

РУКОВОДСТВО ПО ВОДОСНАБЖЕНИЮ

be
think
innovate

GRUNDFOS 

Введение	5
----------------	---

ЗАБОР ВОДЫ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

1) Водозаборные насосные станции	7
а) Реки и озера	7
б) Насосные станции	8
в) Насосные станции для забора морской воды	10
2) Компоновка насосной станции	11
а) Дренажные установки	12
б) Установка в сухом колодце	13

ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ

3) Предварительный выбор насоса	15
а) Расчет расхода	15
i) Утечки в трубопроводах	16
ii) Широкий диапазон производительности	17
б) Расчет напора	18
i) Схема расположения распределительной системы	20
ii) Управление давлением	22
iii) Выводы	24
в) Количество и размер насосов	24
i) КПД насоса	24
ii) Приведенная скорость и тип рабочего колеса	26
iii) Выбор для максимально достижимого КПД	27
iv) Определение насоса, n_q : практический пример:	28
г) Выводы по предварительному выбору насоса	28
4) Перекачиваемая среда и коррозия	30
а) Коррозия	30
i) Электрохимическая коррозия	30
ii) Питтинговая (точечная) коррозия	32
iii) Щелевая коррозия	32
iv) Кавитация и коррозия	32
б) Характеристики воды	33
i) Содержание карбоната кальция (CaCO_3)	33
ii) Концентрация хлора	33
в) Защита от коррозии	34
i) Покрытие внутренних деталей насоса	34
5) Главная насосная станция	36
а) Принцип действия и элементы	37
б) Понижение уровня и гидроудар	38
i) Элементы защиты от понижения давления и гидроудара	39

c) Уравнительный сосуд и уравнительный бак.....	40
d) Давление в трубопроводе	41
6) Водонапорные башни или водонапорные резервуары	42
a) Подача самотеком для герметичных систем.....	43
b) Функции регулирующего клапана	44
7) Локальные насосные станции	46
a) Установки повышения давления	47

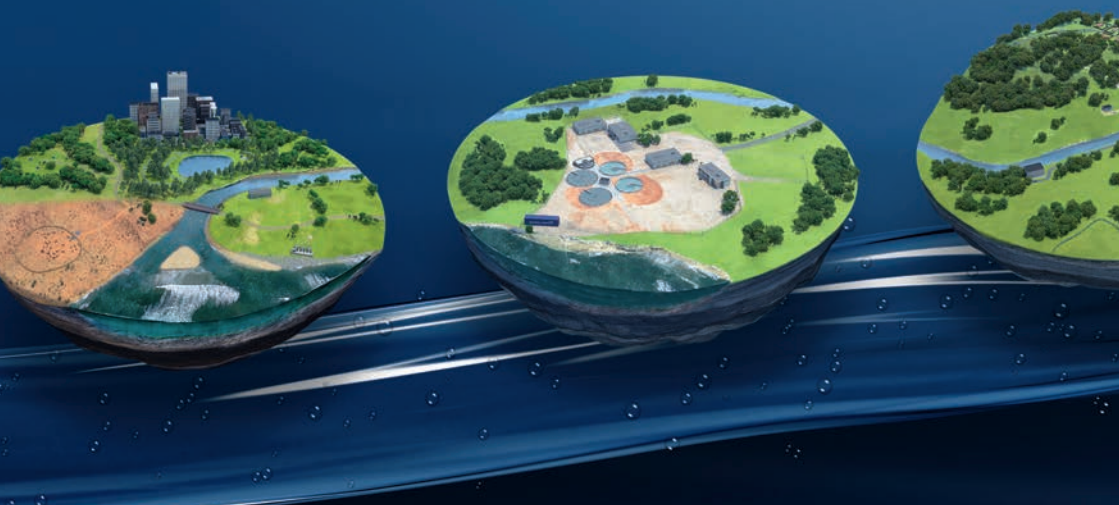
НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

8) Конструкция насосной станции	49
a) Проекты и решения	49
b) Выбор насоса	50
i) Горизонтальные насосы с разъемным корпусом в сравнении с насосами одностороннего всасывания.....	51
ii) NPSH _{доступный} и NPSH _{требуемый}	52
iii) Конструкция при использовании вертикальных турбинных насосов	52
c) Оптимизация расходов на электрооборудование — двигатели переменного тока, КПД и ЧРП	54
i) Двигатели переменного тока.....	54
ii) Классы энергоэффективности.....	55
iii) Схема пуска электродвигателя.....	55
iv) Частотно-регулируемые приводы (ЧРП).....	56
v) Выводы	56
9) Советы и рекомендации по проектированию	58
a) Снижение воздействия на насадки.....	58
b) Важные элементы для всасывающих и напорных трубопроводов	58
c) Рекомендуемая длина трубопровода линии всасывания.....	59
d) Воздушные пробки в трубопроводе	59
e) Воздуховыпускные клапаны	59
f) Изоляционные (запорные) клапаны	60
g) Изоляционные клапаны для регулирования давления и расхода	60
h) Запорно-регулирующая арматура и обратные клапаны	61
i) Дезинфекция хлором.....	63
j) Мониторинг насоса.....	64

ПРОДУКЦИЯ И РЕШЕНИЯ

Grundfos iSOLUTIONS	70
Водозаборные насосные станции	76
Главные насосные станции.....	82
Локальные насосные станции	86
Установки повышения давления для локальных насосных станций	90

ОПТИМИЗИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ



ВОДОЗАБОР

ВОДОПОДГОТОВКА

Введение

В данном руководстве описывается оборудование и области его использования, связанные с забором поверхностных вод и распределением воды. В нем объединены специальные знания и опыт применения в системах водоснабжения более чем за 70 лет.

Представлены конструкции водозаборных насосных станций для различных источников воды, начиная с рек и озер и заканчивая морской водой. Рассмотрена необходимость предварительного выбора насоса и расчета расхода для оптимизированной системы, также показана важность выбора решений управления давлением для обеспечения оптимального напора в системе и в то же время снижения риска прорыва труб.

В данном руководстве представлено все основное оборудование, необходимое для оптимизации систем водоснабжения, с полным обзором широкого ассортимента продукции и решений Grundfos.

Рассмотрим полный оборот воды

Если не вдаваться в детали, применение в системах коммунального водоснабжения на всех этапах оборота воды делится на две категории: водозабор и распределение воды. В рамках этого компания Grundfos решает контролировать оборот воды в различных областях применения. Эти области делятся на конкретные сектора применения. Например, водозаборные станции забирают воду из открытых или подземных источников. Далее осуществляется процесс водоподготовки и распределение в централизованную систему водоснабжения, откуда она поступает потребителям.

О Grundfos

Grundfos — производитель полной линейки насосного оборудования и систем управления для использования во всех системах водоснабжения и водоотведения. Компания постоянно совершенствует насосные решения для обеспечения максимальной надежности и эффективности использования ресурсов для своих заказчиков. Решения компании основаны на технологиях, проверенных на практике, и подкреплены знаниями и опытом наших специалистов.



ВОДОСНАБЖЕНИЕ

**ТРАНСПОРТИРОВКА СТОЧНЫХ
ВОД И ПРОТИВОПАВОДКОВАЯ
ЗАЩИТА**

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ
ВОД**



ЗАБОР ВОДЫ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

1) Водозаборные насосные станции

Водозаборные насосные станции используются для отбора поверхностных вод и их транспортировки на ирригационные системы, станции водоподготовки, аквапарки, фонтаны, системы охлаждения и множество других промышленных производств.

Водозаборные насосные станции могут перекачивать большие объемы воды, что требует применения высокопроизводительных насосов с высокой подачей, а также двигателей с увеличенной мощностью. Насосные станции могут располагаться в открытом водоеме, на побережье или вдали от водоема с применением подводящих каналов или всасывающих трубопроводов.

а) Реки и озера

Конструкции водозаборных систем зависят от территориальных условий. Необходимо учитывать такие важные факторы как глубина воды и уровень грунтовых вод. Некоторые водозаборные системы могут быть уязвимы к затоплениям — для них требуется возведение дорогостоящих конструкций на расстоянии от берега. Наземные (береговые) водозаборные сооружения менее затратны, однако в этом случае требуется большая высота всасывания. Вследствие этого оборудование подвержено кавитации, возникают различные проблемы с фиксацией установки. Водозаборные системы также могут быть расположены на берегу под землей, что повышает затраты на строительство с риском затопления в условиях ограниченного пространства, понижая при этом высоту всасывания.



