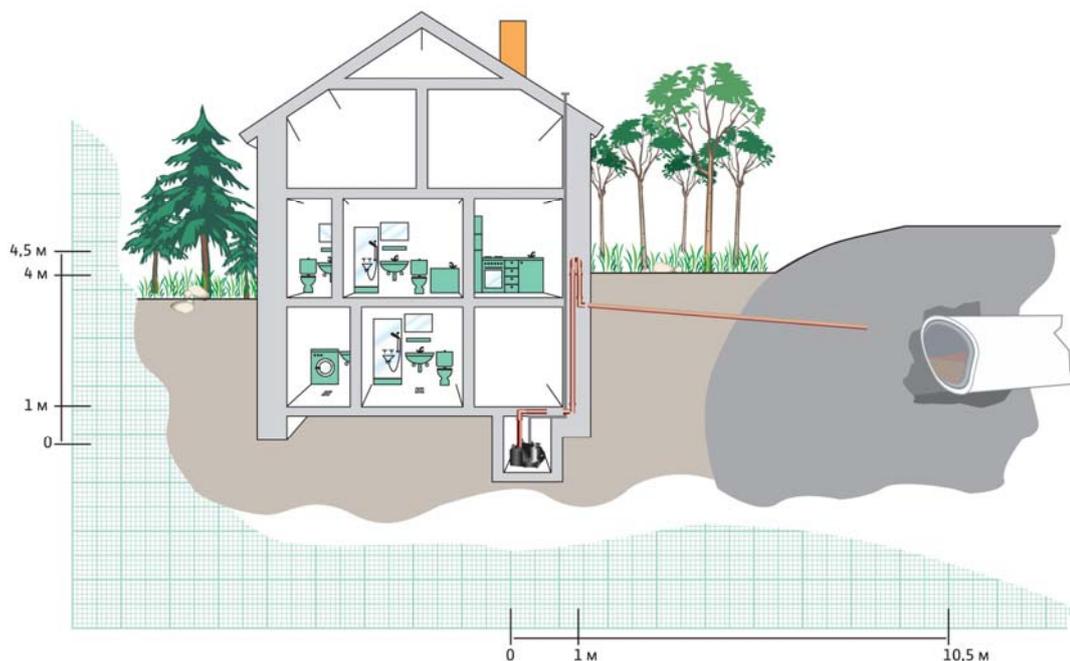
#### **Пример**

*Установки водоотведения закрытые, внутри зданий*

*Стоки, содержащие фекалии — раздельная система*

Перечень источников стоков

- 1 гостевой туалет с умывальником и унитазом
- 2 ванных комнаты (2 унитаза, 2 душа, 2 умывальника и 1 ванна), помимо того
- 1 ванная комната с канализационным стоком DN 50 в полу
- 1 кухня с посудомоечной машиной
- 1 прачечная с 1 стиральной машиной (10 кг),
- 1 умывальник
- 1 канализационный сток в полу DN 50



1. Предварительные условия
  1. Расположенная внутри дома установка отвода фекальных вод
  2. Раздельная система
  3. Уровень обратного подпора совпадает с уровнем поверхности земли
2. Электропитание:
  1. Возможно как переменным, так и постоянным током
  2. Частота переменного тока 50 Гц

3. Расчет притока сточных вод  $Q_s$

Показатель стока  $K$  для жилых домов: 0,5 л/с (см. Таблицу «Показатель стока  $K$ »)

Источники стока	Значение DU (пропускная способность)
2 душа	$2 \times 0,8$ л/с
1 ванна	$1 \times 0,8$ л/с
1 кухонная мойка	$1 \times 0,8$ л/с
1 посудомоечная машина	$1 \times 0,8$ л/с
1 стиральная машина (10 кг)	$1 \times 1,5$ л/с
2 канализационных стока в полу DN 50	$2 \times 0,8$ л/с
3 туалета со смывными бачками на 9 л	$3 \times 2,5$ л/с
4 умывальника	$4 \times 0,5$ л/с
	16,6 л/с

(см. Таблицу «Пропускная способность (DU) сантехнического оборудования»)

$$Q_s[\text{л/с}] = K \cdot \sqrt{\Sigma DU} + Q_b,$$

- где  $K$  - показатель стока [л/с];  
 $\sqrt{\Sigma DU}$  - пропускная способность [л/с];  
 $Q_b$  - величина стока при особой нагрузке [л/с].

$$Q_s = 0,5 \cdot \sqrt{16,6} + 0 = 2,04 \text{ л/с} < 2,5 \text{ л/с} (9 \text{ м}^3 / \text{ч}).$$

Вычисленное значение меньше пропускной способности (DU) самого крупного источника стока, производить дальнейшие расчеты следует с этим значением!

4. Расчет притока дождевой воды  $Q_r$   
 Не требуется, поскольку система раздельная

5. Расчет суммарного стока  $Q_m$   
 Не требуется, поскольку система раздельная

6. Расчет параметров трубопроводов или определение минимальной скорости потока

Дано: 15,5 м — длина трубопровода (учитываем двойную высоту гидрозатвора).

Выбрано: трубопровод из серого чугуна (GG) условный проход DN 80 (минимальный диаметр трубопровода для фекальных стоков по EN)

$$V_{min}[\text{м/с}] = \frac{Q_s}{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2} = \frac{Q_s[\text{м}^3]}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_i[\text{м}])^2 \cdot 3600[\text{с}]},$$

- где  $Q_m$  - подача насосов [м<sup>3</sup>/ч];  
 $d_i$  - внутренний диаметр труб [м].  
 Проверка скорости потока

$$V_{min} = \frac{9 \text{ м}^3 / \text{ч}}{0,785 \cdot (0,08 \text{ м})^2} = \frac{9 \text{ м}^3}{2826 \text{ с} \cdot 0,0064 \text{ м}^2} = 0,5 \text{ м/с}.$$

Выбранный диаметр трубопроводов велик, поскольку  $0,7 \text{ м/с} < V_{min} < 2,5 \text{ м/с}$ .

7. Выбор необходимой арматуры и фитингов

1 запорная арматура DN 80 0,56 м

1 обратный клапан DN 80 33 м

5 колен 90° DN 80 3,95 м

См. Таблица “Потери давления в арматуре”

8. Расчет напора

А. Геодезическая высота

$$H_{\text{гео-макс}} [\text{м}] = NN_1 - NN_0,$$

где  $NN_1$  - высота петли обратного подпора [м];

$NN_0$  - уровень воды в резервуаре [м].

$$H_{\text{гео-макс}} = 4,5 \text{ м} - 0 \text{ м} = 4,5 \text{ м}.$$

В. Потери в трубопроводах

Согласно диаграмме для нового трубопровода длиной 15,5 м из серого чугуна DN80:

$H^*_{VL} = 0,45 \text{ м/100 м}$  трубопровода соответствует  $0,0045 \text{ м/м}$

$$H_{VL} [\text{м}] = H^*_{VL} \cdot L,$$

- где  $H^*_{VL}$  - потери в трубопроводах;  
 $L$  - длина трубопровода [м];

$$H_{VL} = 0,0045 \cdot 15,5 \text{ м} = 0,07 \text{ м}.$$

С. Потери давления в арматуре

$$H_{VA} [\text{м}] = (H_{VA1} + H_{VA2} \dots + H_{VA_n}) \cdot H^*_{VL},$$

где  $H_{VA1}$  - потери в арматуре 1 [м];  
 $H_{VA2}$  - потери в арматуре 2 [м];  
 $H^*_{VL}$  - потери в трубопроводах.

$$H_{VA} = (0,56 \text{ м} + 3,3 \text{ м} + 3,95 \text{ м}) \cdot 0,0045 = 0,035 \text{ м}.$$

D. Напор

$$H_{\text{общ.}} [\text{м}] = H_{\text{гео-макс.}} + H_{VA} + H_{VL},$$

где  $H_{\text{гео-макс.}}$  - геодезическая высота [м];  
 $H_{VA}$  - потери в арматуре [м];  
 $H_{VL}$  - потери в трубопроводах [м].

$$H_{\text{общ.}} = 4,5 \text{ м} + 0,07 \text{ м} + 0,035 \text{ м} = 4,61 \text{ м}$$

Расчетная рабочая точка (минимальное значение):  $Q = 9 \text{ м}^3/\text{ч}$  (2,5 л/с);  $H_{\text{общ.}} = 4,61 \text{ м}$ .

9. Выбор насоса/установки водоотведения

**Реально подобрана компактная насосная установка Pedrollo SAR100/VXm 8/35 с параметрами:  $H_{\text{общ.}} = 5,2 \text{ м}$ ,  $Q = 9 \text{ м}^3/\text{ч}$ .**

Выбор диаметра трубопроводов велик, произвести подбор трубопровода Ду50-65.

### Пример

Установки водоотведения закрытые, внутри зданий

Среды, не содержащие фекалий — раздельная система

#### Перечень источников стоков

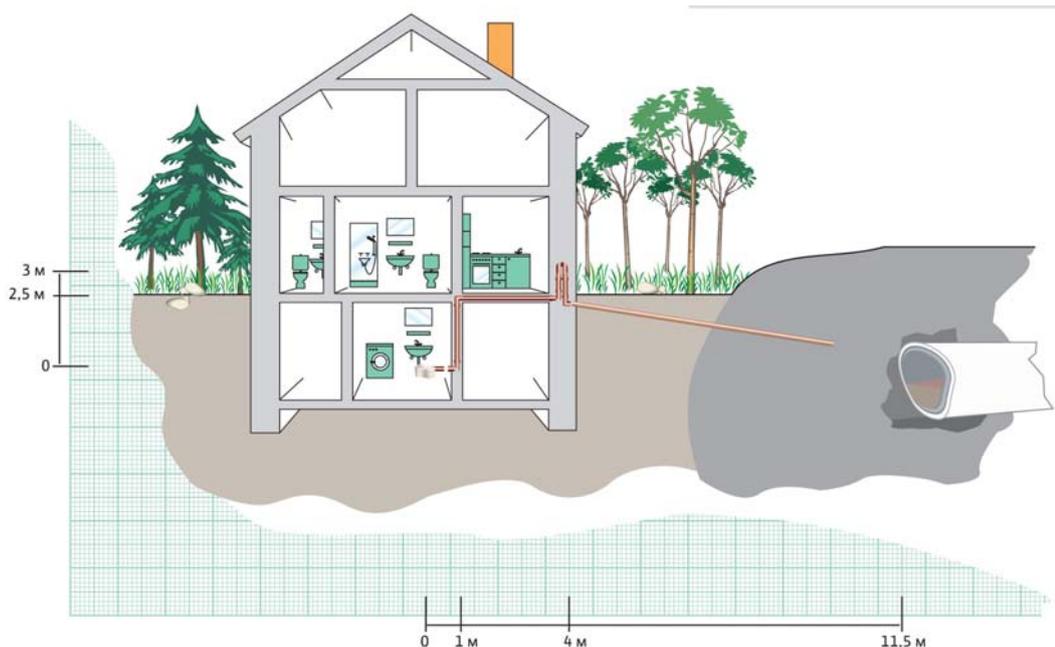
Прачечная со стиральной машиной (10 кг),

1 умывальник

Водоотведение всех прочих источников осуществляется напрямую в канализацию

Длина канализационного трубопровода: 15 м

Геодезический перепад высот между установкой водоотведения и канализацией: 2,5 м



1. Предварительные условия

1. Располагаемые внутри домов установки отвода сточных вод
2. Раздельная система
3. Уровень обратного подпора совпадает с уровнем земли
4. Водоотведение со всех источников, расположенных выше уровня обратного подпора, осуществляется напрямую в канализацию

2. Граничные условия

Электропитание:

1. Возможно как переменным, так и постоянным током
2. Частота переменного тока 50 Гц

3. Расчет притока сточных вод  $Q_s$

Показатель стока  $K$  для жилых домов: 0,5 л/с (см. Таблицу «Показатель стока  $K$ »)

Источники стока	Значение DU (пропускная способность)
1 стиральная машина (10 кг)	$1 \times 1,5$ л/с
1 умывальник	$1 \times 0,5$ л/с
	2,0 л/с

(См. Таблицу «Пропускная способность (DU) сантехнического оборудования»)

$$Q_s[\text{л/с}] = K \cdot \sqrt{\sum DU} + Q_b,$$

- где  $K$  - показатель стока [л/с];  
 $\sqrt{\sum DU}$  - пропускная способность [л/с];  
 $Q_b$  - величина стока при особой нагрузке [л/с].

$$Q_s = 0,5 \cdot \sqrt{2,0} + 0 = 0,71 \text{ л/с} < 1,5 \text{ л/с} (5,4 \text{ м}^3 / \text{ч}).$$

Поскольку вычисленное значение меньше пропускной способности (DU) самого крупного источника стока, производить дальнейшие расчеты следует с большим из двух значений!

4. Расчет притока дождевой воды  $Q_r$

Не требуется, поскольку система раздельная.

5. Расчет суммарного стока  $Q_M$

Не требуется, поскольку система раздельная.

6. Расчет параметров трубопроводов или определение минимальной скорости потока

Дано: трубопровод длиной 15 м.

Выбрано: материал для трубопроводов PE-HD условный проход DN 40.

$$V_{min}[\text{м/с}] = \frac{Q_s}{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2} = \frac{Q_s[\text{м}^3]}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_i[\text{м}])^2 \cdot 3600[\text{с}]},$$

- где  $Q_m$  - подача насосов [м<sup>3</sup>/ч];  
 $d_i$  - внутренний диаметр труб [м].

Проверка скорости потока

$$V_{min} = \frac{5,4 \text{ м}^3 / \text{ч}}{0,785 \cdot (0,041 \text{ м})^2} = \frac{5,4 \text{ м}^3}{2826 \cdot 0,0017 \text{ м}^2} = 1,12 \text{ м/с}.$$

Диаметр трубопроводов удовлетворяет условию  $0,7 \text{ м/с} < V_{\text{мин.}} < 2,5 \text{ м/с}$ .

7. Выбор необходимой арматуры и фитингов

6 колен  $90^\circ$  DN 40 1,62 м.

8. Расчет напора

А. Геодезическая высота

$$H_{\text{гео-макс}} [\text{м}] = NN_1 - NN_0,$$

где  $NN_1$  - высота петли обратного подпора [м];

$NN_0$  - уровень воды в резервуаре [м].

$$H_{\text{гео-макс}} = 3 \text{ м} - 0 \text{ м} = 3 \text{ м}.$$

В. Потери в трубопроводах

Согласно таблице для нового трубопровода PE-HD (DN 40) длиной 15 м:

$H^*_{\text{VL}} = 3,5 \text{ м/100 м}$  трубопровода соответствует  $0,035 \text{ м/м}$ .

$$H_{\text{VL}} [\text{м}] = H^*_{\text{VL}} \cdot L,$$

где  $H^*_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах;

$L$  - длина трубопровода [м].

$$H_{\text{VL}} = 0,035 \cdot 15 \text{ м} = 0,5 \text{ м}.$$

С. Потери давления в арматуре

$$H_{\text{VA}} [\text{м}] = (H_{\text{VA1}} + H_{\text{VA2}} \dots + H_{\text{VAн}}) \cdot H^*_{\text{VL}},$$

где  $H_{\text{VA1}}$  - потери в арматуре 1 [м];

$H_{\text{VA2}}$  - потери в арматуре 2 [м];

$H^*_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах.

$$H_{\text{VA}} = (1,62 \text{ м}) \cdot 0,035 = 0,06 \text{ м}.$$

Д. Напор

$$H_{\text{общ.}} [\text{м}] = H_{\text{гео-макс.}} + H_{\text{VA}} + H_{\text{VL}},$$

где  $H_{\text{гео-макс.}}$  - геодезическая высота [м];

$H_{\text{VA}}$  - потери в арматуре [м];

$H_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах [м].

$$H_{\text{общ.}} = 3 \text{ м} + 0,06 \text{ м} + 0,53 \text{ м} = 3,59 \text{ м}$$

Расчетная рабочая точка (минимальное значение):  $Q = 5,4 \text{ м}^3/\text{ч}$  (1,5 л/с);  $H_{\text{общ.}} = 3,59 \text{ м}$ .

9. Выбор насоса/установки водоотведения

**Реально подобрана компактная насосная установка Pedrollo SAR40/TOP vortex, с параметрами:  $H_{\text{общ.}} = 4,2 \text{ м}$ ,  $Q = 6 \text{ м}^3/\text{ч}$ .**

10. Определение реальной скорости потока

$$V_{\text{min}} [\text{м/с}] = \frac{Q_{\text{Real}}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2} = \frac{Q_{\text{Real}} [\text{м}^3]}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_i [\text{м}])^2 \cdot 3600 [\text{с}]},$$

где  $Q_{\text{Real}}$  - скорректированная подача [ $\text{м}^3/\text{ч}$ ];

$d_i$  - внутренний диаметр труб [м].

$$V_{\text{min}} = \frac{6 \text{ м}^3}{2826 \text{ с} \cdot 0,0017 \text{ м}^2} = 1,25 \text{ м/с}.$$

### Пример

Установки открытого типа за пределами зданий

Стоки, содержащие фекалии — общесточная система

#### Перечень источников стоков

8 ванных комнат (4 с душем и ванной, 4 только с душем)

4 кухни с посудомоечными машинами

Прачечная с 4 стиральными машинами (10 кг) и канализационным стоком в полу

DN 50

Длина трубопроводов: 25 м до канализации

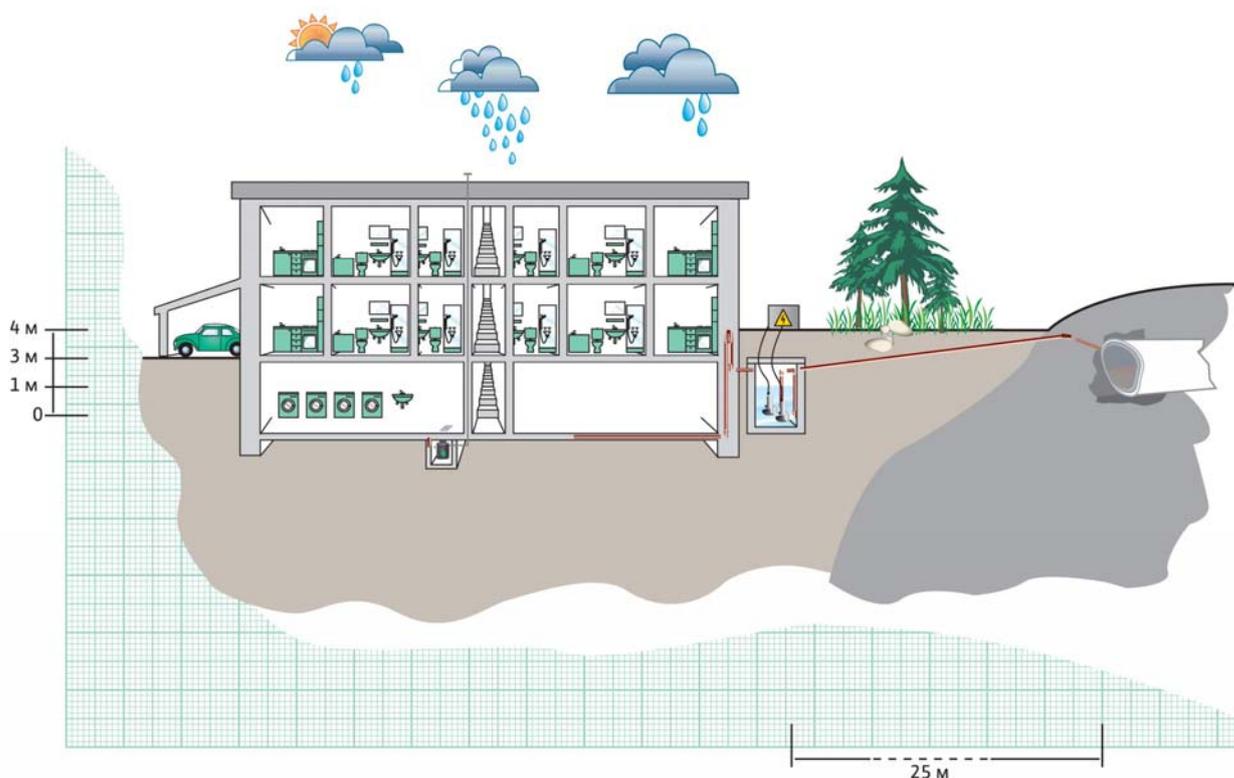
Перепад высот: 4 м

Все канализационные точки, расположенные ниже уровня обратного подпора будут сливаться в шахту при помощи компактных установок водоотведения

Площадь кровли 150 м<sup>2</sup>

Мощный пандус 30 м<sup>2</sup>

4 отдельных гаража площадью 10 м<sup>2</sup> каждый



#### 1. Предварительные условия

1. Система водоотведения с шахтой за пределами здания
2. Допускается сброс смешанных стоков
3. Уровень обратного подпора совпадает с уровнем земли
4. Двухнасосная станция, многоквартирный дом
5. Влиянием ветра можно пренебречь
6. Дождь, перпендикулярный поверхности кровли (150 м<sup>2</sup>)

#### 2. Электропитание:

1. Возможно как переменным, так и постоянным током
2. Частота переменного тока 50 Гц

### 3. Расчет притока сточных вод $Q_s$

Показатель стока  $K$  для многоквартирных домов: 0,5 л/с

Источники сточных вод	Значение DU (пропускная способность)
8 душей	$8 \times 0,8$ л/с
4 ванны	$4 \times 0,8$ л/с
4 кухонные мойки	$4 \times 0,8$ л/с
4 посудомоечные машины	$4 \times 0,8$ л/с
4 стиральные машины (10 кг)	$4 \times 1,5$ л/с
1 канализационный сток в полу DN 50	$1 \times 0,8$ л/с
8 туалетов со смывными бачками на 6 л	$8 \times 2,0$ л/с
9 умывальников	$9 \times 0,5$ л/с
	43,3 л/с

$$Q_s [\text{л/с}] = K \cdot \sqrt{\sum DU} + Q_b,$$

где  $K$  - показатель стока [л/с];  
 $\sqrt{\sum DU}$  - пропускная способность [л/с];  
 $Q_b$  - величина стока при особой нагрузке [л/с].

$$Q_s = 0,5 \cdot \sqrt{43,3} + 0 = 3,29 \text{ л/с} (11,84 \text{ м}^3/\text{ч}).$$

Вычисленное значение больше пропускной способности (DU) самого крупного источника стока, и оно выбирается для дальнейших расчетов.