б) Насосные станции

Для подвода воды к насосным станциям используются подводящие каналы, которые обеспечивают однородный поток и облегчают установку соответствующих систем улавливания загрязнений. Конечно, это ведет к увеличению затрат; также наблюдается проблема образования осадка внутри подводящих каналов.





с) Насосные станции для забора морской воды

Проблема нехватки питьевой воды в мире с каждым днем становится все острее. Опреснение морской воды в некоторых регионах является единственным источником ее получения. В океанах содержится 97,5 % всей воды на земле. В целом конструкции насосных станций для забора морской воды идентичны водозаборным системам для речной воды, однако требуется принятие дополнительных мер для борьбы с бактериями, коралловыми наростами и коррозией.

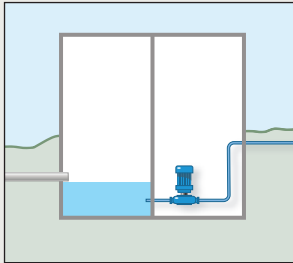
Насосные решения для забора морской воды могут быть спроектированы на основе береговых колодцев, ряд которых образуют геотехнологическое поле вдоль береговой линии. Преимуществом береговых колодцев в качестве решения по сравнению с прямым забором морской воды является отсутствие водорослей, меньшее количество бактерий и более низкая концентрация соли в отличие от прямого забора из прибрежной зоны заплеска воды. Однако не все морские побережья являются песчаными пляжами.

Стандартной конструкции водозабора не существует. Конструкция водозаборной станции в значительной степени зависит от территориальных условий и изменчивости уровня грунтовых вод. Малые потери на всасывании и правильный выбор насоса — ключ к успешной конструкции насосной станции. Чтобы обеспечить бесперебойный поток, сооружения должны иметь надлежащую конструкцию проточной части. Конструкция водозабора также должна быть рассчитана на противодействие попаданию твердых примесей внутрь всасывающих трубопроводов и насосов.

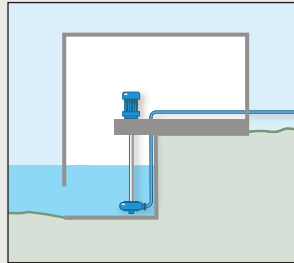


2) Компоновка насосной станции

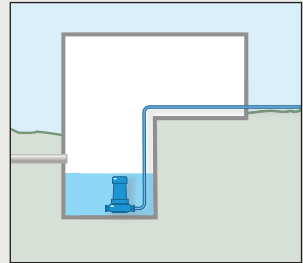
Существует множество вариантов компоновки насосных станций, например:



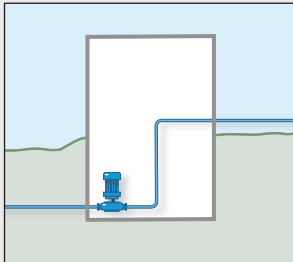
Насос и двигатель в сухом колодце, всасывание из отстойника



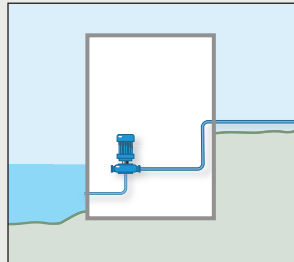
Наземная дренажная установка, насос под водой, двигатель над водой



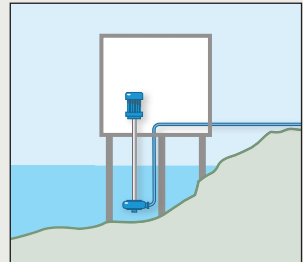
Дренажная установка, насос и двигатель под водой



Насос и двигатель в сухом колодце с длинным всасывающим трубопроводом



Насос и двигатель в сухом колодце, прямое всасывание из источника



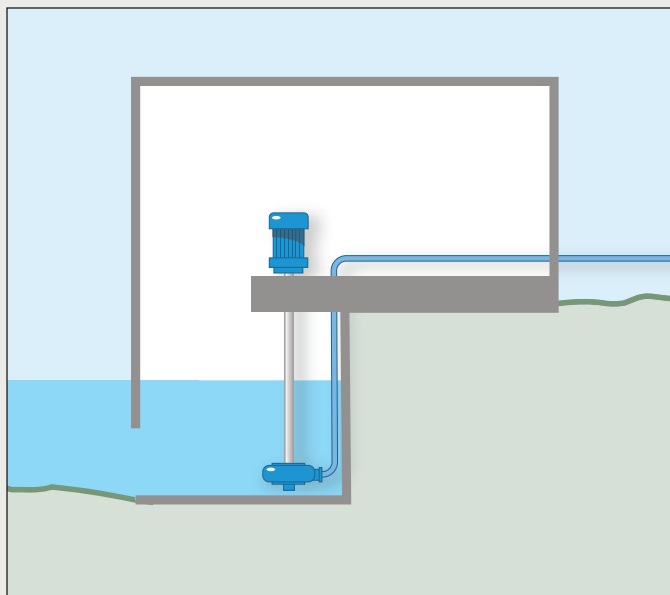
Морская дренажная установка, насос под водой, двигатель над водой

Примеры компоновки станций

- Дренажная установка (отстойник)
- Сухой колодец
- Над землей
- Над водой
- Под землей

а) Дренажные установки

Уровень воды в реках и озерах меняется в зависимости от сезона. На него также влияют суточные приливы и волны. Перед началом работы чаши рабочего колеса насоса или спиральный отвод должны быть заполнены водой. Самыми распространенными насосами, которые позволяют преодолеть колебания уровня воды, являются вертикальные насосы с погружной частью со всасывающей трубой и двигателем над уровнем паводковых вод. Насосы с погружными двигателями также могут использоваться для дренажных установок, что позволяет уменьшить расходы на строительные работы и занимаемую площадь.



Насосная станция

Дренажная установка

Типы насосов:

- Вертикальный турбинный насос.
- Скважинный насос.
- Погружной канализационный насос.

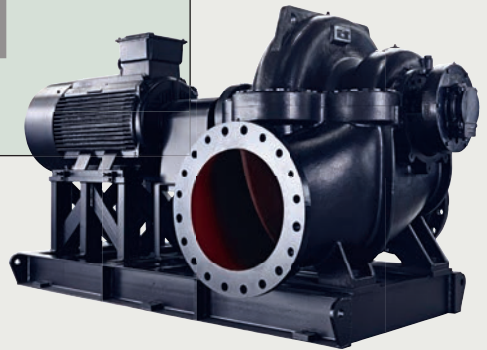
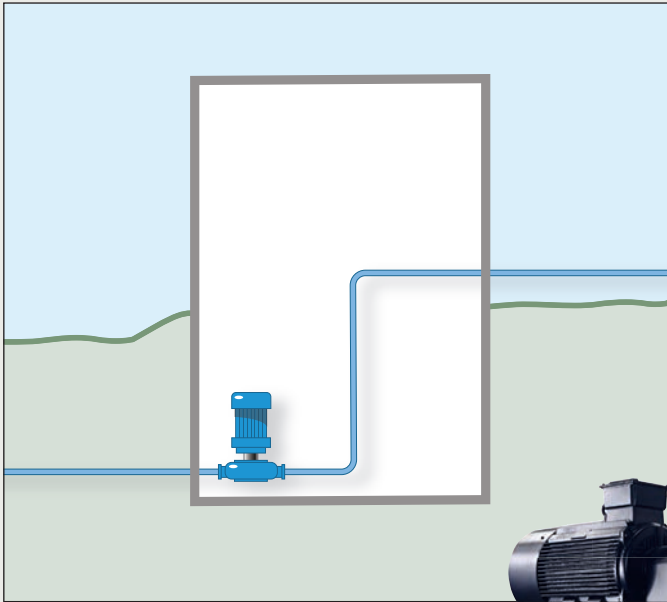
Основные трудности при проектировании:

- Уровень паводковых вод.
- Минимальный уровень воды.
- Захват воздуха/завихрения.
- Влажность/коррозия.
- Обслуживание/дорожное обеспечение.
- Скрап/экраны.
- Струя воды/турбулентность.
- Энергоснабжение/электричество.



б) Установка в сухом колодце

При установке в сухом колодце возводятся наземные сооружения с глубокими котлованами. Часто требуются длинные всасывающие трубы, подводящие каналы, экраны и сетчатые фильтры — все это способствует потерям на трение и снижению давления всасывания насоса. В конструкцию насосной станции должны быть заложены способы увеличения допустимого кавитационного запаса (NPSH) через подземную часть. Необходимо выбирать насос с низким NPSH. Конструкции с установкой в сухом колодце обычно оснащаются насосами двустороннего всасывания с разъемным корпусом, установленными горизонтально или вертикально. Функция двустороннего всасывания насоса обеспечивается рабочим колесом специальной конструкции, поэтому такие насосы могут справиться с удвоенным расходом при значительно меньшем NPSH. Насосы одностороннего всасывания и многорядные насосы («ин-лайн») также можно устанавливать в сухом колодце, однако требуемый NPSH будет выше.



Насосная станция

Установка в сухом колодце

Типы насосов:

- Двустороннего всасывания с разъемным корпусом.
- Насос одностороннего всасывания.
- Насос «ин-лайн».
- Погружной канализационный насос.

Основные трудности при проектировании:

- Давление всасывания/NPSH.
- Условие запуска/заливка.
- Сетчатый фильтр на всасывающей линии.
- Техническое обслуживание.
- Защита здоровья и техника безопасности.



ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ

3) Предварительный выбор насоса

А сейчас мы рассмотрим предварительный выбор насоса для системы водоснабжения. Чтобы выбрать правильный насос, необходимо знать несколько факторов:

- Определение требуемого расхода и напора системы.
- Состав источника воды для определения правильного материала компоновки насоса.
- Конструкция насосной станции, чтобы выбрать тип насоса и определить необходимое количество насосов.

Как правило, на начальных этапах планирования спецификации насосов отсутствуют, поэтому это примерное определение. Компания Grundfos предлагает инженерно-техническую помощь на начальном этапе планирования, взаимодействуя с владельцами, проектировщиками, операторами, консультантами, инженерами-строителями и инженерами-механиками.

а) Расчет расхода

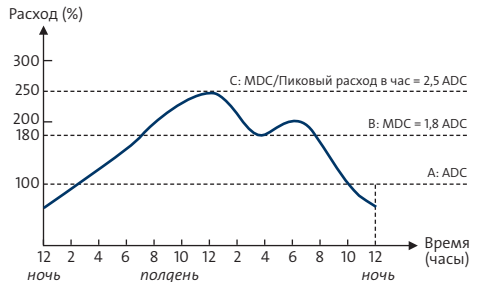
Теоретически, общедоступная статистическая информация может стать основой для расчета расхода, исходя из численности населения и среднего потребления воды в смешанных жилых, коммерческих и промышленных зонах. Однако по многим соображениям это может ввести в заблуждение, и на практике необходимо знать местные потребности:

- Состав потребителей воды в зоне — только жилые дома или также коммерческие и промышленные здания?
- Выбор насоса необходимо осуществлять с учетом пикового расхода — является ли потребление постоянным или возможны сильные колебания?
- Существует ли риск, что установка будет иметь увеличенную или уменьшенную мощность относительно будущих нагрузок?

Данную информацию предоставляют местные органы управления.

Факторы, используемые проектировщиками для определения среднестатистического водопотребления в жилых зонах

- **ADC:** годовой среднесуточный расход, известный также как «расчетный расход»
- **MDC:** годовой максимальный суточный расход — значение вычисляется из ADC
- **MDC/Пиковый расход в час:** отношение годового максимального суточного расхода в час к пиковому расходу в час
- **Расход воды для пожаротушения:** исключительный расчетный случай нагрузки

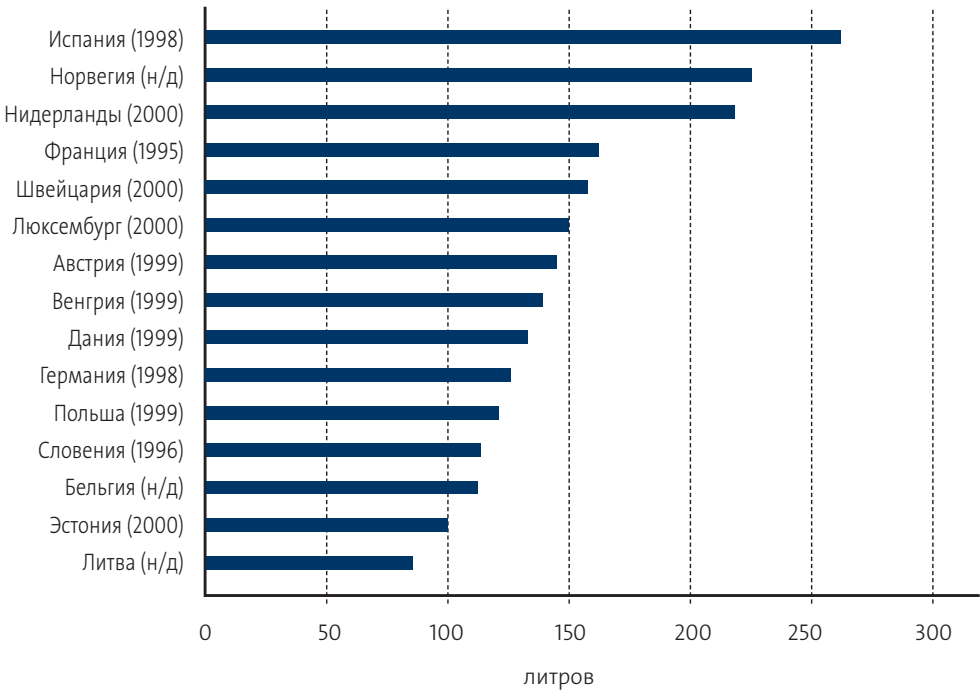


Несмотря на то, что термин «потребление воды» широко распространен, собственно говоря, потребление ее незначительно. В основном, это отвод сточных вод. Статистические данные потребления воды в обычной семье выглядят следующим образом:

- 41 % смыв туалетов,
- 27 % умывание и ванные процедуры,
- 6 % пользование кухней,
- 5 % питьевая вода,
- 4 % стирка одежды,
- 7 % другое (сад, мойка машин, уборка дома).

Среднее суточное потребление воды на человека в день варьируется в широких пределах в зависимости от страны и в основном зависит от климата и уровня жизни. Потребление может составлять менее 200 литров на человека в день в некоторых европейских странах и более 500 литров на человека в день в некоторых регионах США.

Среднее потребление воды на человека в день



Источник: Европейское агентство по окружающей среде.

і) Утечки в трубопроводах

Утечка в трубах — одна из важнейших проблем в водораспределительных системах, поэтому важно учитывать данный фактор при расчете расхода.

Утечки приводят не только к потере воды, они также могут стать причиной загрязнения питьевой воды. Объемы утечек выше, чем думают многие, и зачастую предусмотрены в бюджете в качестве неустраняемых издержек.

Типичные примеры % утечек в системах водораспределения:

Япония	>5 %
Германия	7 %
США	>15 %
Великобритания	19 %
Франция	26 %
Италия	29 %



ii) Широкий диапазон производительности

Расчет расхода производится для того, чтобы обеспечить возможность охвата широкого диапазона в пределах которого будут работать насосы.

Зачастую максимальный расход в системе водоснабжения в 15–20 раз выше минимального расхода. Это зависит от следующих факторов:

- пиковое потребление,
- сезонные изменения,
- динамика системы и развитие ситуации с водопотреблением в перспективе.

Суммарный объем расхода насосной станции определяется по статистическим данным или с применением обычных факторов планирования, при этом MDC/Пиковый расход — соответствующее значение суммарного расхода насосной станции. Также необходимо учесть расход воды для пожаротушения. Не исключено, что насосы, работающие с избыточной мощностью, могут с этим не справиться.

Гораздо более сложной задачей становится выбор одного насоса в пределах системы, удовлетворяющего требованиям минимального расхода (без водонапорного резервуара) и всем промежуточным условиям эксплуатации в очень широком диапазоне применения.

По этой причине нередко в существующих насосных станциях встречаются насосы разных типоразмеров, работающие в параллельном (каскадном) режиме эксплуатации, причем некоторые из них оснащены приводами с регулируемой частотой вращения, чтобы соответствовать меняющимся требованиям.