### 4. Расчет притока дождевой воды $Q_r$

Местоположение зданий не известно. За расчетное количество осадков выбирается значение 300 л на 1 га, т. к. паводок не принимается в расчет.

Площадь сбора дождевых вод	Коэффициент $C$
Площадь кровли $150 \text{ м}^2$	1,0
Пандус из бетонных плит $30 \text{ м}^2$	0,6
Отдельные гаражи площадью $10 \text{ м}^2$ каждый	1,0

$$Q_r [\text{л/с}] = ((C_1 \cdot A_1) + \dots + (C_z \cdot A_z)) \cdot r \cdot T_{(n)},$$

где  $C_1$  - коэффициент стока;  
 $A_1$  - площадь сбора дождевой воды [ $\text{м}^2$ ];  
 $r \cdot T_{(n)}$  - расчетное кол-во осадков [л/га].

$$Q_r = ((1 \cdot 150 \text{ м}^2) + (0,6 \cdot 30 \text{ м}^2) + (1 \cdot 40 \text{ м}^2)) \cdot 300 \text{ л/га} / 10000 \text{ м}^2 = 6,3 \text{ л/с}.$$

### 5. Расчет суммарного стока $Q_m$

$$Q_m [\text{л/с}] = Q_s [\text{л/с}] + Q_r [\text{л/с}].$$

$$Q_m = 3,29 \text{ л/с} + 6,3 \text{ л/с} = 9,6 \text{ л/с} (34,6 \text{ м}^3/\text{ч}).$$

### 6. Определение минимальной скорости потока

Дано: трубопровод длиной 25 м

Выбрано: материал для трубопроводов – серый чугун (GG) условный проход DN100

$$V_{min} [\text{м/с}] = \frac{Q_m}{\frac{\pi \cdot d_i^2}{4}} = \frac{Q_m [\text{м}^3]}{\frac{\pi \cdot (d_i [\text{м}])^2 \cdot 3600 [\text{с}]}{4}},$$

где  $Q_m$  - подача насосов [ $\text{м}^3/\text{ч}$ ];  
 $d_i$  - внутренний диаметр труб [м].

Проверка скорости потока

$$V_{\min} = \frac{34,6 \text{ м}^3 / \text{ч}}{0,785 \cdot (0,1 \text{ м})^2} = \frac{34,6 \text{ м}^3}{2826 \text{ с} \cdot 0,01 \text{ м}^2} = 1,23 \text{ м/с}.$$

Условие  $0,7 \text{ м/с} < V_{\min} < 2,5 \text{ м/с}$  выполняется.

#### 7. Выбор необходимой арматуры и фитингов

- 1 тройник DN 100 8,85 м
- 1 запорная арматура DN 100 0,7 м
- 1 обратный клапан DN 100 4,26 м
- 1 фланцевое колено с лапой DN 100 1,11 м
- 1 колено  $90^\circ$  DN 100 1,11 м

#### 8. Расчет напора

##### А. Геодезическая высота

$$H_{\text{гео-макс}} [\text{м}] = NN_1 - NN_0,$$

где  $NN_1$  - высота петли обратного подпора [м];

$NN_0$  - высота уровня воды в шахте [м].

$$H_{\text{гео-макс}} = 4 \text{ м} - 1 \text{ м} = 3 \text{ м}.$$

##### В. Потери в трубопроводах

Согласно диаграмме для нового GG-трубопровода (DN 100) длиной 25 м:

$H^*_{\text{VL}} = 2 \text{ м}/100 \text{ м}$  трубопровода соответствует  $0,02 \text{ м/м}$ .

$$H_{\text{VL}} [\text{м}] = H^*_{\text{VL}} \cdot L,$$

где  $H^*_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах;

$L$  - длина трубопровода [м].

$$H_{\text{VL}} = 0,02 \cdot 25 \text{ м} = 0,5 \text{ м}.$$

##### С. Потери давления в арматуре

$$H_{\text{VA}} [\text{м}] = (H_{\text{VA1}} + H_{\text{VA2}} \dots + H_{\text{VA}n}) \cdot H^*_{\text{VL}},$$

где  $H_{\text{VA1}}$  - потери в арматуре 1 [м];

$H_{\text{VA2}}$  - потери в арматуре 2 [м];

$H^*_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах.

$$H_{\text{VA}} = (8,85 \text{ м} + 4,26 \text{ м} + 0,7 \text{ м} + 1,11 \text{ м} + 0,38 \text{ м}) \cdot 0,02 = 0,32 \text{ м}.$$

##### Д. Напор

$$H_{\text{общ.}} [\text{м}] = H_{\text{гео-макс.}} + H_{\text{VA}} + H_{\text{VL}},$$

где  $H_{\text{гео-макс.}}$  - геодезическая высота [м];

$H_{\text{VA}}$  - потери в арматуре [м];

$H_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах [м].

$$H_{\text{общ.}} = 3 \text{ м} + 0,5 \text{ м} + 0,32 \text{ м} = 3,82 \text{ м}.$$

Расчетная рабочая точка:  $Q = 34,6 \text{ м}^3/\text{ч}$  (9,6 л/с);  $H_{\text{общ.}} = 3,82 \text{ м}$

#### 9. Подбор типа раб. колеса/ установки водоотведения

Тип рабочего колеса выбирается с учетом свойств перекачиваемой жидкости. В данном случае рекомендуется двухканальное рабочее колесо.

**Реально подобран насос Pedrollo MСт 10/50 с параметрами:  $H_{\text{общ.}} = 4 \text{ м}$ ,  $Q = 38 \text{ м}^3/\text{ч}$  (10.6 л/с).**

10. Расчет шахты  
А. Полезный объем

$$V_{\text{Nutz}} = \frac{0,9 \cdot Q_{\text{факт}}}{Z},$$

где  $Q_{\text{факт}}$  - суммарная подача [л/с];  
 $Z$  - частота включений насоса [1/ч].

$$V_{\text{Nutz}} = \frac{0,9 \cdot 10,6}{20} = 0,48 \text{ м}^3.$$

В. Высота шахты (внутри)

а. Высота “мокрой” части шахты

$$H_{\text{Zu-Q}}[\text{м}] = \frac{V_{\text{Nutz}}}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{Beh}})^2\right)} + H_{\text{Beh-min}},$$

где  $V_{\text{Nutz}}$  - полезный объем шахты [м<sup>3</sup>];  
 $D_{\text{Beh}}$  - диаметр шахты по данным изготовителя [м];  
 $H_{\text{Beh-min}}$  - минимальный уровень стоков в шахте = покрытие насоса водой [м].

$$H_{\text{Zu-Q}}[\text{м}] = \frac{0,48 \text{ м}^3}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot (1,5 \text{ м})^2\right)} + 0,34 \text{ м} = \frac{0,48 \text{ м}^3}{0,785 \cdot 2,25 \text{ м}^2} + 0,34 \text{ м} = 0,61 \text{ м}.$$

б. Общая высота шахты

$$H_{\text{шахта-общ.}}[\text{м}] = H_{\text{Zu-Q}} + D_{\text{подв.}} + D_{\text{напор.}} + H_{\text{пром.}}$$

где  $H_{\text{Zu-Q}}$  - высота «мокрой» части шахты [м];  
 $D_{\text{подв.}}$  - диаметр подводящего трубопровода [м];  
 $D_{\text{напор.}}$  - диаметр напорного трубопровода [м];  
 $H_{\text{пром.}}$  - глубина промерзания [м].

Минимальная высота шахты:

$$H_{\text{шахта-общ.}} = 0,61 \text{ м} + 0,15 \text{ м} + 0,1 \text{ м} + 1 \text{ м} = 1,86 \text{ м}.$$

11. Определение уровней включения/выключения насосов

$$H_{\text{Signal}}[\text{м}] = \frac{V_{\text{Nuts}}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{Beh}})^2},$$

где  $V_{\text{Nuts}}$  - полезный объем резервуара [м<sup>3</sup>];  
 $D_{\text{Beh}}$  - диаметр шахты по данным изготовителя [м].

$$H_{\text{Signal}} = \frac{0,48 \text{ м}^3}{\frac{\pi}{4} \cdot (1,5 \text{ м})^2} = \frac{0,48 \text{ м}^3}{0,785 \cdot 2,25 \text{ м}^2} = 0,27 \text{ м}.$$

- минимальный уровень включения насоса: 0,61 м;
- уровень выключения насоса: 0,34 м.

### Пример

#### Стоки, содержащие фекалии — общесточная система

##### Перечень источников сточных вод

1 ванная комната с душем и ванной

1 ванная комната с душем

1 гостевой туалет

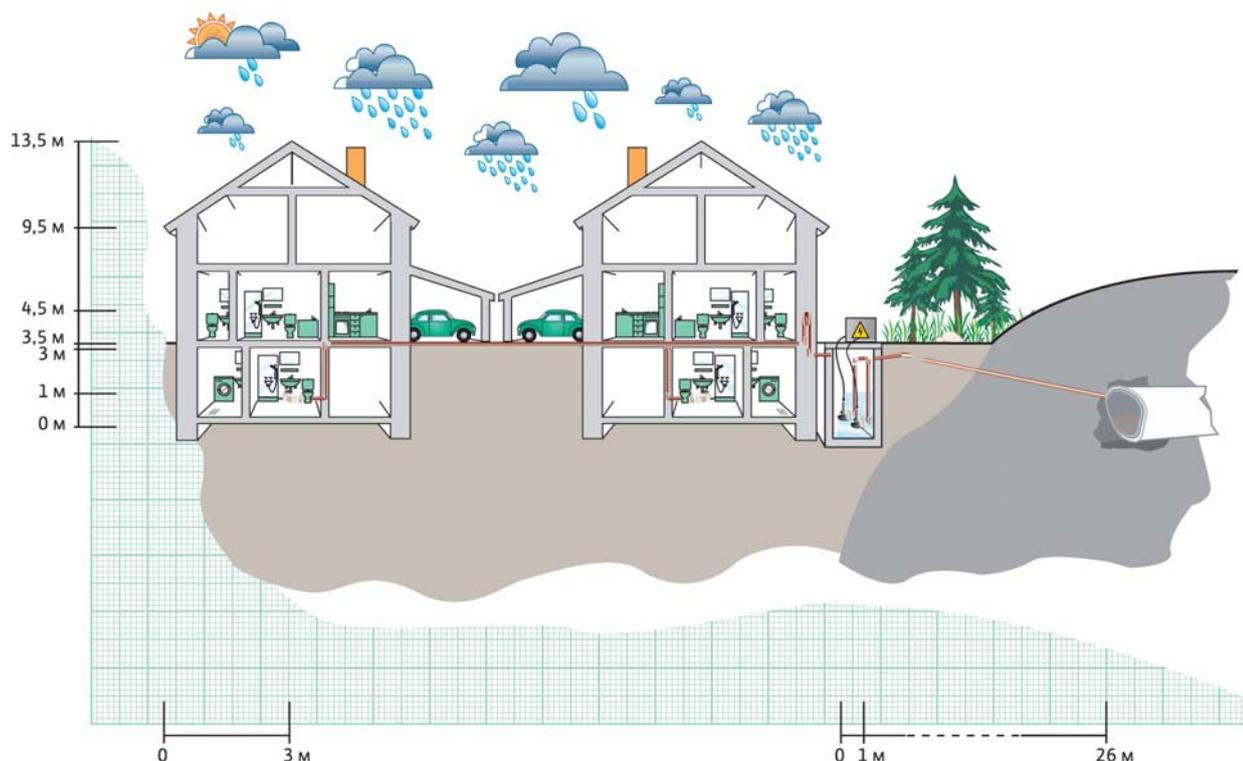
1 прачечная с 1 стиральной машиной (10 кг), 1 канализационный сток в полу, 1 умывальник

1 кухня, вкл. посудомоечную машину и раковину

Мощные пандусы для автотранспорта общей площадью 40 м<sup>2</sup>

Отдельные гаражи площадью 10 м<sup>2</sup> каждый

Длина дома = 10 м (длина карниза)



#### 1. Предварительные условия

1. Допускается сброс смешанных стоков
2. Оба дома занимают одинаковую площадь
3. Двухнасосная станция
4. При расчете дождевых стоков учитывать влияние ветра
5. Дождь, перпендикулярный поверхности кровли
6. Кол-во дождевых стоков одинаково у обоих домов, поскольку отсутствует заслоненность от ветра
7. Все источники сбрасывают стоки в шахту
8. Вывод стоков из подвала в шахту посредством компактной установки водоотведения

#### 2. Электропитание:

1. Возможно как переменным, так и постоянным током
2. Частота переменного тока 50 Гц

3. Расчет притока сточных вод  $Q_s$   
Показатель стока  $K$  для жилых домов: 0,5 л/с.

Источники стока	Значение DU
4 душа	$4 \times 0,8$ л/с
2 ванны	$2 \times 0,8$ л/с
2 кухонные мойки	$2 \times 0,8$ л/с
2 посудомоечные машины	$2 \times 0,8$ л/с
2 стиральные машины (10 кг)	$2 \times 1,5$ л/с
2 канализационных стока в полу DN 50	$2 \times 0,8$ л/с
6 туалетов со смывными бачками на 6 л	$6 \times 2,0$ л/с
8 умывальников	$8 \times 0,5$ л/с
	28,6 л/с

$$Q_s[\text{л/с}] = K \cdot \sqrt{\sum DU} + Q_b,$$

где  $K$  - показатель стока [л/с];  
 $\sqrt{\sum DU}$  - пропускная способность [л/с];  
 $Q_b$  - величина стока при особой нагрузке [л/с].

$$Q_s = 0,5 \cdot \sqrt{28,6} + 0 = 2,67 \text{ л/с} (9,6 \text{ л}^3/\text{ч}).$$

4. Расчет притока дождевой воды  $Q_r$

А. Расчет площади кровли

$$A_{\text{крыша}} [\text{м}^2] = L_{T2}(T_{\text{гориз.}} + 0,5 \cdot T_{\text{верт.}}),$$

где  $A_{\text{крыша}}$  - площадь кровли;  
 $L_{T2}$  - длина карниза<sub>2</sub> [м];  
 $T_{\text{гориз.}}$  - глубина кровли [м];  
 $T_{\text{верт.}}$  - высота кровли (вертик.) [м].

$$A_{\text{кровля}} = 10 \text{ м} \cdot (3 \text{ м} + 0,5 \cdot 4 \text{ м}) = 50 \text{ м}^2 \text{ на площадь кровли} = 100 \text{ м}^2 \text{ площадь кровли на каждый дом}$$

В. Расчет площади стен

$$A_{\text{стена}} [\text{м}^2] = 0,5 \cdot (L_{T2} \cdot H_{\text{стена}}),$$

где  $A_{\text{стена}}$  - площадь стен;  
 $L_{T2}$  - длина карниза<sub>2</sub> [м];  
 $H_{\text{стена}}$  - высота стен [м].

$$A_{\text{стена}} = 0,5 \cdot (10 \text{ м} \cdot 6 \text{ м}) = 30 \text{ м}^2.$$

С. Расчет общей площади сбора дождевой воды на каждый дом

$$A_{\text{общ.}} [\text{м}^2] = A_{\text{кровля}} + A_{\text{стена}},$$

где  $A_{\text{кровля}}$  - площадь кровли [м<sup>2</sup>];  
 $A_{\text{стена}}$  - площадь стен [м<sup>2</sup>].  
 На каждый дом:

$$A_{\text{общ.}} = 100 \text{ м}^2 + 30 \text{ м}^2 = 130 \text{ м}^2.$$

На два дома:

$$130 \text{ м}^2 \cdot 2 = 260 \text{ м}^2.$$

#### Д. Расчет притока дождевой воды

Площадь сбора дождевых вод	Коэффициент С
Площадь кровли 260 м <sup>2</sup>	1,0
Пандус из бетонных плит 40 м <sup>2</sup>	0,6
2 гаража по 10 м <sup>2</sup> на каждый	1,0

$$Q_r [\text{л/с}] = ((C_1 \cdot A_1) + \dots + (C_z \cdot A_z)) \cdot r \cdot T_{(n)},$$

где  $C_1$  - коэффициент стока;  
 $A_1$  - площадь сбора дождевой воды [м<sup>2</sup>];  
 $r \cdot T_{(n)}$  - расчетное кол-во осадков [л/га] (известное, привязанное к месту значение 277 л/га).

$$Q_r = ((1 \cdot 260 \text{ м}^2) + (0,6 \cdot 40 \text{ м}^2) + (1 \cdot 20 \text{ м}^2)) \cdot 277 \text{ л/га} / 10000 \text{ м}^2 = 8,42 \text{ л/с}.$$

#### 5. Расчет суммарного стока $Q_m$

$$Q_m [\text{л/с}] = Q_s [\text{л/с}] + Q_r [\text{л/с}].$$

$$Q_m = 2,67 \text{ л/с} + 8,42 \text{ л/с} = 11,09 \text{ л/с} (39,92 \text{ м}^3/\text{ч}).$$

#### 6. Расчет параметров трубопроводов или определение минимальной скорости потока

Дано: трубопровод длиной 29 м.