Для предварительного выбора достаточно взять два типоразмера:

- Насос небольшой мощности для минимального расхода и повышения давления в системе. Если минимальный расход слишком низкий, можно применить герметичный резервуар или байпас с дроссельной шайбой по направлению к всасывающему патрубку насоса.
- От трех до четырех насосов с 35 % от MDC/пиковый расход — в любом случае процедура выбора насоса будет рассмотрена в дальнейшем.

б) Расчет напора

Получив значение расхода, необходимо рассмотреть принцип определения напора насоса (Н).

Определение полного напора:

- **Статический напор**

Разница в высоте расположения между уровнем воды на насосной станции и наибольшей высотной отметкой системы. Обычно наибольшая высотная отметка в сети это уровень воды в водонапорном резервуаре.

- **Динамический напор (или потери на трение)**

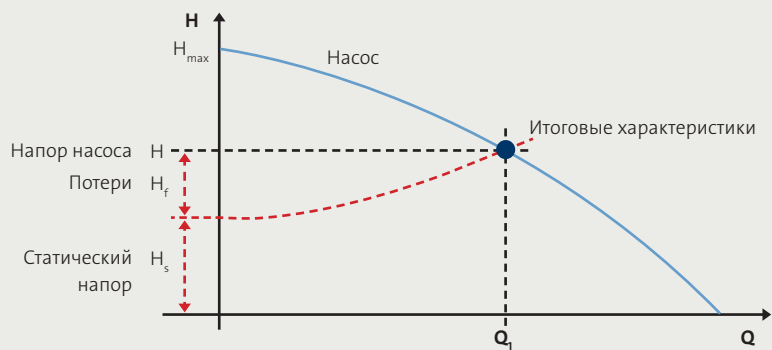
Потери на трение по длине труб, потери в фасонных элементах трубопровода и потери в запорной и регулирующей арматуре.

Для определения статического и динамического напора необходимо начертить кривую характеристик и системы и определить, где она пересекает текущую кривую характеристик насоса. Также необходимо более подробно рассмотреть.

Требования к системе:

- качество воды не должно ухудшать эксплуатационные характеристики системы труб;
- подача воды во все краны потребителя осуществляется под достаточным давлением;
- подача необходимого количества воды во время пожаротушения при определенном минимальном давлении;
- во время проведения ремонта на любом из участков системы ни один из потребителей не должен остаться без водоснабжения;
- желательно, чтобы все распределительные трубы были проложены на расстоянии одного метра от трубопроводов канализационной сети или над ними;
- обеспечение герметичности, чтобы свести к минимуму потери по причине утечек и исключить загрязнение.





Характеристика системы с кривой рабочих характеристик насоса для открытой системы.



i) Схема расположения распределительной системы

Чтобы рассчитать напор насоса (Н), необходимо определить схему расположения системы водораспределения.

Распределительные трубы обычно прокладываются под дорожным покрытием, поэтому схема их расположения обычно соответствует схеме расположения дорог.

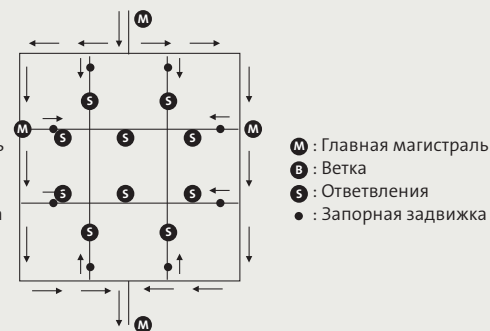
В целом существует четыре разных типа трубопроводных сетей; любую из них, отдельно или во взаимодействии, можно использовать в любом месте:

- система с древовидными или тупиковыми ответвлениями,
- кольцевая система,
- система с односторонним ответвлением,
- радиальная система (рассмотрен вариант системы с односторонним ответвлением).

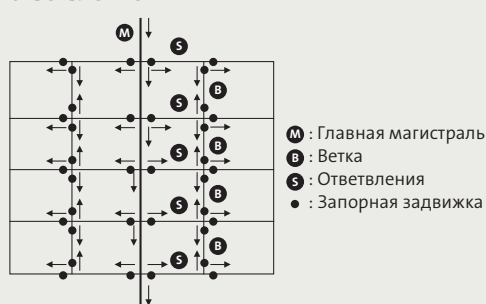
Система с древовидными или тупиковыми ответвлениями



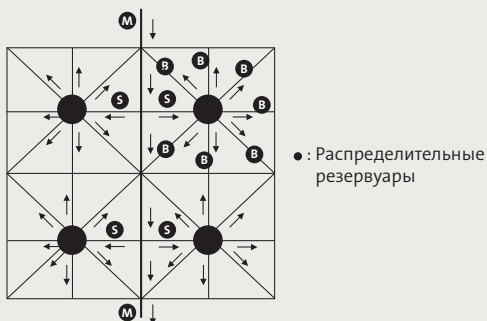
Кольцевая система



Система с односторонним ответвлением



Радиальная система



Система с древовидными или тупиковыми ответвлениями

В системах с древовидными ответвлениями водоснабжение зон осуществляется посредством крупных магистралей, магистральные трубы меньших размеров ответвляются от крупной магистрали. В менее развитых жилых массивах сложно избежать тупиков, так как отсутствует особая потребность в инфраструктуре. В таких случаях обычно и встречаются системы с древовидными ответвлениями.

Это система, где основным каналом древовидной структуры является крупная водопроводная магистраль, размер которой уменьшается по мере удаления от источника; мелкие ветки трубопровода ответвляются от магистрали под прямым углом. В дальнейшем от каждой из этих веток могут ответвляться более мелкие подветки.

В этой системе тупиковые ответвления неизбежны и требуют регулярного обслуживания для сохранения высокого качества воды.

Данная система встречается в жилых массивах и городах без определенных дорожных развязок и обладает следующими преимуществами:

- относительно дешевое решение,
- более легкое определение падения давления по причине потерь на трение из-за простоты системы.

Недостаток системы заключается в наличии множества тупиков, что вызывает застой воды в трубах, а при проведении ремонтных работ потребители остаются без обслуживания.

Кольцевая система

В кольцевой системе используются магистральные трубопроводы большого диаметра, которыми окружена сеть водоснабжения. Подача воды осуществляется с любого направления к центру. В кольцевой системе вода подается через магистральные трубопроводы большого диаметра в замкнутое кольцо, которое осуществляет подачу воды с любого направления к центру. Непрерывная циркуляция превращает любое образование осадка или органического вещества в системе водоснабжения. Подающий магистральный трубопровод прокладывается вдоль периферийных дорог,

от магистралей отходят ответвления.

Таким образом, данная система действует аналогично системе с односторонним ответвлением по типу потока, который в плане движения схож с потоком в системе с тупиковым ответвлением. На самом деле определить размер труб довольно просто, однако при определении потерь на трение могут возникнуть трудности.

- Преимуществом кольцевой системы является то, что воду можно подать в любую точку, по крайней мере, с двух направлений.
- Это упрощает процедуру технического обслуживания и замены труб, причем подача воды потребителям будет осуществляться без перерывов.

Недостатком данной системы являются высокие затраты на содержание резервных труб большого диаметра.

Система с односторонним ответвлением

Системы с односторонним ответвлением имеют взаимосвязанные водопроводные магистрали, через которые вода подается на участки системы с разных направлений. Это самый распространенный тип конструкции, особенно в больших городах. Причина заключается в том, что системы с односторонним ответвлением могут подавать больше воды в заданную зону при резком изменении давления в системе, например, в случае угрозы пожара.

Схема размещения представляет собой сеть, похожую на планировку уличной сети в городских кварталах, и вода открыто проходит через данную сеть со всех направлений. Если для одной из зон требуется больший расход воды, вода может поступать туда со многих направлений. Недостатком данной системы является то, что иногда в ней могут быть тупиковые ответвления.

Система подходит для городов с прямоугольной планировкой, где водопроводные магистрали и ветки трубопроводов при укладке образуют прямоугольники. Имеет следующие преимущества:

- хорошая циркуляция воды вследствие отсутствия тупиковых ответвлений;
- при поломке на одном из участков поступление воды будет обеспечиваться с других направлений.

Недостаток заключается в невозможности точного расчета размеров труб.