Выбрано: материал для трубопроводов GG — серый чугун условный проход DN 80

$$V_{min} [\text{м/с}] = \frac{Q_m}{\frac{\pi \cdot d_i^2}{4}} = \frac{Q_m [\text{м}^3]}{\frac{\pi \cdot (d_i [\text{м}])^2 \cdot 3600 [\text{с}]}{4}},$$

где  $Q_m$  - суммарная подача [м<sup>3</sup>/ч];  
 $d_i$  - внутренний диаметр труб [м].

Проверка скорости потока

$$V_{min} = \frac{39,9 \text{ м}^3/\text{ч}}{0,785 \cdot (0,08 \text{ м})^2} = \frac{39,9 \text{ м}^3}{2826 \text{ с} \cdot 0,0064 \text{ м}^2} = 2,21 \text{ м/с}.$$

Диаметр трубопроводов хорошо просчитан с учетом внутренних отложений и потерь, поскольку  $0,7 \text{ м/с} < V_{min.} < 2,5 \text{ м/с}$ . Этого достаточно для отвода сточных вод с твердыми частицами.

#### 7. Выбор необходимой арматуры и фитингов

- 1 тройник DN 80 6,58 м
- 2 запорной арматуры DN 80 1,12 м
- 2 обратных клапана DN 80 6,6 м
- 2 фланцевых колена с лапой DN 80 1,58 м
- 1 колено 45° DN 80 0,79 м

#### 8. Расчет напора

##### А. Геодезическая высота

$$H_{\text{гео-макс}} [\text{м}] = NN_1 - NN_0,$$

где  $NN_1$  - высота петли обратного подпора [м];  
 $NN_0$  - высота уровня воды в шахте [м].

$$H_{\text{гео-макс}} = 3 \text{ м} - 1 \text{ м} = 2 \text{ м}.$$

##### В. Потери в трубопроводах

Согласно диаграмме для нового трубопровода длиной 29 м из серого чугуна:

$H^*_{VL} = 7,5 \text{ м/100 м}$  трубопровода соответствует  $0,075 \text{ м/м}$

$$H_{VL} [\text{М}] = H^*_{VL} \cdot L,$$

где  $H^*_{VL}$  - потери в трубопроводах;

$L$  - длина трубопровода [м].

$$H_{VL} = 0,075 \cdot 29 \text{ м} = 2,18 \text{ м}.$$

С. Потери давления в арматуре

$$H_{VA} [\text{М}] = (H_{VA1} + H_{VA2} \dots + H_{VAn}) \cdot H^*_{VL},$$

где  $H_{VA1}$  - потери в арматуре 1 [м];

$H_{VA2}$  - потери в арматуре 2 [м];

$H^*_{VL}$  - потери в трубопроводах.

$$H_{VA} = (6,58 \text{ м} + 1,12 \text{ мм} + 6,6 \text{ м} + 1,58 \text{ м} + 0,79 \text{ м}) \cdot 0,075 = 1,25 \text{ м}.$$

D. Напор

$$H_{\text{общ.}} [\text{М}] = H_{\text{гео-макс.}} + H_{VA} + H_{VL},$$

где  $H_{\text{гео-макс.}}$  - геодезическая высота [м];

$H_{VA}$  - потери в арматуре [м];

$H_{VL}$  - потери в трубопроводах [м].

$$H_{\text{общ.}} = 2 \text{ м} + 2,18 \text{ м} + 1,25 \text{ м} = 5,43 \text{ м}.$$

9. Расчетная рабочая точка (минимальное значение):  $Q = 39,9 \text{ м}^3/\text{ч}$  (11,1 л/с);

$H_{\text{общ.}} \approx 5,43 \text{ м}$

*Реально подобран насос с одноканальным рабочим колесом, с параметрами:*

$H_{\text{общ.}} = 8,2 \text{ м}$ ,  $Q = 42 \text{ м}^3/\text{ч}$  (11,1 л/с).

10. Расчет шахты

A. Полезный объем

$$V_{\text{Nutz}} = \frac{0,9 \cdot Q_{\text{факт}}}{Z},$$

где  $Q_{\text{факт}}$  - подача насосов [л/с];

$Z$  - допустимая частота включений насоса [1/ч].

$$V_{\text{Nutz}} = \frac{0,9 \cdot 11,1}{20} = 0,5 \text{ м}^3.$$

B. Высота шахты (внутри)

a. Высота “мокрой” части шахты

$$H_{Zu-Q} [\text{М}] = \frac{V_{\text{Nutz}}}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{Beh}})^2 \right)} + H_{\text{Beh-min}},$$

где  $V_{\text{Nutz}}$  - полезный объем шахты [м<sup>3</sup>];

$D_{\text{Beh}}$  - диаметр шахты по данным изготовителя [м];

$H_{\text{Beh-min}}$  - минимальный уровень стоков в шахте = покрытие насоса водой [м].

$$H_{Zu-Q} [\text{М}] = \frac{0,5 \text{ м}^3}{\left( \frac{\pi}{4} \cdot (1,5 \text{ м})^2 \right)} + 0,3 \text{ м} = 0,6 \text{ м}.$$

b. Общая высота шахты

$$H_{\text{шахта-общ.}} [\text{М}] = H_{Zu-Q} + D_{\text{подв.}} + D_{\text{напор.}} + H_{\text{пром.}}$$

где  $H_{Zu-Q}$  - высота «мокрой» части шахты [м];  
 $D_{подв.}$  - диаметр подводящего трубопровода [м];  
 $D_{напор.}$  - диаметр напорного трубопровода [м];  
 $H_{пром.}$  - глубина промерзания [м].  
 $H_{шахта-общ.} = 0,6 \text{ м} + 0,1 \text{ м} + 0,08 \text{ м} + 1 \text{ м} = 1,78 \text{ м}.$

#### 11. Определение уровней включения/выключения насосов

$$H_{Signal}[M] = \frac{V_{Nuts}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D_{Beh})^2},$$

где  $V_{Nuts}$  - полезный объем резервуара [м<sup>3</sup>];  
 $D_{Beh}$  - диаметр шахты по данным изготовителя [м].

$$H_{Signal} = \frac{0,5 \text{ м}^3}{\frac{\pi}{4} \cdot (1,5 \text{ м})^2} = \frac{0,5 \text{ м}^3}{0,785 \cdot 2,25 \text{ м}^2} = 0,3 \text{ м}.$$

- минимальный уровень включения насоса: 0,6 м;
- уровень выключения насоса: 0,3 м.

#### **Пример**

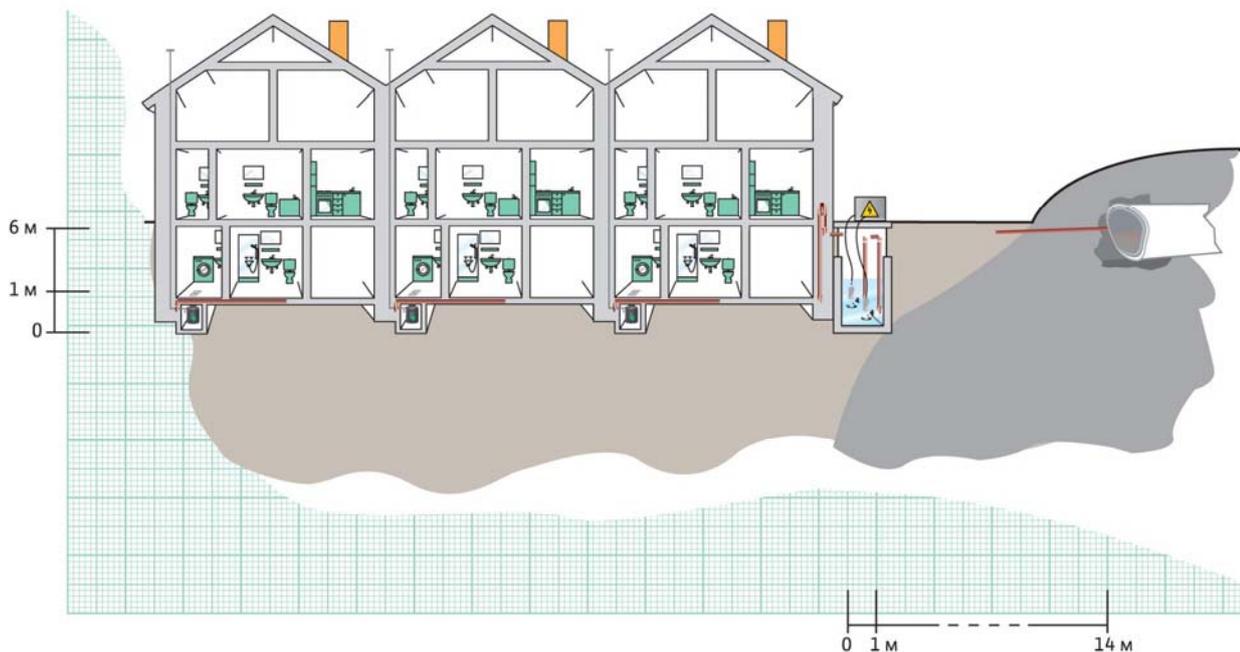
#### **Стоки, содержащие фекалии — раздельная система**

##### Перечень источников стоков

6 ванных комнат (3 с душем и 3 с ванной)

3 кухни с посудомоечными машинами

3 прачечные с 3 стиральными машинами (10 кг) и 3 канализационными стоками в полу DN 50



#### 1. Предварительные условия

1. 3 односемейных дома рядной застройки
2. Раздельная система
3. Уровень обратного подпора совпадает с уровнем земли
4. Система водоотведения с шахтой за пределами здания

5. Двухнасосная установка
6. Стоки из всех источников, расположенных ниже уровня обратного подпора, будут сливаться в шахту при помощи компактных установок водоотведения

2. Электропитание:

1. Возможно как переменным, так и постоянным током
2. Частота переменного тока 50 Гц

3. Расчет притока сточных вод  $Q_s$

Показатель стока  $K$  для многоквартирных домов: 0,5 л/с

Источники стока	Значение DU
3 душа	$3 \times 0,8$ л/с
3 ванны	$3 \times 0,8$ л/с
3 кухонные мойки	$3 \times 0,8$ л/с
3 посудомоечные машины	$3 \times 0,8$ л/с
3 стиральные машины (10 кг)	$3 \times 1,5$ л/с
3 канализационных стока в полу DN 50	$3 \times 0,8$ л/с
9 туалетов со смывными бачками на 6 л	$9 \times 2,0$ л/с
9 умывальников	$9 \times 0,5$ л/с
	39 л/с

$$Q_s[\text{л/с}] = K \cdot \sqrt{\sum DU} + Q_b,$$

- где  $K$  - показатель стока [л/с];  
 $\sqrt{\sum DU}$  - пропускная способность [л/с];  
 $Q_b$  - величина стока при особой нагрузке [л/с].

$$Q_s = 0,5 \cdot \sqrt{39} + 0 = 3,12 \text{ л/с} (11,23 \text{ м}^3 / \text{ч}).$$

Вычисленное значение больше пропускной способности (DU) самого крупного источника стока, и оно выбирается для дальнейших расчетов.

4. Расчет притока дождевой воды  $Q_r$

Не требуется, поскольку система раздельная.

5. Расчет суммарного стока  $Q_m$

Не требуется, поскольку система раздельная.

6. Расчет параметров трубопроводов или определение минимальной скорости потока

Дано: трубопровод длиной 20 м.

Выбрано: материал для трубопровода PE100HD условный проход DN 50.

$$V_{min}[\text{м/с}] = \frac{Q_{ben}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2} = \frac{Q_{ben}[\text{м}^3]}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_i[\text{м}])^2 \cdot 3600[\text{с}]},$$

- где  $Q_{ben}$  - подача насосов [м<sup>3</sup>/ч];  
 $d_i$  - внутренний диаметр труб [м].

Проверка скорости потока

$$V_{min} = \frac{11,23 \text{ м}^3 / \text{ч}}{0,785 \cdot (0,051 \text{ м})^2} = \frac{11,23 \text{ м}^3}{2826 \text{ с} \cdot 0,0026 \text{ м}^2} = 1,53 \text{ м/с}.$$

Условие  $0,7 \text{ м/с} < V_{\text{мин}} < 2,5 \text{ м/с}$  выполняется.

#### 7. Выбор необходимой арматуры и фитингов

- 1 тройник DN 50 3,87 м
- 1 запорная арматура DN 50 0,38 м
- 1 обратный клапан DN 50 1,84 м
- 1 фланцевое колено с лапой DN 50 0,38 м
- 1 колено 90° DN 50 0,38 м

#### 8. Расчет напора

##### А. Геодезическая высота

$$H_{\text{гео-макс}} [\text{м}] = NN_1 - NN_0,$$

где  $NN_1$  - высота петли обратного подпора [м];

$NN_0$  - высота уровня воды в шахте [м].

$$H_{\text{гео-макс}} = 6 \text{ м} - 1 \text{ м} = 5 \text{ м}.$$

##### В. Потери в трубопроводах

Согласно таблице для трубопровода PE 100 HD (DN 50) длиной 20 м:

$H^*_{\text{VL}} = 5 \text{ м}/100 \text{ м}$  трубопровода соответствует 0,05 м/м.

$$H_{\text{VL}} [\text{м}] = H^*_{\text{VL}} \cdot L,$$

где  $H^*_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах;

$L$  - длина трубопровода [м].

$$H_{\text{VL}} = 0,05 \cdot 20 \text{ м} = 1 \text{ м}.$$

##### С. Потери давления в арматуре

$$H_{\text{VA}} [\text{м}] = (H_{\text{VA1}} + H_{\text{VA2}} \dots + H_{\text{VAn}}) \cdot H^*_{\text{VL}},$$

где  $H_{\text{VA1}}$  - потери в арматуре 1 [м];

$H_{\text{VA2}}$  - потери в арматуре 2 [м];

$H^*_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах.

$$H_{\text{VA}} = (3,87 \text{ м} + 0,38 \text{ м} + 1,84 \text{ м} + 0,38 \text{ м} + 0,38 \text{ м}) \cdot 0,05 = 0,3 \text{ м}.$$

##### Д. Напор

$$H_{\text{общ.}} [\text{м}] = H_{\text{гео-макс.}} + H_{\text{VA}} + H_{\text{VL}},$$

где  $H_{\text{гео-макс.}}$  - геодезическая высота [м];

$H_{\text{VA}}$  - потери в арматуре [м];

$H_{\text{VL}}$  - потери в трубопроводах [м].

$$H_{\text{общ.}} = 5 \text{ м} + 0,3 \text{ м} + 1 \text{ м} = 6,3 \text{ м}.$$

Расчетная рабочая точка (минимальное значение):  $Q = 11,24 \text{ м}^3/\text{ч}$  (3,12 л/с);  $H_{\text{общ.}} = 6,3 \text{ м}$ .

#### 9. Выбор насоса/установки водоотведения

Тип рабочего колеса выбирается с учетом свойств перекачиваемой жидкости. В данном случае: рекомендуется выбрать вихревое колесо с режущим механизмом.

**Реально подобран насос Zenit GRS 100c параметрами:  $H_{\text{общ.}} = 10 \text{ м}$ ,  $Q = 13 \text{ м}^3/\text{ч}$  (3,6 л/с)**

#### 10. Расчет шахты

##### А. Полезный объем

$$V_{\text{Nutz}} = \frac{0,9 \cdot Q_{\text{факт}}}{Z},$$

где  $Q_{\text{факт}}$  - подача насосов [л/с];

$Z$  - допустимая частота включений насоса [1/ч].

$$V_{\text{Nutz}} = \frac{0,9 \cdot 3,6}{20} = 0,16 \text{ м}^3 .$$

## В. Высота шахты (внутри)

### а. Высота “мокрой” части шахты

$$H_{\text{Zu-Q}}[\text{М}] = \frac{V_{\text{Nutz}}}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{Beh}})^2\right)} + H_{\text{Beh-min}} ,$$

где  $V_{\text{Nutz}}$  - полезный объем шахты [м<sup>3</sup>];  
 $D_{\text{Beh}}$  - диаметр шахты по данным изготовителя [м];  
 $H_{\text{Beh-min}}$  - минимальный уровень стоков в шахте = покрытие насоса водой [м].

$$H_{\text{Zu-Q}}[\text{М}] = \frac{0,16 \text{ м}^3}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot (0,84 \text{ м})^2\right)} + 0,245 \text{ м} = 0,53 \text{ м} .$$

### б. Общая высота шахты

$$H_{\text{шахта-общ.}} [\text{М}] = H_{\text{Zu-Q}} + D_{\text{подв.}} + D_{\text{напор.}} + H_{\text{пром.}}$$

где  $H_{\text{Zu-Q}}$  - высота «мокрой» части шахты [м];  
 $D_{\text{подв.}}$  - диаметр подводящего трубопровода [м];  
 $D_{\text{напор.}}$  - диаметр напорного трубопровода [м];  
 $H_{\text{пром.}}$  - глубина промерзания [м].

$$H_{\text{шахта-общ.}} = 0,53 \text{ м} + 0,05 \text{ м} + 0,05 \text{ м} + 1 \text{ м} = 1,63 \text{ м} .$$

## Оборудование для шахт

### Определение размеров шахт/ планировка шахты

1. Для определения размеров насосной станции параметры шахты или тип насоса имеют большое, однако, не решающее значение. Главную роль играют трубопроводы, трубопроводная и запорная арматура и конструктивные элементы шахты, такие как прокладка трубопровода и т. д.
2. Необходимо предусмотреть запорную арматуру для ремонта и обслуживания.
3. Расчет размеров напорных трубопроводов выполняется в соответствии с заданными параметрами действующих стандартов (напр. значениями скорости жидкости).
4. Запорную арматуру размещайте на напорном трубопроводе в верхней зоне шахты, чтобы не допустить образования отложений.
5. Максимальный уклон пола шахты может достигать 40°, это облегчает поступление твердых частиц к насосу.
6. В районе водоприемника шахты необходимо предусмотреть установку отбойных щитков для защиты насоса от повреждений при большом напоре поступающей воды и стабилизацию перекачиваемой жидкости (предотвращение попадания воздуха в насос).
7. Обратный клапан и задвижка арматурного отсека должны устанавливаться на трубопроводе в его верхней части, чтобы обеспечить легкий доступ при техническом обслуживании, очистке и проверке.
8. Если трубопровод, по которому отводятся стоки из шахты, проложен ниже ее уровня, то необходимо предусмотреть каналы, соединяющие этот трубопровод с атмосферой, чтобы исключить осушения шахты, включая рабочую зону насоса.
9. Еще на этапе строительства необходимо предусмотреть заземление фундамента или установку полосового заземлителя для выравнивания потенциалов.

## Таблицы и диаграммы для расчета систем водоотведения

### Показатель стока для типичных источников стоков

Типы зданий	Коэффициент К
Нерегулярно используемые здания, например, дома, рестораны, пансионаты, гостиницы, административные здания	0,5
Больницы, большие гастрономы, гостиничные комплексы и т. д.	0,7
Регулярно используемые здания, например, школы, прачечные, общественные туалеты, бани	1,0
Установки специального назначения, такие как лаборатории промышленных предприятий	1,2

### Пропускная способность (DU) сантехнического оборудования

Для установок с одним стояком с частичным наполнении соединительных трубопроводов		
Санитарно-технический прибор	DU [л/с]	DU [м <sup>3</sup> /ч]
Умывальник, биде	0,5	1,8
Мойка, бытовая посудомоечная машина, кухонная раковина	0,8	2,88
Душ без пробки	0,6	2,16
Душ с пробкой	0,8	2,88
Стиральная машина до 6 кг белья	0,8	2,88
Стиральная машина до 10 кг белья	1,5	5,4
Профессиональные или промышленные посудомоечные машины	2,0**	7,2
Писсуар со смывным устройством (отдельно)	0,5	1,8
До 2 писсуаров	0,5	1,8
До 4 писсуаров	1	3,6
До 6 писсуаров	1,5	5,4
На каждые два последующие писсуара	0,5	1,8
Канализационный сток в полу:		
DN 50	0,8	2,88
DN 70	1,5	5,4
DN 100	2,0	7,2
Унитаз со смывным бачком (6 л)	2,0	7,2
Унитаз со смывным бачком (7,5 л)	2,0	7,2
Унитаз со смывным бачком (9 л)	2,5	9
Гидромассажная ванна для ног	0,5	1,8
Ванна	0,8	2,88

\*\* С учетом данных завода изготовителя.

## Нормы водопотребления

Виды и объекты водопотребления	от...литров	до...литров
<u>Одноквартирный/многоквартирный дом</u>		
Питьевая вода, вода для уборки, на одного человека в день	20	30
Стирка белья, на кг	25	75
Смыв унитаза, разовый	6	10
Принятие ванной	150	250
Принятие душа	40	140
Полив газонов, на один м <sup>2</sup> в день	1,5	3
Полив огорода, на один м <sup>2</sup> в день	5	10
<u>Гостиница/Общественное здание</u>		
Школа, на одного человека в день	5	6
Казарма, на одного человека в день	100	150
Больница, на одного человека в день	100	650
Гостиница, на одного человека в день	100	130
Обществ. бассейн, на один м <sup>3</sup> в день	450	500
Пожарный гидрант, на одну секунду	5	10
<u>Производство/Промышленность</u>		
Бойня, на одну голову крупного скота	300	500
Бойня, на одну голову мелкого скота	150	300
Прачечная, на одну загрузку	1000	1200
Пивоваренный завод, на один гектолитр пива	250	500
Молочная ферма, на один литр молока	0,5	4
Ткацкая фабрика, на один кг ткани	900	1000
Сахарный завод, на один кг сахара	90	100
Мясокомбинат, на один кг мяса/колбасы	1	3
Бумажная фабрика, на один кг тонкой бумаги	1500	3000
Бетонный завод, на один м <sup>3</sup> бетона	125	150
Стройка, на одну тысячу кирпича кирпичной кладки	650	750
Предприятия пищевой промышленности, на один кг крахмала	1	6
Предприятия пищевой промышленности, на один кг маргарина	1	3
Ткацкая фабрика, на один кг шерсти	90	110
Горнодобывающее предприятие, на один кг угля	20	30
<u>Сельхозпредприятия</u>		
Крупный рогатый скот, на одну голову в день	50	60
Овцы, телята, свиньи, козы, на одну голову в день	10	20
<u>Транспорт</u>		
Мойка легкового автомобиля	100	200
Мойка грузового автомобиля	200	300
Мойка грузового фургона	2000	2500
Мойка фургона для перевозки птицы	7000	30000

Коэффициенты стока С для расчета количества осадков  $Q_r$

№	Вид поверхности	Коэффициента стока С
1	Водонепроницаемые поверхности, напр.	
	• Кровли с уклоном $< 3^\circ$	1,0
	• Бетонные поверхности	1,0
	• Платформы	1,0
	• Твердые покрытия с заделанными швами	1,0
	• Асфальтовое покрытие	1,0
	• Мостовая с заполненными швами	1,0
	• Кровли с уклоном $< 3^\circ$	1,0
	• Крыши с гравийной засыпкой	0,8
	• Озеленяемые кровли*	
	• Для кровель с интенсивным озеленением	0,5
• Для кровель с экстенсивным озеленением при толщине насыпного субстрата более 10 см	0,3	
• Для кровель с экстенсивным озеленением при толщине насыпного субстрата менее 10 см	0,5	
2	Частично водопроницаемые поверхности и поверхности с незначительным отводом вод	
	• Не мощеные улицы, двory, прогулочные бульвары	0,5
	• Поверхности из плит	
	• Мощеные покрытия, с площадью швов $> 15\%$ напр. 10 см $\times$ 10 см и меньше	0,6
	• Покрытия из фракционного материала	0,5
	• Детские игровые площадки с укрепленной поверхностью	0,3
	• Спортивные площадки с дренажной системой	
	• Синтетические покрытия, искусственные газоны	0,6
• Рулонные газоны	0,4	
• Натуральные газоны	0,3	
3	Водопроницаемые покрытия без отвода вод (или с незначительным отводом), напр.	
	• Парки и луга, щебеночные – и шлаковые покрытия, гравий включая укрепленные участки, такие как	0,0
	• садовые дорожки с фракционным покрытием или	0,0
	• подъезды и отдельные стоянки с газонами	0,0

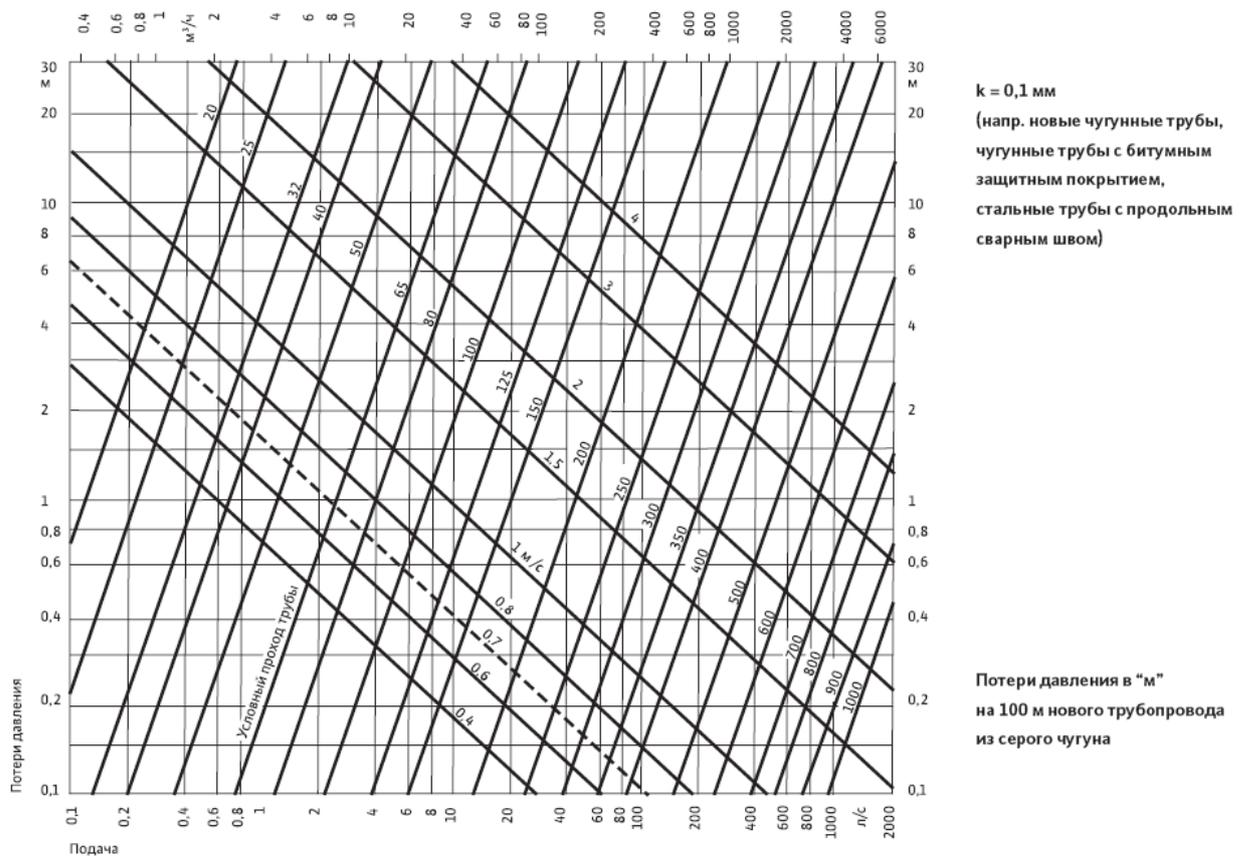
\* В соответствии с инструкцией по планированию, устройству кровельных озеленений и уходу за ними — инструкцией по озеленению



Потери давления для пластмассовых трубопроводов РЕ-НД

Услов. проход	DN 80		DN 100		DN 100		DN 125		DN 150	
	dx, мм	73,6	110×10,0	90	125×11,4	102,2	140×12,8	114,4	160×14,6	130,8
Q	скорость л/с	потери давления Р бар/100 м	скорость м/с	потери давления Р бар/100 м						
0,3	0,06	0,01								
0,3	0,07	0,0015								
0,4	0,09	0,0023	0,06	0,0009						
0,5	0,12	0,0033	0,08	0,0013	0,06	0,0007				
0,6	0,15	0,0049	0,1	0,0019	0,08	0,001	0,06	0,0006		
0,8	0,19	0,0075	0,13	0,0029	0,1	0,0016	0,08	0,0009	0,06	0,0005
1,0	0,24	0,0111	0,16	0,0043	0,12	0,0023	0,1	0,0014	0,07	0,0007
1,3	0,29	0,0163	0,2	0,0063	0,15	0,0034	0,12	0,0002	0,09	0,0011
1,6	0,38	0,0252	0,25	0,0097	0,2	0,0054	0,16	0,0031	0,12	0,0016
2,0	0,47	0,0374	0,31	0,0143	0,24	0,0078	0,2	0,0046	0,15	0,0024
2,5	0,59	0,0555	0,39	0,0212	0,31	0,0116	0,24	0,0068	0,19	0,0036
3,2	0,74	0,0838	0,5	0,032	0,38	0,0174	0,31	0,0102	0,23	0,0054
4,0	0,94	0,1285	0,63	0,489	0,49	0,0266	0,39	0,0155	0,3	0,0082
5,0	1,18	0,1917	0,79	0,0729	0,61	0,0396	0,49	0,0231	0,37	0,0121
6,3	1,48	0,2908	0,99	0,1103	0,77	0,0598	0,61	0,0348	0,47	0,0183
8,0	1,88	0,448	1,26	0,1695	0,98	0,0919	0,78	0,0534	0,6	0,0281
10,0	2,35	0,6722	1,57	0,2537	1,22	0,1373	0,97	0,0797	0,74	0,0419
13,0	2,94	1,0104	1,97	0,3804	1,52	0,2056	1,22	0,1193	0,93	0,0625
16,0			2,52	0,5966	1,95	0,3219	1,56	0,1865	1,19	0,0976
20,0			3,14	0,8977	2,44	0,4836	1,95	0,2798	1,49	0,1463
25,0					3,05	0,7279	2,43	0,4205	1,86	0,2195
32,0							3,0650 0,6424		2,34	0,3347
40,0									2,98	0,5188

## Потери давления в трубопроводах и коэффициенты корректировки



### Коэффициенты корректировки для трубопроводов из других материалов или старых трубопроводов

0,1	новые гальванизированные стальные трубы
0,8	новые катаные стальные трубы, новые полимерные трубы
1,0	новая чугунная труба, битумная чугунная труба
1,25	старые чугунные трубы с налетом ржавчины
1,5	новые оцинкованные стальные трубы, чугунные трубы после очистки
1,7	трубы с накипью
2	новые бетонные трубы средней шероховатости
2,5	керамические трубы
3	новые бетонные трубы с затертой поверхностью
15-30	чугунные трубы с легким и сильным коркообразованием

### Потери давления в арматуре

Значения потерь давления в арматуре даны относительно коэффициента потерь давления в трубопроводе (т.е. например, потеря давления в тройнике DN 32 соответствует потерям давления соответствующего трубопровода (32) на участке, длиной 2,02 м)									
Тип сопротивления		DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 150	DN 200
Разветвление, тройник		2,02	2,74	3,87	5,61	6,58	8,85	15,45	23,36
Диффузор		0,85	1,13	1,5	2,29	2,4	3,72	5,02	13,22
Конфузор		1,08	1,45	1,94	2,46	3,19	4,85	8,04	19,25
Ступенчатый диффузор		0,24	0,34	0,48	0,56	0,76	1,05	1,96	2,6
Ступенчатый конфузор		0,29	0,42	0,6	0,7	0,95	1,31	2,45	3,25
Колено с R=d и углом поворота 45°		0,11	0,15	0,2	0,3	0,4	0,55	0,95	1,4
60°		0,15	0,2	0,28	0,43	0,59	0,93	1,5	2,28
90°		0,19	0,27	0,38	0,58	0,79	1,11	2,06	3,18
Обратный клапан		1,7	1,48	1,84	2,6	3,3	4,26	7,26	10,58
Задвижка, шаровые краны		0,27	0,3	0,38	0,49	0,56	0,7	1,08	1,45

Таблицы пересчета размерностей

Таблица пересчета длин, объемов и весов					
0,03937 дюйма=	1 мм	25,4 мм=	1 дюйм		
0,3937 дюйма=	1 см	2,54 см=	1 дюйм		
39,37 дюйма=	1 м	0,0254 м=	1 дюйм		
3,281 фута=	1 м	0,03048 м=	1 фут		
1,0936 ярда=	1 м	0,9144 м=	1 ярд		
0,6214 мили	1 км	1,609 км =	1 миля		
1 кВт	1, 341 л.с.	0,7455 л.с.=	1 кВт		
1 дюйм=	0,0833 фута	1 фут=	12 дюймов		
1 фут=	0,3333 ярда	1 ярд=	3 фута		
1 ярд=	0,000568 мили	1 миля=	1,76 ярда		
1 л/с=	0,016 л/мин	1 л/мин=	60 л/с		
1 л/мин=	0,016 л/час	1 л/час=	60 л/мин		
1 л/с=	60 л/час	1 л/час=	3600 л/с		
	<b>см</b>	<b>м</b>	<b>дюйм</b>	<b>фут</b>	<b>ярд</b>
1 см	1	0,01	0,3937	0,0328	0,0109336
1 м	100	1	39,37	3,2808	1,0936
1 дюйм	2,54	0,00254	1	0,0833	0,028
1 фут	10,48	0,3048	12	1	0,333
1 ярд	91,44	0,9144	36	3	1
	<b>см<sup>2</sup></b>	<b>м<sup>2</sup></b>	<b>дюйм<sup>2</sup></b>	<b>фут<sup>2</sup></b>	<b>ярд<sup>2</sup></b>
1 см <sup>2</sup>	1	10 <sup>-4</sup>	0,15499969	1,0763867×10 <sup>-3</sup>	1,1959853×10 <sup>-3</sup>
1 м <sup>2</sup>	10 <sup>4</sup>	1	1549,9969	10,763867	1,1959853
1 дюйм <sup>2</sup>	6,4516	6,4516258×10 <sup>-4</sup>	1	6,9444444×10 <sup>-3</sup>	7,7160494×10 <sup>-3</sup>
1 фут <sup>2</sup>	929,034	0,092903412	144	1	2
1 ярд <sup>2</sup>	8361,307	0,8361307	1296	9	0,1111111
	<b>см<sup>3</sup></b>	<b>дюйм<sup>3</sup></b>	<b>фут<sup>3</sup></b>		
1 см <sup>3</sup>	1	0,061023378	3,5314455×10 <sup>-4</sup>		
1 дюйм <sup>3</sup>	16,387162	6,4516258×10 <sup>-4</sup>	1		
1 фут <sup>3</sup>	2,8317017×10 <sup>-4</sup>	0,092903412	144		
1 мл	1,000028	0,8361307	1296		
1 л	1,000028×10 <sup>-3</sup>	836,1307	1296000		
1 галлон	3,7854345×10 <sup>-3</sup>	4,3290043×10 <sup>-3</sup>	7,4805195		
	<b>мл</b>	<b>литр</b>	<b>галлон</b>		
1 см <sup>3</sup>	0,999972	0,9999720×10 <sup>-3</sup>	2,6417047×10 <sup>-4</sup>		
1 дюйм <sup>3</sup>	16,3867	1,63870×10 <sup>-2</sup>	4,3290043×10 <sup>-3</sup>		
1 фут <sup>3</sup>	2,831622×10 <sup>-4</sup>	28,31622	7,4805195		
1 мл	1	0,001	2,641779×10 <sup>-4</sup>		
1 л	10 <sup>-3</sup>	1	0,2641779		
1 галлон	3,8785329×10 <sup>-3</sup>	0,3785329	1		
	<b>г</b>	<b>кг</b>	<b>фунт</b>	<b>метрич. т</b>	<b>т</b>
1 г	1	10 <sup>-3</sup>	2,2046223×10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	1,1023112×10 <sup>-6</sup>
1 кг	10 <sup>3</sup>	1	2,2046223	10 <sup>-3</sup>	1,1023112×10 <sup>-3</sup>
1 фунт	4,5359243×10 <sup>2</sup>	0,45359243	1	4,5359243×10 <sup>-4</sup>	0,0005
1 метрич. т	10 <sup>6</sup>	10 <sup>-3</sup>	2204,6223	1	1,1023112
1 т	907184,86	907,18486	2000	0,90718486	1

**Таблица пересчета температур**

Пересчет		Формула пересчета
из	в	
°C	°F	$t [^{\circ}\text{F}] = 1,8 \times t [^{\circ}\text{C}] + 32$
	K	$T [\text{K}] = t [^{\circ}\text{C}] + 273,15$
°F	°C	$t [^{\circ}\text{C}] = (t [^{\circ}\text{F}] - 32) : 1,8$
	K	$T [\text{K}] = (t [^{\circ}\text{F}] + 459,67) : 1,8$
K	°C	$t [^{\circ}\text{C}] = T [\text{K}] - 273,15$
	°F	$t [^{\circ}\text{F}] = 1,8 \times T [\text{K}] - 459,67$

## ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ

Циркуляционный насос - важнейший элемент системы отопления или горячего водоснабжения. Он заставляет жидкость циркулировать в замкнутом контуре, что повышает теплоотдачу в системе отопления. Насос позволяет также поддерживать постоянную температуру воды в системе горячего водоснабжения. Циркуляционный насос работает непрерывно, поэтому к нему предъявляются очень высокие требования - простота и надежность, малое потребление электроэнергии, бесшумность.

Предназначены для работы в насосных системах с рециркуляцией воды при стабильном или слабо меняющемся расходе. Применяется в отопительных системах и промышленных установках для однетрубных и двухтрубных систем, для систем отопления, размещенных под полом

Практика подтвердила их высокую эффективность и надежность.

Во-первых, за счет максимально рационального расхода энергии, идущей на обогрев здания. Ведь циркуляционный насос избавляет от необходимости сильного нагрева теплоносителя, без чего не обойтись при использовании схем с естественной циркуляцией. Сегодня, например, весьма популярными стали системы, в которых температура в подающем трубопроводе поддерживается на уровне всего лишь 55 градусов.

Во-вторых, появляется дополнительная возможность регулировать подачу теплоносителя в прямой зависимости от потребности в нем. Поясним этот тезис на конкретном примере. В большинстве эксплуатируемых жилых домов и промышленных зданий протяженность трубопроводов достаточно велика, и, естественно, проходящая по магистрали горячая вода успевает остыть, пока попадает к потребителю. Это не только создает дискомфорт для пользователя, но и приводит к материальным потерям. Современные циркуляционные насосы избавляют от этих неудобств и потерь, потому что оснащены устройствами, которые регулируют подачу воды по времени или температуре.

Экономически важным можно считать и такое обстоятельство: применение современного циркуляционного насоса удешевляет систему отопления или водоснабжения в целом, так как дает возможность применять трубы меньшего, чем при естественной циркуляции, диаметра, позволяет экономить до 30% топлива, используемого на нагрев теплоносителя.

### Виды циркуляционных насосов

Два наиболее распространенных вида циркуляционных насосов — насосы с "сухим" и "мокрым" роторами.

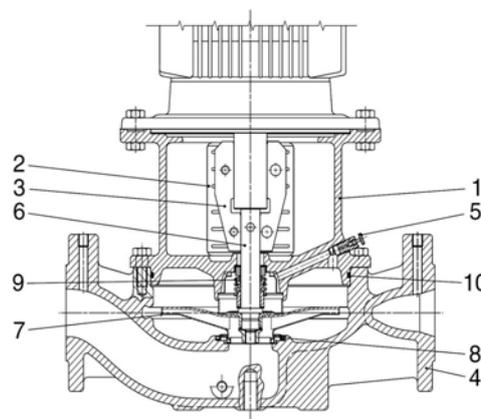
#### **Циркуляционный насос с "сухим" ротором**

К этому виду относят традиционные консольные, моноблочные, а также Inline-насосы.