Радиальная система

Ранее в документе упоминалась радиальная система, однако она часто считается вариантом системы с односторонним ответвлением. В данном случае область разделяется на несколько зон. Вода накапливается в распределительные резервуары, которые находятся в середине каждой зоны; подводящие трубы уложены по радиусу и отходят по направлению к отдаленным зонам.

Преимуществом является надежность обслуживания.

Преимущества кольцевой системы и системы с односторонним ответвлением

Подводя итог, можно выделить следующие главные преимущества эксплуатации более сложных в плане гидравлики кольцевой системы и системы с односторонним ответвлением (включая радиальную):

- ремонт труб без нарушения интересов потребителей;
- менее уязвимая система — более безопасная эксплуатация;
- равномерное распределение давления;
- более низкая скорость потока при высоком водопотреблении;
- рециркуляция воды при низком водопотреблении;
- защита от гидроудара.

Районные расходомерные зоны (DMA)

Системы водораспределения в городах часто разделены на зоны водопотребления для лучшего понимания и контроля за утечками. Данные зоны известны как районные расходомерные зоны (DMA). Ведется запись потоков в каждую зону DMA и из нее, затем данные сравниваются с общим потреблением воды на участке, исходя из счетов, выставленных потребителям.

Разница между общим объемом воды, который был доставлен в зону DMA, и оплачиваемым объемом в зоне DMA называется неучтенной водой (NRW). Неучтенной водой (NRW) считается вода, не включенная в отчетность. Это может быть связано с запасами воды, не предназначенными для продажи (не выписан счет или отсутствие

учета), пожарными гидрантами, незаконными подключениями, протечками труб, переполнением резервуара или неточностью снятия показаний приборов. Во многих системах 90 % неучтенной воды (NRW) приходится на протечки труб.

ii) Управление давлением

В зависимости от изменений высоты местности над уровнем моря распределительная система может быть разделена на зоны давления. Все ветки трубопровода в системе оснащены запорными задвижками. В случае необходимости создания зон давления эти задвижки могут быть закрыты. Части системы на территориях с низкой высотой установки, например близлежащие озера, и части, находящиеся на возвышенных участках внутри города, будут относиться к разным зонам давления. Это делается для того, чтобы избежать повышения давления в трубах, находящихся в низинах, и недостаточного давления в трубах, находящихся на возвышенности.

Давление и утечка полностью взаимосвязаны. Чем выше давление, тем больше утечка. Ключевой задачей является обеспечивать постоянное минимальное давление и в то же время удовлетворять потребности потребителей.

Редукционные клапаны обычно используются для ограничения и обеспечения постоянного давления на различных участках системы.

Водонапорный резервуар для повышения давления

Традиционным способом повышения давления в водораспределительной системе является закачка воды в водонапорный резервуар (ярким примером таких резервуаров являются водонапорные башни). Однако наиболее распространенным решением является заглубленный (подземный) резервуар на возвышенности. Принцип работы в плане гидравлики одинаков, однако этот резервуар может быть большего размера, и он не нагревается в дневное время.

Принцип работы водонапорного резервуара предельно прост. «Сообщающиеся сосуды» — так называются несколько резервуаров, которые соединены друг с другом. Когда вода отстаивается, ее уровень становится одинаковым

во всех резервуарах независимо от формы и объема. Если дополнительно добавить воду в один резервуар, уровень жидкости изменится, но снова станет одинаковым во всех соединенных резервуарах. Процесс является частью закона Стевина и закона Паскаля и возникает потому что давление, производимое на любую точку жидкости в покое (гидростатическое давление), зависит только от глубины данной точки, таким образом, уровень воды остается одинаковым во всех резервуарах.

В городах часто используются водонапорные башни, а городские водопроводные и канализационные сети выступают в качестве сообщающихся сосудов, распределяя воду на верхние этажи зданий с достаточным давлением.

В этом случае процедура выбора насоса довольно проста; это определяется по высотной отметке воды в резервуаре или башне, где преобладает статический напор. Динамические потери весьма незначительны.

Прямая закачка в систему

В наши дни наиболее распространенным вариантом является подключение насосной станции напрямую к распределительной системе, чтобы насосы выполняли тройную задачу:

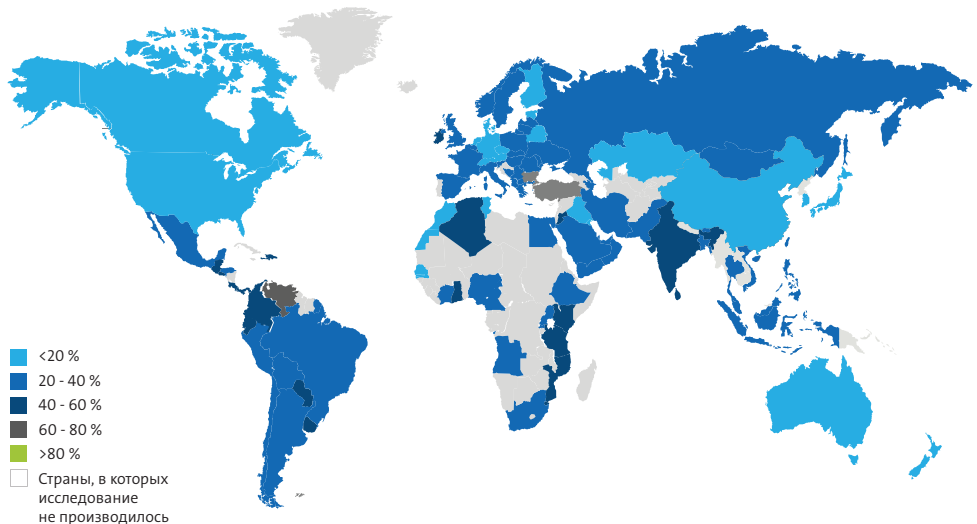
- транспортировка воды по направлению и внутрь распределительной системы;
- повышение и поддержание давления в системе;
- поднятие воды до самых высоких точек системы, например водонапорных резервуаров.

Водонапорные резервуары могут выступать в роли накопительных баков при минимальном потреблении, действовать как уравнилительные баки при пиковом потреблении и расходе воды для пожаротушения. Также они могут выступать в качестве запасных резервуаров в случае отключения электроэнергии.

Статический напор все еще является доминирующим, так как при выборе насоса производится ориентация на самую высокую точку системы; однако в некоторых случаях динамические потери не так уж незначительны.

От количества работающих насосов зависит поддержание давления в системе при любых изменениях условий потока. Для поддержания постоянного давления в условиях изменения необходимого расхода в течение дня также можно внедрить насосы и частотно-регулируемые приводы (ЧРП) различных мощностей.

Объемы неучтенной воды:



iii) Выводы

Ручное вычисление характеристик для надежной системы при выборе насоса возможно только для систем с естественной циркуляцией (высота расположения) и герметичных систем с dřевовидной структурой.

В смешанных герметичных системах с односторонним ответвлением направленность потока бывает не ясна. Такие элементы как резервуары и насосы неизбежно взаимодействуют между собой. В таком случае необходимо применение новейших современных программных инструментов для моделирования изменений давления в системе.

Как тогда определить давление насоса? Лучший совет — действовать по принципу «чем проще, тем лучше»:

- Напор насоса = Статический напор (разность высот между насосной станцией и городом) плюс требуемое давление в системе.

Давление в системе — требуемое давление воды в кране потребителя. Предусмотренные величины давления в распределительной системе:

- минимум 1,5 бар в период пиковой нагрузки;
- максимум 5 бар во внепиковый период работы трубопровода;
- максимальное суммарное расчетное давление в системе 10 бар.

В наши дни предпочитают использовать насосные станции с частотно-регулируемыми приводами (ЧРП), которые работают непосредственно на распределительную систему для поддержания подходящего постоянного минимального давления.

c) Количество и размер насосов

Типичный вопрос, который задают местные органы управления на этапе планирования, это необходимое количество насосов. Это итеративный процесс, и начальная точка —

энергоэффективность. Дело в том, что, с точки зрения владельцев и инвесторов эксплуатационные расходы в течение срока службы насоса всегда выше первоначальных инвестиционных расходов.

i) КПД насоса

КПД насоса зависит от трех аспектов:

- обеспечение условий эксплуатации насоса возле точки максимального КПД;
- понимание (и снижение) внутренних потерь: потери на удар, перетечки и потери на трение;
- соответствующая эффективность гидравлики насоса.

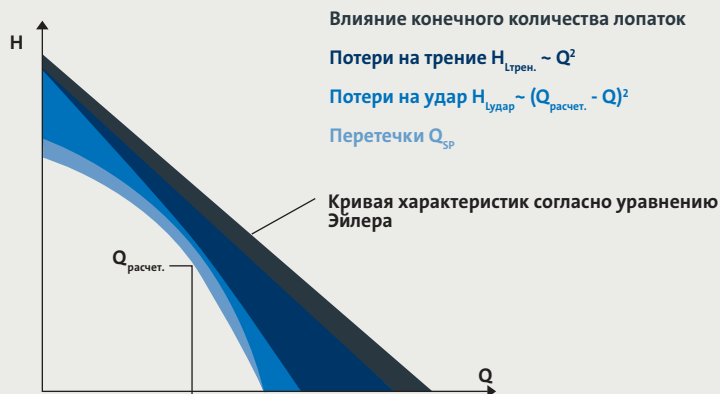
Кривые характеристик насоса показывают точку оптимального КПД и стандартный рабочий диапазон с высоким КПД порядка 80–110 % от расхода в точке оптимального КПД. Чтобы оставаться в этом диапазоне, можно оптимизировать установленный гидравлический механизм, подрезав рабочее колесо.

Приближение условий эксплуатации к точке оптимального КПД путем подрезания рабочего колеса, тем самым уменьшая его диаметр, повышает КПД в отношении конкретных условий эксплуатации, однако общий КПД самого гидравлического механизма рабочего колеса становится хуже. Более оптимальный вариант — понижение частоты посредством частотно-регулируемого привода (ЧРП).

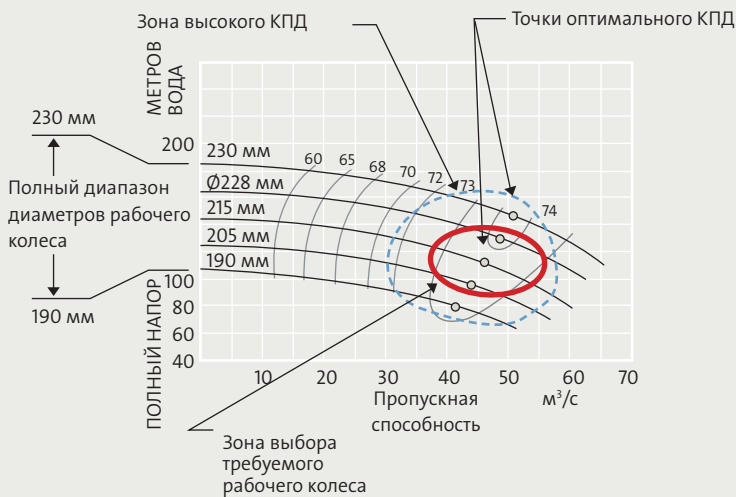
Более детальный взгляд на проблему внутренних потерь

Потери на удар, перетечки и потери на трение в насосе можно оптимизировать, однако, достигнуть совершенства невозможно. Например, лопасти рабочего колеса направляют поток, и в то же время толщина их материала становится препятствием в гидроканале. При попадании воды в каналы она ударяется о передние кромки рабочего колеса, что вызывает потери на удар. Поверхность лопасти имеет шероховатости, что вызывает потери на трение.

Перетечки вызваны внутренней рециркуляцией со стороны нагнетания на сторону всасывания рабочего колеса внутри корпуса насоса. Поскольку рабочее колесо вращается внутри корпуса, необходимо учитывать зазор, через который пройдет вода вследствие разности давлений.



Снижение КПД насоса из-за потерь на трение и потерь по объему



Стандартный рабочий диапазон при выборе рабочего колеса

ii) Приведенная скорость и тип рабочего колеса

Коэффициент быстроходности (η_q) определяет характеристики рабочего колеса путем соотношения расхода и напора. Достижимый КПД определяется коэффициентом быстроходности и мощностью насоса.

Данный параметр вытекает из размерного анализа, который позволяет сравнить рабочие колеса насосов разной мощности, даже если их эксплуатационные свойства отличаются (расход $Q_{\text{опт}}$, напор $H_{\text{опт}}$, частота вращения n в точке оптимального КПД $\eta_{\text{опт}}$).

Коэффициент быстроходности можно использовать для определения оптимального варианта исполнения рабочего колеса и кривой характеристик соответствующего насоса.

η_q определяется как теоретическая частота вращения, при которой геометрически подобные рабочие колеса работают так, как если бы их размер позволял им перекачивать 1 м напора при расходе 1 м³/с в точке наивысшего КПД. Выражается в тех же единицах, что и скорость вращения:

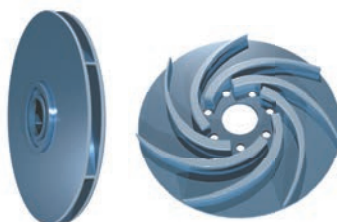
$$\eta_q = \eta_d \cdot \frac{Q_d^{1/2}}{H_d^{3/4}}$$

Q_d в м³/с = Расход при $\eta_{\text{опт}}$
 H_d в м = Развиваемый напор $\eta_{\text{опт}}$
 n_d в об/мин = Скорость работы насоса
 η_q в метрических единицах

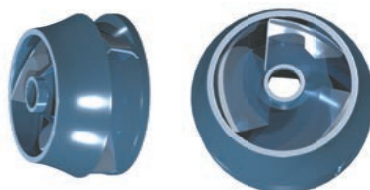
По мере увеличения коэффициента быстроходности η_q происходит постоянная смена от изначально радиального типа рабочего колеса до «радиально-осевого» (диагонального типа) и, в конце концов, рабочего колеса осевого типа. Элементы диффузора корпусов радиальных насосов (например, спиральные отводы) становятся более объемными, если есть возможность отвода потока в радиальном направлении. В конечном счете возможен только осевой выход потока (например, как в обсадной трубе).

Приблизительные номинальные значения:

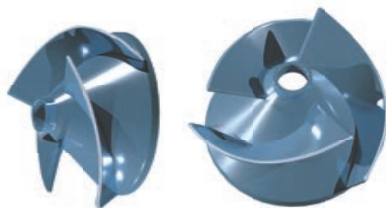
η_q примерно до 25	Радиальное высоконапорное рабочее колесо
примерно до 40	Радиальное рабочее колесо среднего напора
примерно до 70	Радиальное низконапорное рабочее колесо
примерно до 160	Диагональное рабочее колесо
примерно от 140 до 400	Рабочее колесо осевого типа (пропеллер)



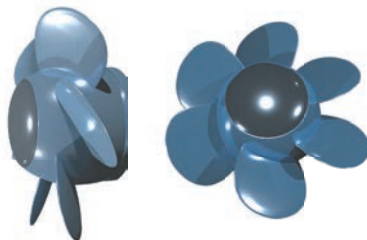
Радиальное рабочее колесо



Диагональное колесо закрытого типа



Диагональное колесо открытого типа



Осевое рабочее колесо

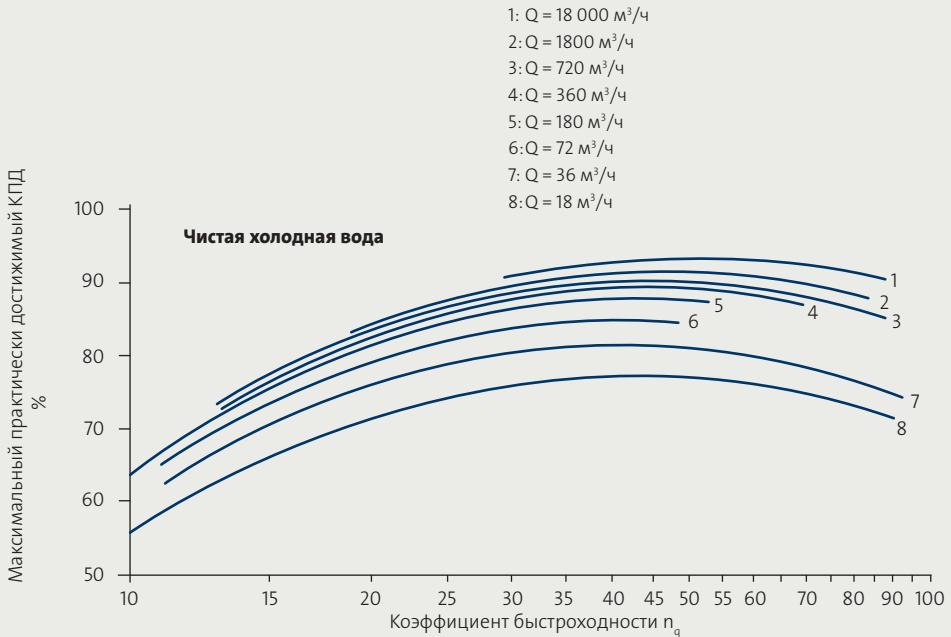
iii) Выбор для максимально достижимого КПД

Предполагаемый КПД центробежного насоса меняется, так как величина коэффициента быстроходности насоса и условия эксплуатации приближаются к расходу в точке оптимального КПД. Теоретические значения максимально достижимого КПД от Eurorimp (Европейская ассоциация производителей насосов) дают удачное представление о том, чего можно достичь в индустрии производства центробежных насосов с хорошей практикой проектирования и технологией производства.