#### Особенности

Насосы с сухим ротором используются для подачи жидкостей с большим напором. Лучше всего они подходят для подачи охлаждающей жидкости и агрессивных сред. В отличие от насосов с мокрым ротором, в этих насосах жидкость не соприкасается с мотором.

Еще одним их отличием от насосов с мокрым ротором является способ изоляции корпуса/вала насоса. Это достигается с



#### **Принципиальная конструкция насоса с сухим ротором:**

1 – фонарь; 2 – кожух муфты; 3 – муфта; 4 – корпус насоса; 5 – вентиляционная пробка; 6 – вал; 7 – рабочее колесо; 8 – щелевое уплотнение; 9 – торцевое уплотнение; 10 – уплотнительное кольцо.

помощью сальникового или скользящего торцевого уплотнений (СТУ).

В стандартных насосах с сухим ротором обычно используются трехфазные моторы с постоянной частотой вращения. Как правило, они регулируются через внешнюю электронную систему управления частотой вращения. Сегодня насосы с сухим ротором выпускаются со встроенным электронным блоком управления частотой вращения, который благодаря современной технологии может устанавливаться и на моторы с большой выходной мощностью.

Общий КПД насосов с сухим ротором существенно выше, чем у насосов с мокрым ротором.

Насосы с сухим ротором подразделяются на три основных типа:

#### 1. In-line насосы

Насосы, у которых всасывающий и напорный патрубки находятся на одной оси и имеют одинаковый условный проход, называются in-line насосами. In-line насосы оснащаются стандартными фланцевыми электромоторами с воздушным охлаждением.

Такой тип насосов считается наиболее подходящим для систем зданий, требующих большой выходной мощности. Эти насосы устанавливаются непосредственно на трубопровод. При этом трубопровод закрепляется кронштейнами или насос устанавливается на фундамент или отдельный кронштейн.

#### 2. Блочные насосы

Блочные насосы являются низконапорными центробежными насосами постоянной частоты вращения со стандартным электромотором воздушного охлаждения. Жидкость поступает в насос в осевом направлении, а выходит в радиальном. Кронштейны или опоры для мотора входят в стандартную комплектацию насосов.

#### 3. Консольные насосы

Данные центробежные насосы имеют осевой вход и радиальный выход жидкости из насоса. Насос и мотор имеют самостоятельные узлы крепления. Поэтому они устанавливаются на фундаментной плите.

В зависимости от жидкости и рабочих условий, они могут оснащаться СТУ или сальниковым уплотнением. Условный проход таких насосов определяется напорным патрубком. Всасывающий патрубок имеет больший условный проход.

#### Примечание:

Скользящее торцевое уплотнение (СТУ) - состоит из двух очень точно отполированных колец. При включении насоса кольца начинают вращаться друг относительно друга. Между поверхностями скольжения находится тонкая водяная пленка. Учитывая, что кольца прижаты друг к другу пружиной, при износе уплотнения происходит его самоподгонка. Это обеспечивает насосу гарантированную герметичность.

В зависимости от вида теплоносителя и его температуры в качестве материалов для торцевого уплотнителя используют графит, керамику, нержавеющей сталь, карбид вольфрама, оксид алюминия и другие материалы. Они во многом и обеспечивают длительный срок службы уплотняющих колец — при перекачке обычной воды в нормальных условиях эксплуатации они не требуют никакого обслуживания в течение 3-4 лет. Для сравнения скажем, что традиционная сальниковая набивка не обеспечивает должной герметичности, требует подвода воды для смазки и охлаждения, а также нуждается в регулярном обслуживании. СТУ подвержены износу. Работа насоса "на сухую" не допустима и может привести к разрушению СТУ.

### **Циркуляционный насос с "мокрым" ротором**

Циркуляционные насосы с "мокрым" ротором появились давно, в начале пятидесятых годов прошлого века. В странах, где не распространено централизованное теплоснабжение, они получили довольно широкое распространение. Естественно, у "мокрого" насоса ротор вместе с рабочим колесом погружен в перекачиваемую жидкость. Она смазывает подшипники вала и одновременно охлаждает мотор. Герметичность

находящейся под напряжением части двигателя обеспечивает разделительный стакан, изготовленный из нержавеющей немагнитной стали. Вал ротора часто делают из керамики, подшипники — из керамики или графита. Корпус насоса для систем отопления, как правило, отливают из чугуна. Для горячего водоснабжения используют модели с бронзовыми или латунными корпусами. Словом, делается все, чтобы обеспечить долговечную и устойчивую работу агрегата. К этой характеристике следует, видимо, добавить, что насосы "мокрого" типа работают практически бесшумно и в течение многих лет обходятся без технического обслуживания. Их монтаж, ремонт или замена не требуют таких трудоемких операций, как, например, центрирование. Но у этого "циркуляционника" есть, к сожалению, и серьезный изъян: КПД его работы не превышает 50 процентов, в то время как у "сухих" его собратьев этот показатель может подниматься до 80 процентов. Потому он больше востребован в малых системах отопления и горячего водоснабжения.

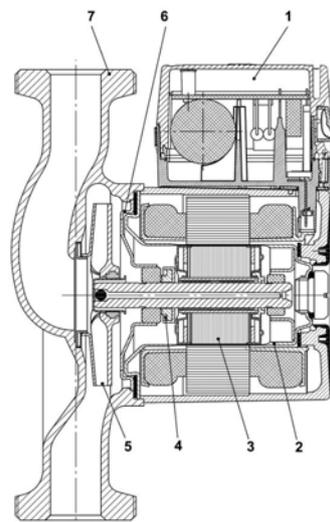
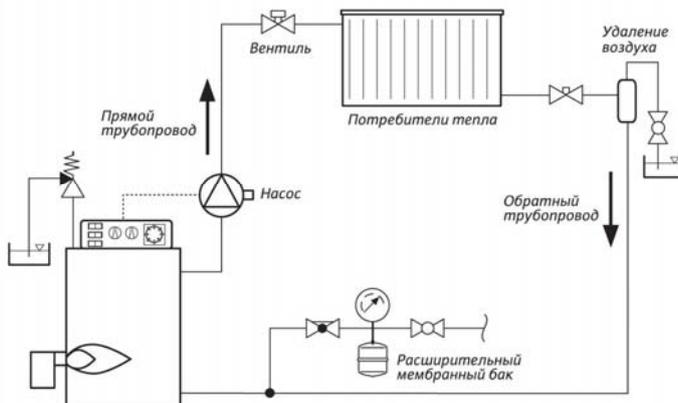
Установка насоса с мокрым ротором на прямую или обратную линию обеспечивает быстрое и интенсивное перемещение воды. В результате, появляется возможность использовать трубопроводы с меньшим сечением. Это приводит к снижению затрат на систему отопления. Это также означает, что в линиях системы теперь будет существенно меньшее количество воды. Система отопления может быстрее реагировать на колебания температуры и легче поддается регулировке.

#### Особенности

На рисунке изображён разрез циркуляционного насоса с мокрым ротором. Основной особенностью конструкции насосов этого типа является то, что ротор электродвигателя (3), закреплённый на валу, работает полностью погруженным в воду. За счет этого происходит смазка графитовых или керамических подшипников (4) и охлаждение двигателя. Крепление опорного подшипника осуществляется при помощи фиксатора (6). Статор, находящийся под напряжением, отделяется от перекачиваемой среды гильзой (2), изготовленной из немагнитной нержавеющей стали (толщина стенок гильзы составляет от 0,1 до 0,3 мм). Гильза крепится к корпусу насоса (7) через уплотняющую прокладку. На торцевой части корпуса электродвигателя установлена заглушка, назначением которой является удаление воздуха из гильзы.

Рабочее колесо (5), закрепляемое на валу с помощью шпильки или штифта, изготавливается из композитного полимерного материала (как правило, из полипропилена с армирующими и термоустойчивыми присадками). Вал, приводящий в

Насосная система отопления



Принципиальная конструкция насоса с мокрым ротором:

- 1 – клеммная коробка с частотной регулировкой;
- 2 – гильза;
- 3 – электродвигатель;
- 4 – подшипник;
- 5 – рабочее колесо;
- 6 – фиксатор;
- 7 – корпус.

движение рабочее колесо, изготавливается либо из нержавеющей стали, либо из металлокерамики.

В последнее время появились модификации насосов с мокрым ротором, в конструкции которых вал с подшипниками и ротором образуют единый блок, так называемый «картуш».

Такая конструкция позволяет исключить места застоя воздуха в корпусе и способствует его удалению при пуске насоса. Это также облегчает и ремонт насосов, т.к. производится простая замена отдельных узлов и деталей. Правда, все эти конструктивные изменения отрицательно влияют на стоимость насосов и, прежде всего на их эксплуатационную стоимость. Циркуляционные насосы с мокрым ротором обладают рядом преимуществ. Прежде всего, насосы этого типа практически не требуют технического обслуживания. Они отличаются бесшумностью в работе, оптимальными значениями между подачей и напором. К недостаткам таких насосов можно отнести только их ограниченность по производительности. Связано это со сложностью герметизации гильзы, отделяющей воду от статора, при переходе на большие диаметры ротора.

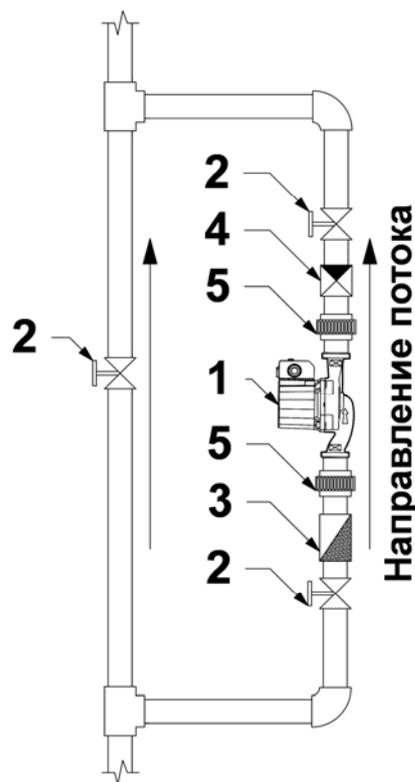
В зависимости от габаритов и мощности насосы с мокрым ротором оснащаются однофазными или трехфазными электродвигателями. В зависимости от условного прохода (производительности) они имеют как резьбовое, так и фланцевое присоединение к трубопроводу.

Как это уже было упомянуто выше, смазка подшипников насосов этого типа осуществляется водой циркуляционного контура. Поэтому при монтаже насоса должна быть обеспечена непрерывная циркуляция воды через гильзу, отделяющей воду от статора. Это достигается только тогда, когда вал насоса находится в строго горизонтальном положении. Если же при монтаже вал оказывается в вертикальном или наклонном положении, это может стать причиной неустойчивой работы насоса и быстрого выхода его из строя.

Все циркуляционные насосы с мокрым ротором устанавливаются на трубопроводе в любом рабочем положении, но ось двигателя должна быть только в горизонтальном положении (см.рис).

Полезные советы по установке циркуляционных насосов для систем отопления:

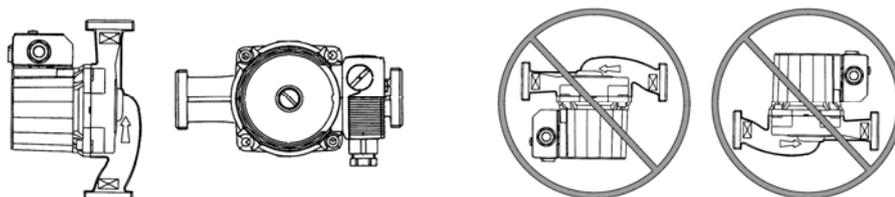
- перед насосом (на всасывающей патрубке) обязательно установить фильтр грубой очистки;
- насосы с мокрым ротором всегда устанавливают так, чтобы вал находился в горизонтальном положении;
- не устанавливайте насос большей, чем требуется производительности, так как это может привести к шуму в системе.
- не включайте насос до заполнения системы водой и удаления воздуха из системы. Даже непродолжительные периоды «работы в сухую» могут повредить насос;
- перед пуском насоса, промойте систему чистой водой для удаления инородных частиц.
- устанавливайте насос таким образом, чтобы избежать попадания воды в клеммную



Установка циркуляционного насоса на трубопроводе:

1 – насос; 2 - кран шаровый; 3 – фильтр; 4 - обратный клапан; 5 - американка (накидная гайка для быстрого монтажа и демонтажа насоса).

- коробку через кабельный ввод;
- насос размещайте как можно ближе к расширительному бабку;
- убедитесь, что возможно стравить воздух из насоса и трубопровода. Если это невозможно, установите насос с воздухоотводчиком;
- в «закрытых системах», если возможно, насос размещают на обратном трубопроводе из-за более низкой температуры на данном участке;
- не устанавливайте циркуляционный насос, оборудованный термостатом, вблизи водонагревателей или баков, тепло от которых может воздействовать на термостат.



### Необходимость применения насосов для ГВС

Насосы для ГВС применяются для обеспечения оптимальной циркуляции воды, как в системах горячего водоснабжения помещений, так и в системах кондиционирования и охлаждения. Данный тип насосов предназначен для того, чтобы не образовывалось застоев горячей воды в трубопроводах. Вследствие того, что насосам для ГВС приходится работать при больших температурах, в них применены специальные конструктивные решения, которые позволяют предотвратить их поломку, в том числе из-за отложений кальцинированного осадка.

Современные инженерные наработки позволяют производить практически бесшумные в работе насосы, при этом практически во всех насосах для ГВС применяются энергосберегающие технологии. Средний срок эксплуатации насосов для ГВС составляет порядка 15 лет. Насосы, монтируемые в систему горячего водоснабжения, обладают специальной конструкцией, которая изготовлена из материалов пригодных для использования в системах ГВС. К данным материалам проточной части относятся: латунь (корпус), нержавеющая сталь, бронза и чугун со специальным покрытием. Необходимость использования подобного рода материалов обусловлена, тем, что насосы для ГВС работают с водой, содержание большого количества солей в которой, приводит к их выходу из строя. По этой же причине, для работы в системах ГВС не подходят обычные насосы, предназначенные для систем отопления, так как они работают с обессоленной водой котлового качества. В некоторые модели насосов для горячего водоснабжения встраиваются термостаты.

### Место установки циркуляционного насоса

В радиаторных системах отопления насос ставится в самой низкотемпературной точке контура – на обратной линии возле котла. В системах ГВС падение температуры в системе невелико, и место установки не критично. В системах теплого пола насос ставится на подающей линии, чтобы избежать малейшей вероятности разрыва потока и завоздушивания системы. В теплых полах самая большая опасность – появление воздушных пробок.

### Вода как средство транспортировки

В системах водяного отопления вода используется для передачи тепла от его генератора к потребителю.

Наиболее важными свойствами воды являются:

1. теплоемкость;

2. изменение объема при нагреве и при охлаждении;
3. характеристики кипения при изменении внешнего давления;
4. кавитация.

Рассмотрим данные физические свойства воды.

### Удельная теплоемкость

Важным свойством любого теплоносителя является его теплоемкость. Если выразить ее через массу и разность температур теплоносителя, то получится удельная теплоемкость.

Она обозначается буквой  $c$  и имеет размерность  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

Удельная теплоемкость — это количество тепла, которое необходимо передать 1 кг вещества (например, воды), чтобы нагреть его на  $1^\circ\text{C}$ . И наоборот, вещество отдает такое же количество энергии при охлаждении.

Среднее значение удельной теплоемкости воды в диапазоне между  $0^\circ\text{C}$  и  $100^\circ\text{C}$  составляет:

$$c = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \text{ или } c = 1,16 \text{ Втч}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Количество поглощаемого или выделяемого тепла  $Q$ , выраженное в Дж или кДж, зависит от массы  $m$ , выраженной в кг, удельной теплоемкости  $c$  и разности температур  $\Delta\theta$ , выраженной в К.

В системах отопления  $\Delta\theta$  — это разность температур в прямом и обратном трубопроводе. Полученная формула:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$m = V \cdot \rho$$

$$V = \text{Объем воды в м}^3$$

$$\rho = \text{Плотность в кг/м}^3$$

Масса  $m$  — это объем воды  $V$ , выраженный в  $\text{м}^3$ , умноженный на плотность  $\rho$  воды, выраженную в  $\text{кг/м}^3$ . Таким образом, формулу можно представить в следующем виде:

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_V - \theta_R).$$

Известно, что плотность воды меняется в зависимости от ее температуры. Однако, чтобы упростить расчеты, используется  $\rho = 1 \text{ кг/дм}^3$  в диапазоне от  $4^\circ\text{C}$  до  $90^\circ\text{C}$ .

Физические термины "энергия", "работа" и "количество тепла" эквивалентны.

Следующая формула используется для преобразования джоулей в другие размерности:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Нм} = 1 \text{ Втс} \text{ или } 1 \text{ МДж} = 0,278 \text{ кВтч}.$$

### Увеличение и уменьшение объема

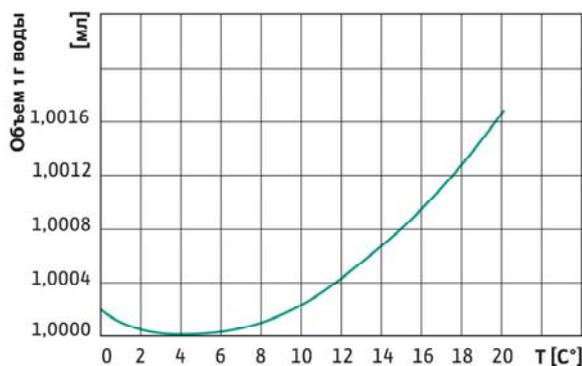
Все природные материалы расширяются при нагревании и сжимаются при охлаждении. Единственным исключением из этого правила является вода. Это уникальное ее свойство называется аномалией воды.

Вода имеет наибольшую плотность при  $+4^\circ\text{C}$ , при которой  $1 \text{ дм}^3 = 1 \text{ л}$  имеет массу 1 кг.

Если вода нагревается или охлаждается относительно этой точки, ее объем увеличивается, что означает уменьшение плотности, т.е. вода становится легче.

Это можно отчетливо наблюдать на примере резервуара с точкой перелива.

Изменение объема воды

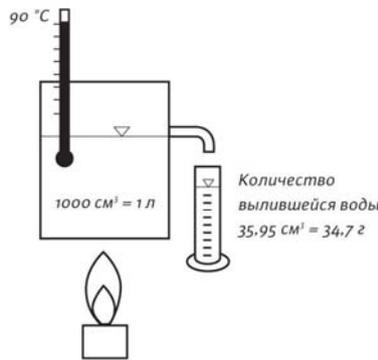
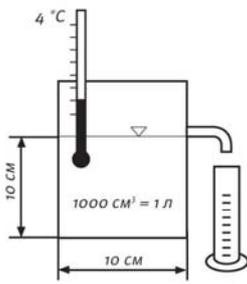


Изменение объема воды при нагреве/охлаждении. Самая большая плотность при  $4^\circ\text{C}$ :  $\rho_{\text{max}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

В резервуаре находится ровно  $1000 \text{ см}^3$  воды с температурой  $+4^\circ\text{C}$ . При нагревании воды некоторое количество выльется из резервуара в мерную емкость. Если нагреть воду до  $90^\circ\text{C}$ , в мерную емкость выльется ровно  $35,95 \text{ см}^3$ , что соответствует  $34,7 \text{ г}$ .

Водяной куб объемом  $1000 \text{ см}^3$  при  $4^\circ\text{C}$  имеет массу  $1000 \text{ г}$

Масса  $1000 \text{ см}^3$  воды при  $90^\circ\text{C}$  =  $965,3 \text{ г}$



Количество вылившейся воды  $35,95 \text{ см}^3 = 34,7 \text{ г}$

Когда вода нагревается или охлаждается, ее плотность уменьшается, т. е. вода становится легче, а ее объем увеличивается.

Когда вода нагревается или охлаждается, ее плотность уменьшается, т. е. вода становится легче, а ее объем увеличивается.

Вода также расширяется при ее охлаждении ниже  $+4^\circ\text{C}$ . Благодаря этой аномалии воды у рек и озер зимой замерзает именно верхний слой. По той же причине лед плавает на поверхности, и весеннее солнце может его растопить. Этого бы не

происходило, если бы лед был тяжелее воды и опускался на дно.

Однако, такое свойство расширяться может быть опасным. Например, автомобильные двигатели и водяные насосы могут лопнуть, если вода в них замерзнет. Во избежание этого в воду добавляются присадки, препятствующие ее замерзанию. В системах отопления часто используются гликоли; соотношение воды и гликоля см. в спецификации производителя.

### Характеристики кипения воды

Если воду нагревать в открытой емкости, она закипит при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Если измерять температуру кипящей воды, окажется, что она остается равной  $100^\circ\text{C}$  пока не испарится последняя капля. Таким образом, постоянное потребление тепла используется для полного испарения воды, т. е. изменения ее агрегатного состояния. Эта энергия также называется латентной (скрытой) теплотой. Если подача тепла продолжается, температура образовавшегося пара снова начнет подниматься.

Описанный процесс приведен при давлении воздуха  $101,3 \text{ кПа}$  у поверхности воды. При любом другом давлении воздуха точка кипения воды сдвигается от  $100^\circ\text{C}$ .

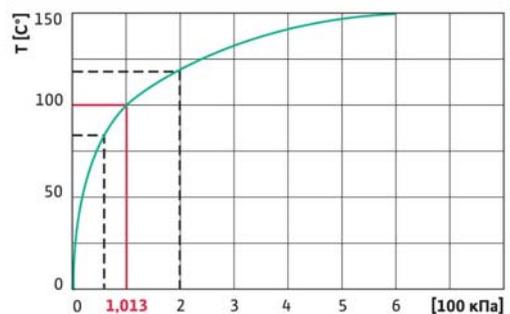
Если бы мы повторили описанный эксперимент на высоте  $3000 \text{ м}$ , мы бы обнаружили, что вода там закипает уже при  $90^\circ\text{C}$ . Причиной такого поведения является понижение атмосферного давления с высотой.

Чем ниже давление на поверхности воды, тем ниже будет температура кипения. И наоборот, температура кипения будет выше при повышении давления на поверхности воды. Это свойство используется, например, в скороварках.

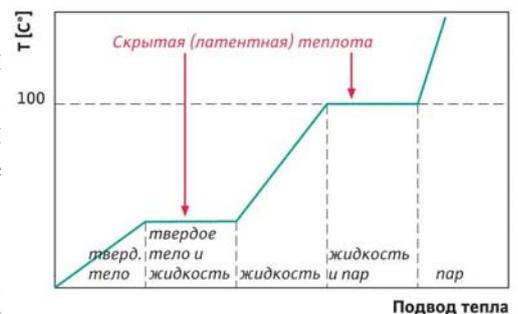
График справа показывает зависимость температуры кипения воды от давления.

Давление в системах отопления намеренно повышается. Это помогает

Температура кипения воды как функция давления



Изменение агрегатного состояния при повышении температуры



предотвратить образование пузырьков газа в критических рабочих режимах, а также предотвращает попадание наружного воздуха в систему.

### Расширение воды при нагревании и защита от избыточного давления

Системы водяного отопления работают при температурах воды до 90 °С. Обычно система заполняется водой при температуре 15°С, которая затем расширяется при нагревании. Нельзя допустить, чтобы это увеличение объема привело к возникновению избыточного давления и переливу жидкости.

Когда отопление отключается в летний период, объем воды возвращается к первоначальному значению. Таким образом, для обеспечения беспрепятственного расширения воды необходимо установить достаточно большой бак. Старые системы отопления имели открытые расширительные баки. Они всегда располагались выше самого высокого участка

трубопровода. При повышении температуры в системе, что приводило к расширению воды, уровень в баке также повышался. При снижении температуры он, соответственно, понижался.

При повышении давления в системе нельзя допускать увеличения давления в трубопроводах и других элементах системы выше предельного значения. Поэтому обязательным условием для каждой системы отопления является наличие предохранительного клапана.

Современные системы отопления используют мембранные расширительные баки (МРБ).

При повышении давления в системе нельзя допускать увеличения давления в трубопроводах и других элементах системы выше предельного значения. Поэтому обязательным условием для каждой системы отопления является наличие предохранительного клапана.

#### Примечание:

При возникновении избыточного давления предохранительный клапан должен открываться и стравливать лишний объем воды.

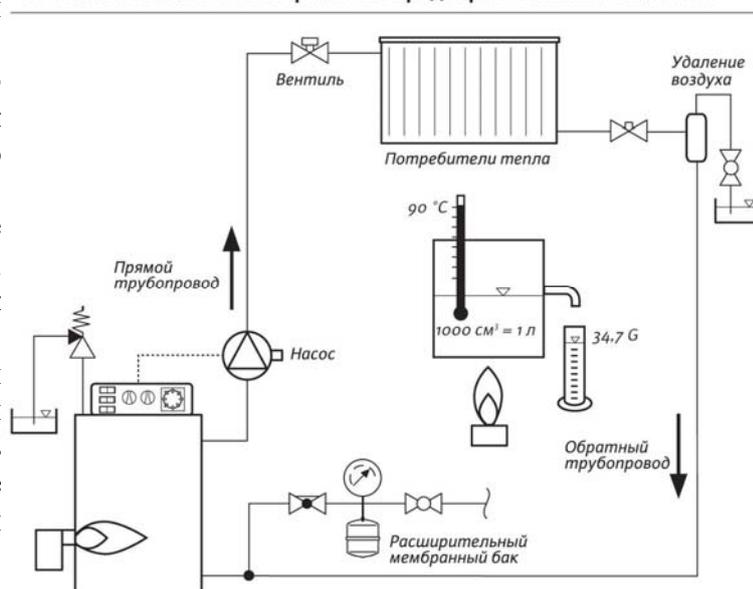
При повышении давления сверх нормы предохранительный клапан должен открываться и стравливать лишний объем воды, который не может вместить расширительный бак. Тем не менее, в тщательно спроектированной и обслуживаемой системе такое критическое состояние никогда не должно возникать.

Все эти рассуждения не учитывают тот факт, что циркуляционный насос еще больше увеличивает давление в системе.

Взаимосвязь между максимальной температурой воды, выбранным насосом, размером расширительного бака и давлением срабатывания предохранительного клапана должна быть установлена самым тщательным образом. **Случайный выбор элементов системы — даже на основании их стоимости — в данном случае неприемлем.**

Мембранный расширительный бак поставляется заполненным азотом. Начальное давление в расширительном мембранном баке должно быть отрегулировано в

Система отопления со встроенным предохранительным клапаном



зависимости от системы отопления. Расширяющаяся вода из системы отопления поступает в бак и сжимает газовую камеру через диафрагму. Газы могут сжиматься, а жидкости — нет.

### Давление

#### *Определение давления*

Давление — это статическое давление жидкостей и газов, измеренное в сосудах, трубопроводах относительно атмосферного давления (Па, мбар, бар).

*Статическое давление* - это давление неподвижной жидкости. Статическое давление = уровень выше соответствующей точки измерения + начальное давление в расширительном баке.

*Динамическое давление* — это давление движущегося потока жидкости.

*Давление нагнетания насоса* - это давление на выходе центробежного насоса во время его работы.

*Перепад давления* - давление, развиваемое центробежным насосом для преодоления общего сопротивления системы. Оно измеряется между входом и выходом центробежного насоса.

*Рабочее давление* - давление, имеющееся в системе при работе насоса.

*Допустимое рабочее давление* - максимальное значение рабочего давления, допускаемого из условий безопасности работы насоса и системы.

### Кавитация

Кавитация — это образование пузырьков газа в результате появления локального давления ниже давления парообразования перекачиваемой жидкости на входе рабочего колеса. Это приводит к снижению производительности (напора) и КПД и вызывает шумы и разрушение материала внутренних деталей насоса.

Из-за схлопывания пузырьков воздуха в областях с более высоким давлением (например, на выходе рабочего колеса) микроскопические взрывы вызывают скачки давления, которые могут повредить или разрушить гидравлическую систему. Первым признаком этого служит шум в рабочем колесе и его эрозия.

Важным параметром центробежного насоса является NPSH (высота столба жидкости над всасывающим патрубком насоса). Он определяет минимальное давление на входе насоса, требуемое данным типом насоса для работы без кавитации, т.е. дополнительное давление, необходимое для предотвращения появления пузырьков.

На значение NPSH влияют тип рабочего колеса и частота вращения насоса. Внешними факторами, влияющими на данный параметр, являются температура жидкости, атмосферное давление.

#### *Предотвращение кавитации*

Чтобы избежать кавитации, жидкость должна поступать на вход центробежного насоса при определенной минимальной высоте всасывания, которая зависит от температуры и атмосферного давления.

Другими способами предотвращения кавитации являются:

1. Повышение статического давления.
2. Понижение температуры жидкости (снижение давления парообразования).
3. Выбор насоса с меньшим значением постоянного гидростатического напора (минимальная высота всасывания, NPSH).

Минимальное давление на входе насоса (при теплоносителе - вода) во время работы не должно опускаться ниже данных, указанных в Табл., или указанных в паспорте насоса заводом изготовителем

t, °C	75	90	110
H, м м.в.ст.	0,5	4,0	11,0

### Характеристики насосов

Повышение давления насосом называется напором.

*Определение понятия напора*

Под напором насоса (H) понимается удельная механическая работа, передаваемая насосом перекачиваемой жидкости.

$$H = \frac{E}{G} [\text{м}],$$

где E = механическая энергия [Н·м];

G = вес перекачиваемой жидкости [Н].

При этом напор, создаваемый насосом, и расход перекачиваемой жидкости (подача) зависят друг от друга. Эта зависимость отображается графически в виде характеристики насоса.

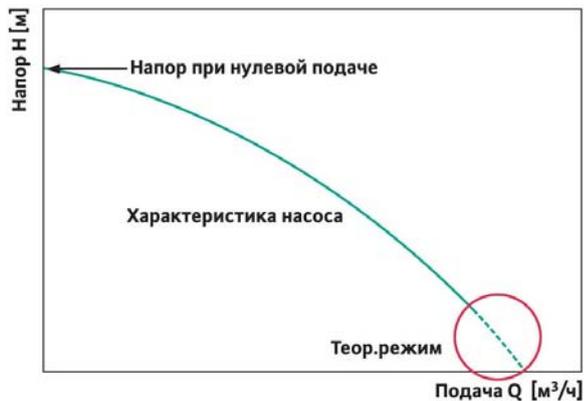
Вертикальная ось (ось ординат) отражает напор насоса (H), выраженный в метрах [м]. Возможны также другие масштабы шкалы напора. При этом действительны следующие соотношения:

$$10 \text{ м в.ст.} = 1 \text{ бар} = 100\,000 \text{ Па} = 100 \text{ кПа.}$$

На горизонтальной оси (ось абсцисс) нанесена шкала подачи насоса (Q), выраженной в кубометрах в час [м<sup>3</sup>/ч]. Возможны также другие масштабы шкалы подачи, например [л/с].

Форма характеристики показывает следующие виды зависимости: энергия электропривода (с учетом общего КПД) преобразуется в насосе в такие формы гидравлической энергии, как давление и скорость. Если насос работает при закрытом клапане, он создает максимальное давление. В этом случае говорят о напоре насоса H<sub>0</sub> при нулевой подаче. Когда клапан начинает медленно открываться, перекачиваемая среда приходит в движение. За счет этого часть энергии привода преобразуется в кинетическую энергию жидкости. Поддержание первоначального давления становится невозможным. Характеристика насоса приобретает форму падающей кривой. Теоретически характеристика насоса пересекается с осью подачи. Тогда вода обладает только кинетической энергией, то есть давление уже не создается. Однако, так как в системе трубопроводов всегда имеет место внутреннее сопротивление, в реальности характеристики насосов обрываются до того, как будет достигнута ось подачи.

Характеристики насосов

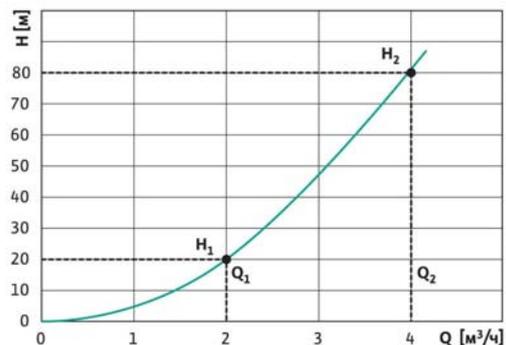


### Характеристика системы

Трение, имеющее место в трубопроводной сети, ведет к потере давления перекачиваемой жидкости по всей длине. Кроме этого, потеря давления зависит от температуры и вязкости перекачиваемой жидкости, скорости потока, свойств арматуры и агрегатов, а также сопротивления, обусловленного диаметром, длиной и шероховатостью стенок труб. Потеря давления отображается на графике в виде характеристики системы. Для этого используется тот же график, что и для характеристики насоса.

Форма характеристики показывает

Характеристика системы



следующие зависимости.

Причиной гидравлического сопротивления, имеющего место в трубопроводной сети, является трение воды о стенки труб, трение частиц воды друг о друга, а также изменение направления потока в фасонных деталях арматуры. При изменении подачи, например, при открывании и закрывании термостатических вентилях, изменяется также скорость потока и, тем самым, сопротивление. Так как сечение труб можно рассматривать как площадь живого сечения потока, сопротивление изменяется квадратично. Поэтому график будет иметь форму параболы.

Эту связь можно представить в виде следующего уравнения:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right)^2.$$

Выводы: если подача в трубопроводной сети уменьшается в два раза, то напор падает на три четверти. Если, напротив, подача увеличивается в два раза, то напор повышается в четыре раза.

### Рабочая точка

Точка, в которой пересекаются характеристики насоса и системы, является рабочей точкой системы и насоса.

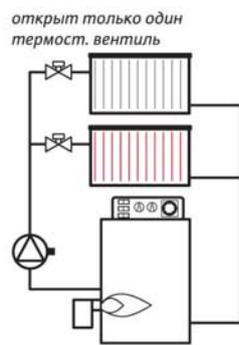
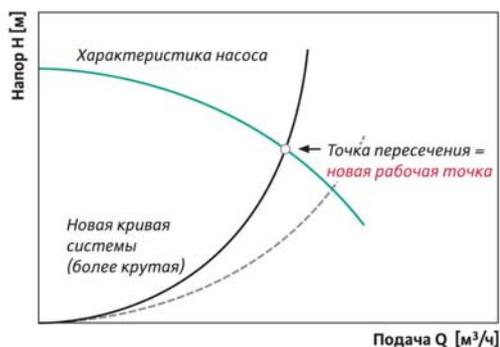
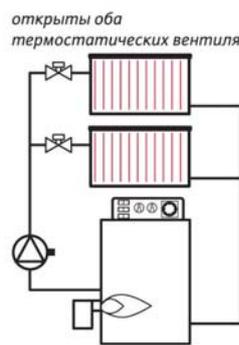
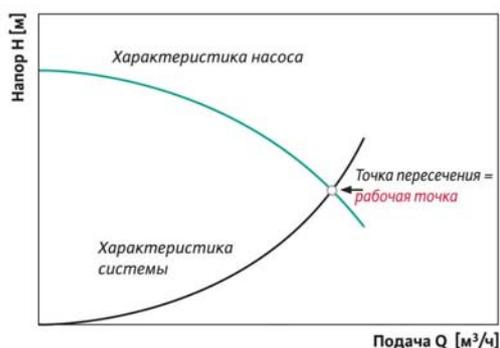
Это означает, что в этой точке имеет место равновесие между полезной мощностью насоса и мощностью, потребляемой трубопроводной сетью. Напор насоса всегда равен сопротивлению системы.

От этого зависит также подача, которая может быть обеспечена насосом. При этом следует иметь в виду, что подача не должна быть ниже определенного минимального значения. В противном случае это может вызвать слишком сильное повышение температуры в насосной камере и, как следствие, повреждение насоса. Во избежание этого следует неукоснительно соблюдать инструкции производителя. Рабочая точка за пределами характеристики насоса может вызвать повреждение мотора.

По мере изменения подачи в процессе работы насоса также постоянно смещается рабочая точка.

Найти оптимальную расчетную рабочую точку в соответствии с максимальными эксплуатационными требованиями входит в задачи проектировщика. Такими требованиями являются: для циркуляционных насосов систем отопления — потребление тепла зданием.

Изменяющаяся рабочая точка



### Подбор насоса для системы отопления

Параметры циркуляционного насоса подбираются таким образом, чтобы в течение часа через него прогонялся трехкратный полный объем теплоносителя системы. Безопасный расчетный объем воды отопительной системы составляет примерно 10 -12 л на 1 кВт мощности котла. Производительность конкретной модели насоса определяется по напорно-расходной характеристике второй скорости вращения насоса, при напоре, равному гидравлическому сопротивлению системы. Как правило, вследствие небольшой скорости циркуляции теплоносителя, величина гидравлического сопротивления для частного дома не приводит к потерям более 1-2 метров (0,1 - 0,2 атм).

Поэтому, если расчет гидравлического сопротивления проблематичен, то производительность конкретной модели насоса рекомендуется определять в средней точке его напорной характеристики.

Также на наш взгляд можно пользоваться таблицей подбора.

Таблица примерного подбора циркуляционных насосов для систем отопления в зависимости от тепловой мощности системы и площади помещения.

№	Рабочие параметры насоса при оптимальном КПД		Тепловая мощность при $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ , кВт	Тепловая мощность при $\Delta T=15^{\circ}\text{C}$ , кВт	Тепловая мощность при $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ , кВт	Отапливаемая площадь, $\text{м}^2$ , не более
	Q, $\text{м}^3/\text{ч}$	H, м				
1	1,25	1	14	21	28	200
2	2	2	23	35	46	350
3	3	2	35	52	70	520
4	2	2	23	35	46	350
5	3	2	35	52	70	520
6	2	2	23	35	46	350
7	3	2	35	52	70	520
8	7	2	70	105	140	1100
9	5	3	58	87	116	900
10	8	3	90	140	180	1400
11	6	3	70	105	140	1100
12	6	3	70	105	140	1100
13	8	5	90	140	180	1400
14	8	2,5	90	140	180	1400
15	12	4,3	140	210	280	2200
16	12	6,5	140	210	280	2200
17	20	2,2	230	350	460	3600
18	20	4,5	230	350	460	3600
19	20	7	230	350	460	3600
20	20	4,2	230	350	460	3600
21	30	4,5	350	520	700	5300
22	30	9	350	520	700	5300
23	30	3,8	350	520	700	5300
24	40	7	460	700	920	7200
25	45	6,7	525	790	1050	8000

Циркуляционный насос подбирается исходя из необходимости перемещения определенной тепловой энергии от котла к тепловым приборам.

Для расчета производительности насоса необходимо знать один из следующих параметров:

- а) отапливаемая площадь;
- б) мощность источника тепла.

Если известна отапливаемая площадь, сначала надо рассчитать необходимую мощность источника тепла по формуле:

$$Q_n = (S_n \cdot Q_{уд}) / 1000,$$

где  $Q_n$  - необходимая тепловая мощность, в кВт;

$S_n$  - отапливаемая полезная площадь здания, м<sup>2</sup>;

$Q_{уд}$  - удельная теплопотребность здания: 70 Вт/м<sup>2</sup> – для здания с более, чем 2-мя квартирами, 100 Вт/м<sup>2</sup> – для отдельно стоящих зданий с 1-2 квартирами.