На рисунке видно, что для заданного коэффициента быстроходности увеличение мощности насоса приводит к увеличению предполагаемого максимального КПД насоса, так как должно быть снижение внутренних потерь.

Аналогичным образом для данного расхода повышение или понижение номинального коэффициента быстроходности насоса может привести к увеличению предполагаемого КПД насоса в ограниченных пределах. Изображение можно использовать в качестве руководства для определения конфигурации насоса, при которой достигается максимальный базовый КПД.

Заметьте, что при значениях n_q от 40 до 55 достигается хороший показатель КПД.



iv) Определение насоса, n_q : практический пример:

Общий расход (MDC пиковый расход) равен $900 \text{ м}^3/\text{ч}$, давление в системе 3,1 бар (или 30 м); в соответствии с ориентировочными показателями США — минимальное давление подающего устройства.

Чтобы определить n_q , можно воспользоваться графиком.

Предположительно подходят два варианта:

$2 \times 450 \text{ м}^3/\text{ч}$ при 1450 об/мин (n_q 42)
 $5 \times 180 \text{ м}^3/\text{ч}$ при 2850 об/мин (n_q 50)

В обоих случаях значение n_q находится между 40 и 55, что должно повлечь за собой высокий КПД.

Достижимый КПД в обоих случаях выше 85 %, а вариант а) кажется лучше, чем вариант б), поскольку вследствие большей мощности предполагается меньше внутренних потерь.

Вывод, n_q : практический пример (выбор 2 насосов с помощью инструмента подбора Grundfos GPC). При выборе с помощью Grundfos Product Center приложение выдает следующие насосы:

- а) Q: $450 \text{ м}^3/\text{ч}$ и Н: 30 м
(HS 200-150 381 КПД 83 % или NK150-315 КПД 82 %)
- б) Q: $160 \text{ м}^3/\text{ч}$ и Н: 30 м
(NK 80–180 КПД 79 %)

Здесь вариант б) ближе к достижимому КПД, что предполагает большую эксплуатационную гибкость.

Почему не вариант а)? Компания-конкурент предлагает насос с КПД 85 %, что является достижимым.

Консультант может комбинировать варианты: $1 \times 450 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $3 \times 180 \text{ м}^3/\text{ч}$ (один из них оборудован частотно-регулируемым приводом для очень низкого минимального расхода).

d) Выводы по предварительному выбору насоса

Можно получить допустимые значения для расхода и напора насоса:

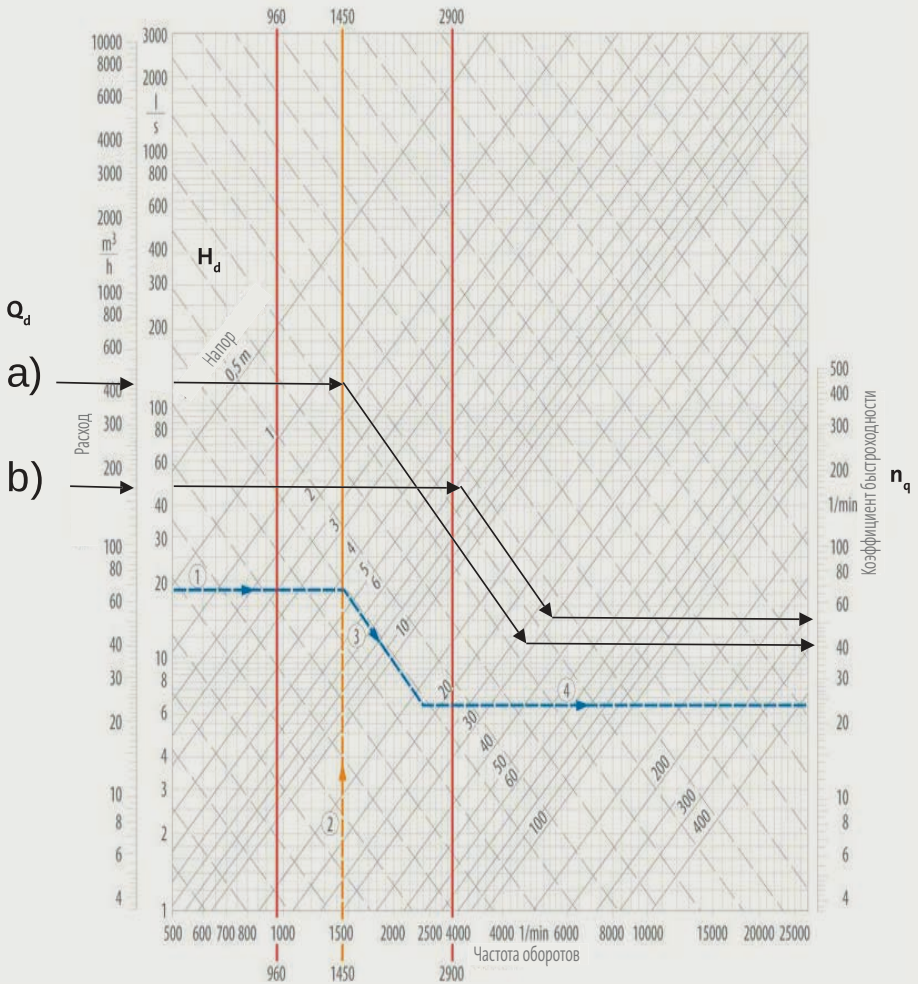
- Суммарный объем расхода определяется уполномоченной организацией. Он может быть основан на статистических (прошлых) и прогнозируемых (перспективных) данных. При отсутствии данных его можно рассчитать путем применения принятых факторов планирования.
- Напор насоса равен требуемому давлению в системе плюс разница в высоте расположения (статический напор).
- Если данные по статическому напору не были предоставлены проектировщиком или уполномоченной организацией, их, как правило, можно вывести из схем.
- Рабочее давление насосов составляет от 2 до 5 бар для повышения давления в системе (также необходимо учитывать высоту расположения).

Для крайних случаев противодействие может быть максимум 10 бар (нулевой расход) и 1,5 бар на выходе из насоса. При отсутствии водонапорных резервуаров мощность насоса наименьшего типоразмера определяется минимальным расходом.

Расход всех остальных насосов составляет примерно 35–50 % от номинального расхода — распространенная практика покрывать 150–175 % от номинального расхода 3–5 насосами, работающими параллельно с n_q от 40 до 50.

В настоящее время предпочтение отдается использованию большего количества насосов меньшего типоразмера вместо нескольких больших насосов.

Возможно, это не лучшее решение в плане гидравлики, однако, если рассмотреть электротехнические, коммунальные и эксплуатационные аспекты, иногда 6–7 насосов могут стать лучшим комплексным решением.