Если состояние здания не отвечает нормативам, проектировщик берет в расчет более высокое удельное потребление тепла. Для жилых домов с улучшенной теплоизоляцией и производственных помещений требуется 30–50 Вт/м<sup>2</sup>.

В Украине подобные стандарты для домов с 1–2 квартирами пока не определены. СНиП 2.04.07-86\* “Тепловые сети” рекомендует рассчитывать максимальный тепловой поток на отопление 1 м<sup>2</sup> общей площади жилых домов, строящихся с 1985 г. по новым типовым проектам, по следующим укрупненным показателям:

- для 1–2-этажных зданий – 173 Вт/м<sup>2</sup> при расчетной температуре наружного воздуха –25<sup>0</sup>С и 177 Вт/кв.м при –30<sup>0</sup>С;
- для 3–4-этажных зданий – соответственно 97 и 101 Вт/м<sup>2</sup>.

#### Подача насоса

В случае монтажа в системе отопления нового циркуляционного насоса подача определяется по следующей формуле:

$$Q_{PU} = \frac{Q_N}{1.163 \cdot \Delta t} [i^3 / \div],$$

где  $Q_{PU}$  = подача насоса в расчетной точке в [м<sup>3</sup>/ч];

$Q_N$  = потребление тепла на отапливаемой площади в [кВт];

1,163 = удельная теплоёмкость воды [Вт·ч/кг·К] Если используется другой теплоноситель, в формулу необходимо внести соответствующие коррективы.

$\Delta t$  = расчетная разность температур в прямом и обратном трубопроводах системы отопления в [К], при этом за основу можно принять 10 – 20<sup>0</sup>С для стандартных систем.

Такую методику расчета предлагают заграничные проектировщики. В обязательном приложении к СНиП 2.04.05-91\* приведена следующая формула:

$$G = 3,6 \cdot Q / (c \cdot \Delta T) \text{ (кг/ч)},$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воды, равная 4,2 кДж/кг·<sup>0</sup>С . Для пересчета полученной величины в м<sup>3</sup>/ч (как правило, именно эта единица измерения производительности насосов используется в технической документации) необходимо разделить ее на плотность воды при расчетной температуре; при 80<sup>0</sup>С она составляет 971,8 кг/м<sup>3</sup>.

#### Напор насоса

Кроме необходимой подачи, насос должен обеспечивать давление (напор), достаточное для преодоления сопротивления трубопроводной сети. Для правильного выбора нужно определить потери в наиболее протяженной линии схемы (до самого дальнего радиатора).

Чтобы обеспечить доставку перекачиваемой жидкости в любую точку системы отопления, насос должен преодолеть сумму всех гидравлических сопротивлений. Так как

обычно определить схему прокладки и условный проход трубопроводов довольно трудно, для примерного расчета напора можно использовать следующую формулу:

$$H_{pu} = \frac{R \cdot L \cdot ZF}{10.000} [м],$$

где R - потери на трение в трубах [Па/м]. При этом можно принять за основу значение 50 Па/м - 150 Па/м. Это соответствует необходимому напору насоса в 0,005–0,015 м на 1 м трубопровода, для стандартных систем (в зависимости от года постройки дома, в старых домах в связи с использованием труб большего диаметра потери давления меньше (50 Па/м)).

L - длина [м] прямого и обратного трубопроводов для самой длинной ветки или: (длина дома + ширина дома + высота дома) × 2

ZF - коэффициент для:

- фасонных деталей/арматуры ≈ 1,3 (30%);

- термостатического вентиля ≈ 1,7 (70%);

При наличии всех этих конструктивных элементов можно использовать коэффициент 2,2.

- фасонные детали/арматура ≈ 1,3;

- термостатический клапан ≈ 1,7;

- смеситель/термогидравлический коллектор ≈ 1,2;

При наличии всех этих конструктивных элементов можно использовать коэффициент 2,6

10 000 = коэффициент пересчета (м) и (Па).

Для более детального подсчета потерь, можно воспользоваться данными таблицы

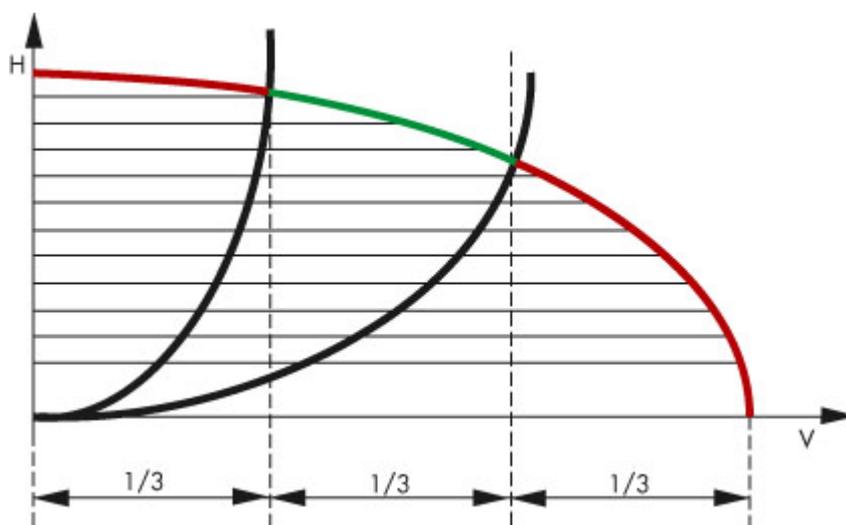
Элемент системы	Потери давления в кПа (100 кПа = 1 атм.)
Котел	1-5
Компактный котел	5-15
Теплообменник	10-20
Тепломер (тепловой счетчик)	15-20
Водонагреватель	2-10
Тепловой насос	10-20
Радиатор	0,5
Конвектор	2-20
Радиаторный вентиль	10
Регулируемый вентиль	10-20
Обратный клапан	5-10
Фильтр(чистый)	15-20
Потери в трубах (пластик) на 1 метр /пог.	150 Па

Примечание: в таблице - 10 кПа = 1м. водяного столба = 0,1 атм.

#### Выбор насоса

Определив так называемую рабочую точку “циркуляционника” (напор и подачу), остается подобрать в каталогах насос с близкой характеристикой. По производительности (Q) рабочая точка должна попадать в среднюю треть диаграммы (см.рис.).

Нельзя забывать, что рассчитанные параметры необходимы для действия системы при максимальной нагрузке. Такие условия встречаются крайне редко, наибольшую часть отопительного сезона потребность в тепле не так велика. Поэтому, если есть сомнения, всегда нужно выбирать меньший насос. Это позволяет не только сэкономить при его покупке, но и снизить в дальнейшем расходы на электроэнергию.



### С «мокрым ротором» или «ин-лайн» (сухой ротор)?

Выбор циркуляционного насоса обычно оставлен проектировщику системы отопления; насосы «ин-лайн» со стандартным электродвигателем в большинстве случаев выбираются, когда производительность превышает 70 м<sup>3</sup>/ч и/или напор требуется выше 15 м. Когда расход в системе ниже, в большинстве случаев применяются циркуляционные насосы с «мокрым ротором», так как они позволяют выбирать по меньшей мере из двух гидравлических характеристик, которые переключаются селектором или штекером в клеммной коробке двигателя.

В то же время следует учитывать другие критерии:

Преимущества циркуляционных насосов «ин-лайн» со стандартными асинхронными двигателями воздушного охлаждения:

- перекачивают жидкость, содержащую частицы накипи;
- позволяют различную установку (горизонтально и вертикально);
- широкий рабочий диапазон;
- выше КПД насоса;
- хорошая ремонтпригодность;
- долгий срок службы

Преимущества циркуляционных насосов с «мокрым ротором»:

- очень низкий уровень шума при работе;
- выбор из 2-х или 3-х скоростей вращения двигателя.

### Результаты примерных расчетов параметров насоса

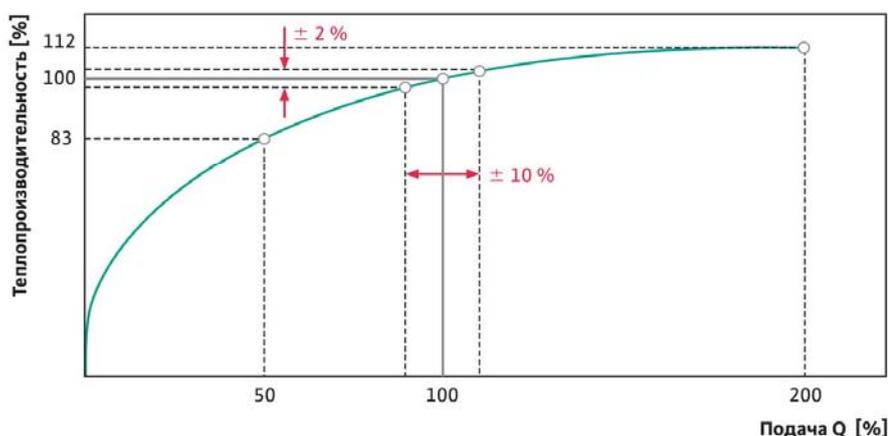
Допустим, сведения о характеристиках трубопроводной сети отсутствуют. В этом случае определить потребность здания в тепле можно только путем примерных расчетов. Однако при этом возникает вопрос о возможных последствиях. На рисунке представлена типичная характеристика теплопроизводительности для комнатного радиатора отопления.

На этом графике видны следующие зависимости: при уменьшении подачи (Q) на 10 % теплопроизводительность радиатора снижается всего на 2%. То же самое происходит при увеличении подачи (Q) на 10%. В этом случае отдача тепловой энергии радиатором также увеличивается всего на 2%. Даже при удвоении подачи теплопроизводительность повышается всего на каких-то 12%!

Т.е. абсолютно неверным решением будет использовать насос большей мощности, чем это необходимо, так сказать для увеличения «запаса прочности».

Даже использование существенно меньшего по мощности насоса имело бы сравнительно меньшие последствия: при подаче 50 % радиатор отопления может отдавать в помещение прим. 83% тепловой энергии.

## Рабочий график радиатора отопления



Пример рабочего графика радиатора отопления 90/70<sup>0</sup>С, температура в помещении 20<sup>0</sup>С.

### Пример

Тепловой генератор, установленный в многоквартирном доме старой постройки, имеет, согласно расчетам или документации, мощность 50 кВт.

Для перепада температур  $\Delta\vartheta = 20\text{K}$  ( $\vartheta_{\text{прям.}}=90^{\circ}\text{C}/\vartheta_{\text{обр.}}=70^{\circ}\text{C}$ ) получается следующее:

$$Q_{\text{PU}} = \frac{50\text{кВт}}{1.163 \cdot 20\text{K}} = 2,15\text{м}^3/\text{ч}.$$

При необходимости отопления аналогичного здания при меньшем перепаде температур (например, 10 К) циркуляционный насос должен обеспечить перекачивание двойного объемного расхода, то есть 4,3 м<sup>3</sup>/ч с тем, чтобы тепловая энергия, производимая теплогенератором, могла доставляться к потребителям тепла в необходимом количестве.

Потери давления из-за трения в трубопроводе составляют в нашем примере 50 Па/м, общая длина прямого и обратного трубопроводов — 150 м, коэффициент — 2,2, так как смеситель и гравитационный тормоз отсутствуют. В результате получаем напор (Н):

$$H_{\text{PU}} = \frac{50 \cdot 150 \cdot 2,2}{10.000} = 1,65\text{м}.$$

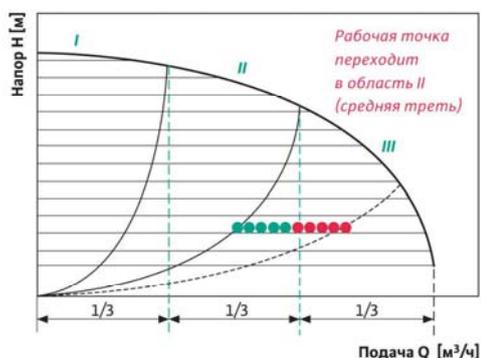
Нам уже известно о зависимости кривой КПД от подачи насоса. Если кривая КПД учитывается при выборе насоса, становится очевидно, что средняя треть характеристики представляет собой наиболее благоприятный расчетный диапазон с энергетической точки зрения. У систем с переменным объемным расходом расчетная точка должна лежать в правой трети, так как рабочая точка циркуляционного насоса для систем отопления перемещается в среднюю треть и остается там до 98 % от общего рабочего времени.

По мере увеличения сопротивления, например, при закрывании термостатических вентилей, характеристика системы становится более крутой.

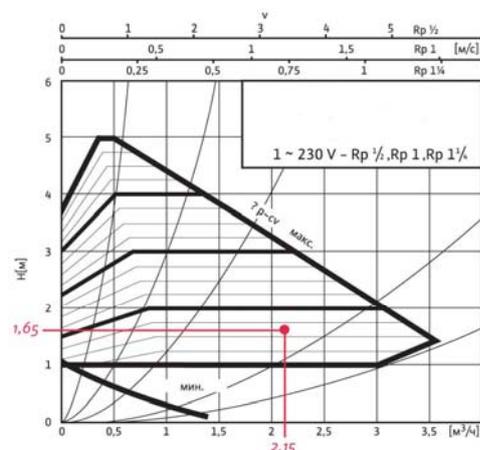
В результате расчета параметров напора (H) и подачи (Q) в соответствии с каталогом для примерных расчетов получается следующее:

#### Рабочая точка в поле характеристик насоса при переменном объемном расходе

- **Область I (левая треть)**  
Если рабочая точка лежит в этой области, следует выбрать меньший насос.
- **Область II (средняя треть)**  
Насос работает в оптимальном рабочем диапазоне до 98 % от общего рабочего времени.
- **Область III (правая треть)**  
Регулируемый насос работает в неблагоприятном диапазоне то есть 2 % от общего рабочего времени.



#### Характеристики насоса



### Расчет диаметра трубопровода

#### Пример

Мощность системы отопления  $Q_N = 20,2$  кВт. Теплоноситель - вода с параметрами:  $t_1 = 90^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 70^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Необходимо определить расход теплоносителя.

Расход составит:

$$Q_{PU} = 20,2 / (1,163 \times 20) = 0,87 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Диаметр трубопровода можно определить по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{354 \cdot Q_{pu}}{w}}, \text{ мм},$$

где 354 - коэффициент пересчета;

$Q_{PU}$  - расход теплоносителя, м<sup>3</sup>/ч ;

$w$  - скорость движения теплоносителя, м/сек.

В системах водяного отопления для устранения опасности гидравлических ударов, обеспечения бесшумности и хорошего отвода воздуха, скорость воды не должна превышать 1 м/сек. И нет такой причины, по которой нужно было бы превысить эту скорость, причем даже лучше, если скорость воды будет 0,7 м/сек.

Мы определили, что при мощности системы 20,2 кВт и температуре теплоносителя 90/70°C, расход составил 0,87 м<sup>3</sup>/час.

Необходимо определить диаметр трубопровода при движении теплоносителя скоростью  $w = 0,7$  м/сек.

Находим диаметр по формуле:

$$d = \sqrt{(354 \cdot 0,87 / 0,7)} = 20,9 \text{ мм}.$$

Что соответствует водогазопроводной трубе с условным диаметром 20 мм или 3/4.

### Циркуляция в системе ГВС

#### Выбор подходящего циркуляционного насоса

Опыт показывает, что большинство циркуляционных насосов для ГВС имеют слишком большую производительность, в то время как насос с меньшей производительностью также смог бы обеспечить высокий уровень комфорта (малое время ожидания горячей воды).

Рекомендуется выбирать насос с таймером для составления программы работы насоса, чтобы он включался в то время, когда ожидается высокий уровень потребления

горячей воды (обычно это утренние и вечерние часы). Необходимый размер насоса может быть определен исходя из размеров и протяженности установленных труб.

#### Системы с несколькими насосами

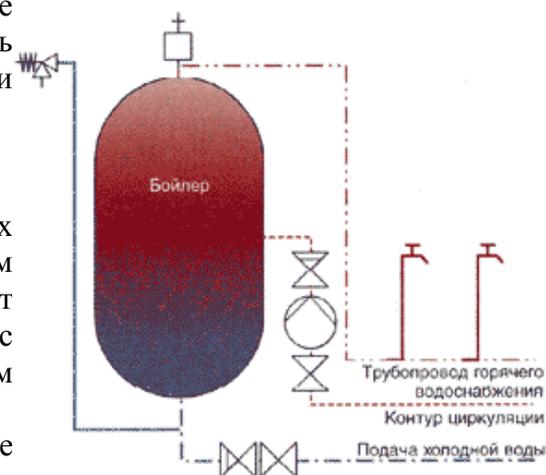
Во всех ранее рассмотренных вариантах речь шла о системе с одним центробежным насосом. Однако на практике часто возникают ситуации, в которых один одинарный насос просто не может удовлетворить всем предъявляемым к нему требованиям.

В таких случаях используют два и более насосов. В зависимости от назначения насосы монтируются по последовательной или параллельной схеме.

Следует указать на одну принципиальную, хотя и часто встречающуюся ошибку. Так, абсолютно неверно утверждение, что, как правило, два одинаковых насоса, работающие по последовательной схеме, обеспечивают двойной напор, а два одинаковых насоса, работающих по параллельной схеме, — двойную подачу.

Хотя теоретически это возможно, однако практически едва ли выполнимо в связи с особенностями конструкции и функционирования систем.

Два циркуляционных насоса, включенных параллельно, увеличивают производительность насосного узла примерно в 1,6 раз. Два циркуляционных насоса, включенных последовательно, создают совокупный напор, превышающий напор одного насоса примерно в 1,6 раз.



## РАСШИРИТЕЛЬНЫЕ БАКИ



Расширительные баки – это устройства, предназначенные для поглощения увеличивающегося объема воды или другой жидкости, позволяющие корректировать процесс работы нагревательной установки.

В системах отопления и охлаждения для компенсации температурных расширений теплоносителя до недавнего времени широко применялись расширительные баки открытого типа, которые имеют ряд недостатков.

- Постоянный контакт рабочей жидкости с атмосферным воздухом, что является причиной возникновения проблем с циркуляцией жидкости, возникновения кавитации в трубопроводах, насосах и появления дефектов, вызванных коррозией.

- Раздражающий шум в трубопроводе и насосах, возникающий из-за наличия в воде воздушных пузырьков.

- Интенсивное испарение жидкости из системы вследствие контакта с атмосферой (необходимо регулярно пополнять систему).

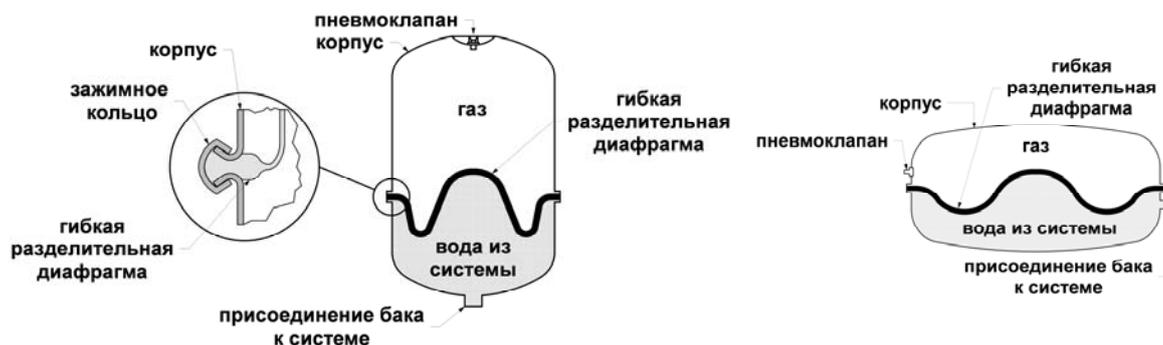
- Открытый расширительный бак может устанавливаться только в верхней точке системы, что не всегда удобно.

Расширительные баки закрытого типа (мембранного) лишены вышеописанных недостатков. Рабочая жидкость в мембранном баке отделена от газовой полости с помощью высокопрочной резиновой мембраны. В качестве газа используется азотосодержащая смесь (можно и воздухом, но тогда увеличивается вероятность коррозии). В случае температурного расширения теплоносителя в системе газовая «подушка» в баке сжимается, и вода поступает в бак. И, наоборот, при охлаждении системы сжатый газ выдавливает жидкость в систему, тем самым пополняя ее. Наличие газовой «подушки», находящейся под давлением, позволяет устанавливать мембранный расширительный бак в любой точке системы (в подвале или непосредственно в тепловом пункте). Рекомендуемое место установки — перед насосом на обратной линии. Почему на обратной линии? Чтобы температура воды внутри бака была меньше — это увеличит его ресурс. Но размещение расширительного бака на подающей линии также возможно, так как он рассчитан на весь диапазон существующих в отопительной системе температур. Почему перед насосом? Чтобы насос выкачивал воду из бака, а не накачивал в него, иначе вследствие падения давления на всасывающей стороне насоса растворенный в воде кислород будет высвобождаться и образовывать пузырьки (процесс кавитации).



### Конструкция расширительных баков для систем отопления

Расширительные баки бывают баллонного (а) и плоского (б) типов.



Существуют 2 типа крепления мембраны:

- Незаменяемая мембрана, которая не растягивается, а «раскатывается» по стенкам бака, что повышает ее надежность.
- Заменяемая мембрана в форме груши, которая крепится к верхнему фланцу, практически совпадая по длине с баком, таким образом, что при поступлении теплоносителя она опирается на стенки бака и нагрузка распределяется равномерно по площади «груши» и не происходит натяжения ее «шейки», что значительно увеличивает срок службы мембраны

Корпус бака выполнен из углеродистой стали методом холодной глубокой штамповки. Внутренняя поверхность бака разделена на два объема мембраной. Мембрана - диафрагменная, незаменяемая, жестко закреплена по периметру сечения бака (рис б). В одном объеме находится газ азот, в другом - теплоноситель. Со стороны воздушной камеры в корпусе располагается пневмоклапан, для контроля давления и подкачки газа. Поступление и выход из расширительного бака теплоносителя осуществляется через резьбовой присоединительный патрубок. Внешняя поверхность бака покрыта эмалью, а внутренняя поверхность, контактирующая с жидкостью - эпоксидными влагостойкими красками

### Работа расширительного бака

Изменение давления в системе отопления приведет к увеличению объема водяной части и, как следствие, повышению давления в газовом отсеке. Это происходит из-за того, что давление в обеих камерах всегда стремится к выравниванию.

#### **1. Заполнение системы**

Давление воздуха внутри бака плотно прижимает диафрагму к водяной части бака. Расширительный бак не заполнен водой.

Объем газа. Равен полному объему расширительного бака.

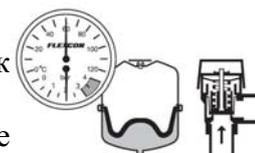
Давление газа. Равно предварительному давлению в расширительном баке



#### **2. Работа системы**

Объем газа. Газ внутри бака сжимается. Расширительный бак частично заполнен водой.

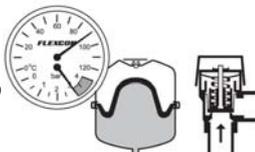
Давление газа. Равно рабочему давлению системы в месте установки расширительного бака.



#### **3. Максимальное давление в расширительном баке**

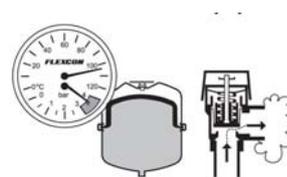
Объем газа. Расширительный бак заполнен водой до максимума. Газ занимает минимальный объем.

Давление газа. Равно максимальному давлению системы.



#### 4. Расширительный бак при избыточном давлении

При превышении максимально допустимого давления срабатывает предохранительный клапан через который сбрасываются излишки воды.



##### Расчет и подбор расширительных баков для систем отопления

Расчет расширительного бака заключается в подборе его объема, определении начального давления газового пространства и минимально допустимых диаметров присоединительных патрубков для бака и для предохранительного клапана. При заниженном объеме бака давление в нижних точках системы может превысить максимально допустимое, что приведет к аварийному истечению воды через резьбовые соединения или образованию трещин. Для предотвращения обязательно предусматривают установку предохранительного клапана, при этом теплоноситель теряется в систему канализации, либо накапливается в специальных баках. Снижение температуры воды приводит к уменьшению ее объема в баке и падению давления в системе. При этом давление в высших точках системы может стать меньше минимально допустимого по условиям не вскипания воды и недопущения проникновения атмосферного воздуха. Поэтому объем бака должен быть четко обусловлен допустимым диапазоном гидравлического давления в системе. Для этой цели обязательно на уровне присоединения бака устанавливают манометр с нижним диапазоном, не превышающим гидростатическое давление, и верхним диапазоном, не меньшим от максимально допустимого давления системы. Завышение емкости бака не имеет отрицательных последствий, но возрастает его стоимость.

Если в открытой системе при выборе расширительного бака достаточно руководствоваться принципом «чем больше, тем лучше», то в закрытой системе размеры расширительного бака и диапазон давления газа в нем играют очень важную роль. Неправильный расчет мембранного расширительного бака может привести к колебаниям давления и расхода теплоносителя в системе. Например, если бак чересчур маленький (а это самая распространенная ошибка), то при нагреве системы и как следствие увеличения объема и давления он будет заполняться до конца даже при нормальных значениях давления, что вызовет постоянное срабатывание предохранительного клапана и стравливание воды. Еще один вариант — начальное давление в незаполненном баке превышает давление срабатывания предохранительного клапана. В этом случае стравливание воды начнется до того, как бак вообще начнет заполняться. Как же подобрать подходящий бак?

Для небольших систем отопления можно воспользоваться эмпирическими расчетами.

Погрешность такой методики составляет около 15-20%. В связи с этим нужно, во-первых, ответственно отнестись к расчету исходных данных, во-вторых, полученные результаты по необходимому объему округлять в большую сторону. К тому же на рынке представлено ограниченное количество стандартных типоразмеров расширительных баков, поэтому ювелирная точность в данном вопросе не обязательна.

Для детального и точного расчета объема расширительного бака воспользуемся математической методикой которую мы рассмотрим позже.

Для расчетов нам потребуются следующие данные.

##### *1. Общий объем теплоносителя в системе.*

Теоретически для этого надо сложить емкость теплообменника котла (указана в техпаспорте котла), емкости всех радиаторов (указаны в технической документации производителя радиаторов), внутренний объем всех проложенных труб (см. таблицу 1). Объем воды в трубах вычисляется так: общая протяженность соответствующих диаметров

трубопроводов умножается на площадь сечения. Если нет информации об установленных отопительных приборах и диаметрах труб системы отопления, то для оценки объема воды в системе необходимо исходить из условия, что безопасный расчетный объем воды отопительной системы составляет примерно 10 -12 л на 1 кВт мощности котла. Но следует помнить, что достоверный результат получится лишь в случае соответствия мощности отопительного котла теплоотдаче системы отопления. Если же котел взят «с запасом» и работает вполсилы, простой путь не сработает. Случаи несоответствия мощности котла потребностям отопительной системы нередки среди владельцев небольших домов с обогреваемой площадью до 150 м<sup>2</sup>. Люди покупают настенный двухконтурный котёл максимальной теплопроизводительностью 24 кВт в расчете на проточный нагрев достаточного количества горячей санитарной воды, в то время как для нужд собственно отопления требуется в полтора раза меньше энергии. В этом случае лучше считать 10 -12 л на 10 м<sup>2</sup> отапливаемой площади.

### *2. Гидростатическое давление в системе*

Это начальное давление в заполненной теплоносителем системе отопления. Оно измеряется в барах. Определить его можно, разделив перепад высот между самой низшей и самой высшей точками системы на «10» – получим значение в bar, к полученному давлению необходимо добавить 0,5 bar для обеспечения нормальной циркуляции воды. Начальное давление газа в расширительном баке должно быть: гидростатическое давление системы + 0,5 bar.

### *3. Максимально возможное давление в системе отопления при нагреве*

Оно же максимальное давление в расширительном баке. Максимальное значение давления  $\Delta P_{\max}$  при расчетных условиях не должно превышать величину рабочего давления для всех элементов системы отопления и максимально допустимого давления для бака. С двух условий выбирают наименьшую величину и настраивают по ней предохранительный клапан. Допускается уменьшать это давление при соответствующем указании в инструкции по эксплуатации системы.

### **Рассмотрим пример:**

#### 1. Площадь дома 200 м<sup>2</sup>.

Перепад от котла до высшей точки отопления составляет 6 м.

Объём воды в системе примерно будет составлять  $20 \times 10 = 200$  л.

При нагреве вода увеличивается в объёме примерно на 3-4%, это означает, что при нагреве системы с объёмом 200 л мы получим увеличение объёма на 6 - 8 л.

Как известно полезный объём расширительного бака составляет  $\frac{1}{3}$  от общего объёма соответственно  $6 \times 3 = 18$  л.

Выбираем расширительный бак из существующей гаммы, близкий по объёму, в сторону увеличения 18 – 25 л.

Давление газа в расширительном баке должно составлять  $(6/10) + 0,5 = 1,1$  bar.

Представленный выше расчет предназначен для индивидуальных систем отопления и значительно упрощен. Его точность составляет  $\pm 15\%$ . Мы считаем, что этого вполне достаточно.

2. Еще один самый простой способ навскидку определить емкость расширительного бака, это принять его за 10% от объёма системы, а для оценки объема воды в системе необходимо исходить из условия, что безопасный расчетный объём воды отопительной системы составляет примерно 10 -12 л на 1 кВт мощности котла.

#### 3. Воспользуемся математической методикой расчёта расширительного бака.

Объём расширительного бака рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{(V_c \cdot 1,3) \cdot K}{\left( \frac{P_k - P_n}{P_k + 1} \right)}, \text{ л,}$$

где  $V_c$  - объем системы отопления, литры и рассчитывается по формуле:

$$V_c = V_{\text{котла}} + V_{\text{радиаторов}} + V_{\text{труб}} + V_{\text{др.оборудования}}, \text{ (см. Табл.1);}$$

$K$  - коэффициент расширения теплоносителя, (для воды см. Табл.2);

1,3 - коэффициент безопасной эксплуатации;

$P_k$  - максимальное рабочее давление системы отопления, равное давлению предохранительного клапана. Давление предохранительного клапана должно быть равно или на 0,5 бар меньше макс рабочего давления котла;

$P_n$  - полное гидростатическое давление столба жидкости системы отопления равное:

$$P_n = P_c + P_{и},$$

где  $P_c$  - высота гидростатического столба жидкости (гидростатическое давление воды, Па, действующее на бак при отсутствии циркуляции)

$$\Delta P_c = \rho_l g h,$$

где  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\rho_l$  - плотность воды в системе отопления при ее заполнении, кг/м<sup>3</sup>;

$h$  – высота между точкой присоединения бака и наивысшей точкой системы отопления, м.);

$P_{и}$  - избыточное давление, = 5 м.в.ст., которое необходимо добавить к гидростатическому давлению при заполнении системы, с целью обеспечения нормальной циркуляции воды. Т.е. на входе в радиаторы на последнем этаже, давление теплоносителя должно быть  $P_{и} = 0,5$  бар (атм).

Давление азота в баке  $P_a$ , выставляется равным  $P_{и}$ , до заполнения системы отопления теплоносителем:

$$P_a = P_{и},$$

$$(10 \text{ м.в.ст.} = 1 \text{ атм} = 1 \text{ бар} = 1 \text{ кг/см}^2 = 100 \text{ кПа})$$

Для определения объема воды в системе теплоснабжения предлагаем воспользоваться Табл.1. Для более точных данных по объему воды в других отопительных приборах и трубах необходимо пользоваться данными завода изготовителя.

Таблица 1

Оборудование	V объем воды, л
1 секция чугунного радиатора Н=500 мм	1,5
1 секция алюмин. радиатора Н=500 мм	0,48
Радиатор стальной Н=500мм, L=518	2,7
1 метр стальной трубы ø15	0,31
1 метр стальной трубы ø25	0,57
1 метр стальной трубы ø 32	0,86
1 метр стальной трубы ø 40	1,25
1 метр стальной трубы ø 50	1,96
1 метр металлопласт. трубы ø 16x2	0,113
1 метр металлопласт. трубы ø 20x2	0,201
1 метр металлопласт. трубы ø 26x3	0,314
1 метр металлопласт. трубы ø 32x3	0,531
1 метр металлопласт. трубы ø 40x4	0,803

Для нахождения коэффициента  $K$  предлагаем пользоваться Табл.2.

Таблица 2

t нагрева, °C	K	t нагрева, °C	K
0	0,00013	65	0,0198
10	0,00027	70	0,0228
20	0,00177	75	0,0258
30	0,00435	80	0,0290
40	0,00782	85	0,0324
50	0,0121	90	0,0359
55	0,0145	95	0,0396
60	0,0171	100	0,0434

При использовании в системе отопления других жидкостей K будет другим.

Применение незамерзающих жидкостей требует увеличения вместительности расширительных баков; для водоглицерольных смесей – на 40...45%. При превышении V для максимального типоразмера существующих баков устанавливают параллельно несколько одинаковых баков с общей емкостью, не меньшей расчетного значения V.

Расширительные мембранные баки присоединяют к главной обратной магистрали в индивидуальном тепловом пункте. При установке бака выше самой низкой точки системы необходимо снизить расчетное значение  $\Delta P_{max}$  на величину гидростатического столба воды между отметками установки бака и наиболее низкой точкой системы. При использовании крышных котелов и размещении в них бака минимальное давление возле него принимают по рекомендациям производителей котелов, как правило, оно превышает 15 кПа. Все это отображают в инструкции по эксплуатации системы отопления.

Внутренний диаметр трубы ответвления, соединяющего бак с главной сборной магистралью, должен быть не меньше 20 мм

### Пример расчета

Объем воды в системе отопления = 200 л; высота гидростатического столба жидкости системы отопления  $P_c = 4$  м;  $P_n$  принимаем = 5 м.

Тогда:

$$P_n = 4 + 5 = 9 \text{ м.в.ст. (0,9 бар).}$$

Максимальная рабочая температура воды  $T = 90^\circ\text{C}$ .

По таблице 2 находим, что  $T = 90^\circ\text{C}$  соответствует коэффициент  $K = 0,0359$ . Предохранительный клапан на котле устанавливается 3-х барный. Необходимо рассчитать расширительный бак.

По формуле (1) определяем объем расширительного бака:

$$V = (200 \cdot 0,0359 \cdot 1,3) / ((3 - 0,9) / (3 + 1)) = 17,8 \text{ литров.}$$

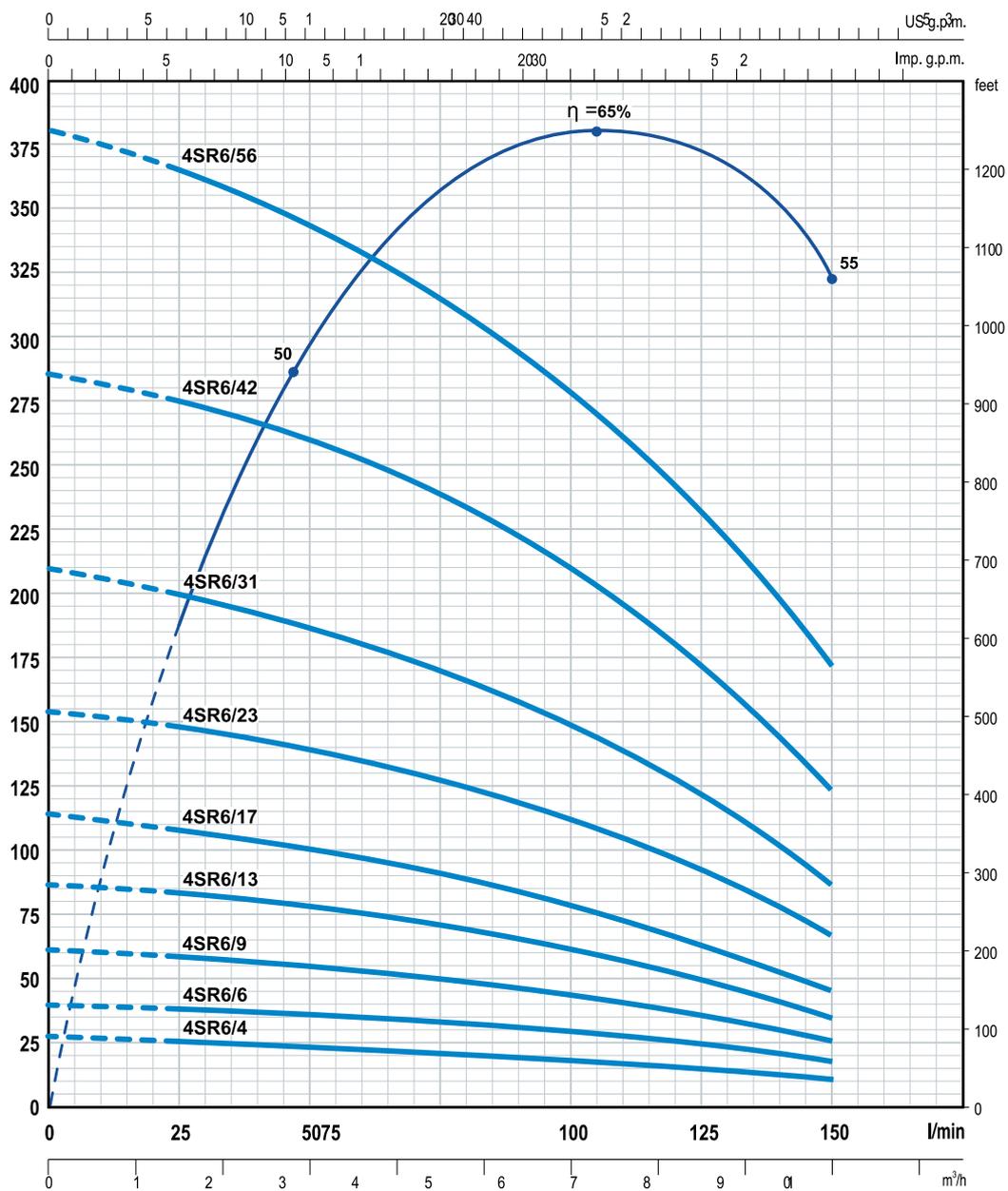
Выбираем расширительный бак из существующей гаммы, близкий по объему и давлению к расчетному, в сторону увеличения, с max давлением, превышающим давление срабатывания предохранительного клапана на величину не менее 1 бар. Это бак 18-25 литров, с давлением 5 бар.

Расширительный бачок (компенсатор объема) устанавливается в котельной рядом с котлом на подаче или обратке. Максимально допустимое статическое давление системы отопления в месте подключения компенсатора объема не может превышать давление азота в самом компенсаторе.

Полное гидростатическое давление столба жидкости системы отопления, контролируется манометром, установленном в котельной на системе отопления в холодном состоянии системы.

Объем бака обусловлен гидравлическими давлениями системы отопления в нерабочем и рабочем состояниях, ее емкостью и наличием незамерзающих примесей. Неверный подбор давления газового пространства бака приводит к периодическому

протеканию резьбовых соединений, вскипанию теплоносителя, разрушению оборудования.



Более подробную информацию можно получить в нашем офисе  
 г. Симферополь ул. Залеская 41 Магазин "H2O"  
 Тел: 0652 54-16-86 факс: 0652 44-26-24  
 Моб: 8099 01-14-152  
[www.salon-h2o.org.ua](http://www.salon-h2o.org.ua)  
 E-mail: [info@salon-h2o.org.ua](mailto:info@salon-h2o.org.ua)