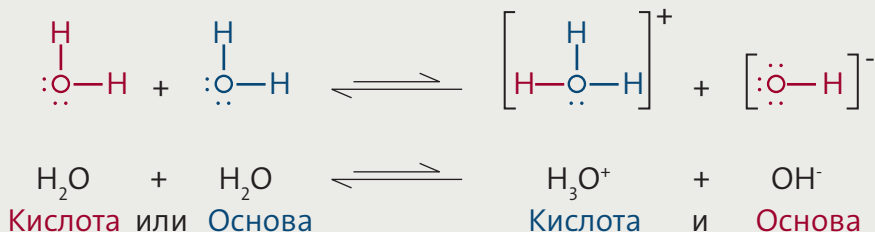
4) Перекачиваемая среда и коррозия

Стандартный выбор материала для системы водоснабжения и насосов системы водораспределения — корпус из серого чугуна с бронзовым рабочим колесом, и в большинстве случаев это отлично работает.

Однако опыт показывает, что перекачивание питьевой воды также может иметь последствия для материалов насосов. В связи с этим

необходимо более подробно рассмотреть перекачиваемую среду и выяснить, что может случиться, если проигнорировать характеристики данной перекачиваемой среды — питьевой воды.

Вода это окислитель, и нам необходимо знать соответствующие характеристики воды, чтобы определить ее коррозионное воздействие.



а) Коррозия

Коррозия — это естественный процесс преобразования рафинированного металла в более химически устойчивую форму, например, его оксид, гидроксид или сульфид. Это постепенное разрушение металла вследствие электрохимического взаимодействия с коррозионной средой.

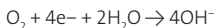
Самым известным примером коррозии является ржавчина:

- Ржавчина — это оксид железа, обычно красный оксид железа, образованный в результате реакции окисления-восстановления железа и кислорода в присутствии воды или влаги, содержащейся в воздухе.

Ржавление железа это электрохимический процесс, который начинается с передачи электронов железа кислороду через воду. Железо — это восстанавливающий агент (теряет электроны), в то время как кислород является

окислителем (собирает электроны). На скорость коррозии влияет вода, скорость увеличивается под воздействием электролитов и кислотности.

Ключевая реакция — понижение уровня кислорода / окисление железа:



Так как в результате образуются гидроксильные ионы, на данный процесс сильно воздействует присутствие кислоты. Действительно, скорость коррозии большинства металлов под воздействием кислорода увеличивается при низком показателе pH.

и) Электрохимическая коррозия

В случае контакта коррозионного электролита и двух металлических материалов (гальванический элемент) скорость коррозии увеличивается на наименее благородном

материале (анод) и уменьшается на наиболее благородном (катод). Увеличение скорости коррозии называется электрохимической коррозией.

Склонность металла или сплава к коррозии в гальваническом элементе обусловлена его положением в электрохимическом ряду. В электрохимическом ряду обозначена относительная устойчивость различных металлов и сплавов к определённой среде. Чем дальше металлы расположены друг от друга в гальваническом ряду, тем больше воздействие электрохимической коррозии. Металлы или сплавы, находящиеся сверху, являются благородными, а те, которые находятся снизу — наименее благородными.

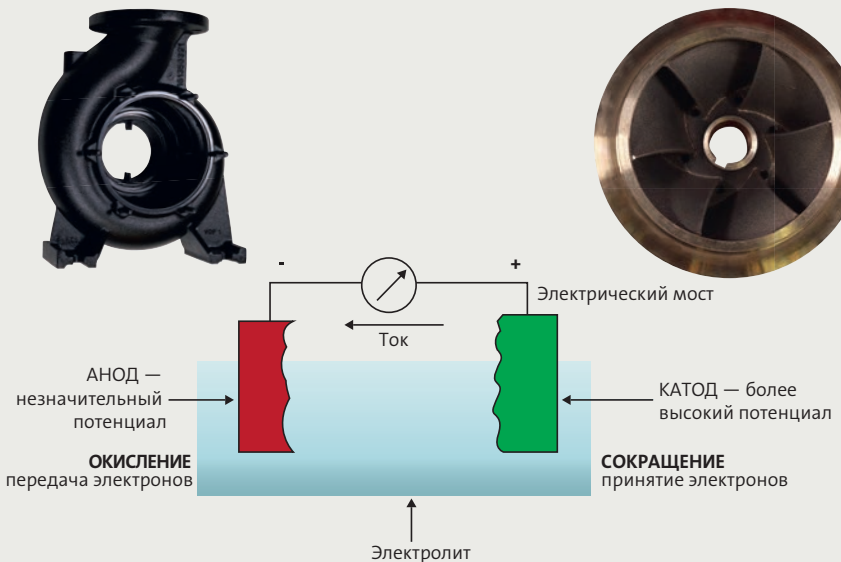
Гальванический элемент, или вольтовый элемент, названный в честь Луиджи Гальвани или Алессандро Вольты соответственно, — электрохимический элемент, извлекающий электрическую энергию из произвольных реакций окисления-восстановления, которые

происходят внутри элемента. Он, как правило, состоит из двух разных металлов, связанных соляным мостиком (электролитический ключ). Вольта был изобретателем вольтова столба — первой аккумуляторной батареи.

Для инженеров-механиков насос — это машина, а с химической точки зрения это гальванический элемент — батарея.

Коррозии в насосе невозможно избежать при стандартном сочетании материалов, с бронзовым рабочим колесом (катод) в корпусе из серого чугуна (анод). Так как разность потенциалов не слишком большая, а питьевая вода не является сильным электролитом, и, конечно же, корпус намного больше по размеру, чем рабочее колесо, процесс саморазрушения протекает медленно.

Однако ситуация полностью меняется, если использовать насос, например, в морской воде или в местах, где на сторону всасывания подается высокая концентрация гипохлорита.



ii) Питтинговая (точечная) коррозия

Это локализованная форма коррозионного воздействия. Точечная коррозия образует отверстия или углубления на поверхности металла. При такой коррозии происходит сквозное проржавление металла, в то время как общая коррозия, измеряемая потерей веса, может быть минимальной. Скорость проникновения может быть в 10–100 раз больше, чем при общей коррозии. Это зависит от агрессивности жидкости.

Питтинговая коррозия быстрее образуется в нетекучей среде. Необходимо помнить, что в зависимости от профиля нагрузки в системе водораспределения не все насосы работают постоянно. Присутствие галогенов, таких как хлор, способствует возникновению данного типа коррозии.



iii) Щелевая коррозия

Как и питтинговая коррозия, щелевая коррозия это локализованная форма коррозионного воздействия. Однако щелевая коррозия образуется быстрее, чем питтинговая. Щелевая коррозия возникает в узких отверстиях или зазорах между двумя металлическими поверхностями или между металлическими и неметаллическими поверхностями и обычно связана с состоянием застоя в щели. Соответственно щели, например, на фланцевых или резьбовых соединениях, являются самыми критическими местами коррозии.



iv) Кавитация и коррозия

При перекачивании жидкости с высокой скоростью давление понижается. Когда давление падает ниже давления паров жидкости, образуются пузырьки пара (жидкость кипит).

Когда давление снова поднимается, пузырьки пара схлопываются, что вызывает интенсивные ударные волны. Как следствие, при схлопывании пузырьков пара металл или оксид удаляется с поверхности.

Поврежденная поверхность более подвержена коррозии, особенно когда оксид также непрерывно удаляется с поверхности. Так как противодействие в системах водораспределения меняется, невозможно избежать ситуации, когда насосы в течение короткого периода будут работать с неполной нагрузкой или перегрузкой с незначительной кавитацией.

b) Характеристики воды

В системе водораспределения мы имеем дело с водопроводной водой. После обработки неочищенной воды, в процессе которой часто удаляются определенные химические компоненты, может быть отрегулирован показатель pH, удалены загрязнители, также может быть добавлен хлор для уничтожения биологических токсинов. Местные геологические условия, влияющие на состояние грунта, являются определяющими факторами присутствия различных ионов, из-за которых вода часто может быть «мягкой» или «жесткой».

Вода — это окислитель: она может быть кислотной ($\text{pH} < 7$), щелочной ($\text{pH} > 7$) и нейтральной ($\text{pH} = 7$). Вода содержит в себе достаточное количество ионов H_3O^+ , и в водном растворе всегда присутствует кислород.

i) Содержание карбоната кальция (CaCO_3)

Вода, как окислитель, зависит не только от значения pH (кислотность). Содержание карбоната кальция (то есть жесткость воды) определяет, является ли вода агрессивной или проблемной.

Индекс насыщения Лангелье (LSI) обеспечивает индикатор степени водонасыщенности в отношении карбоната кальция. Индекс насыщения Лангелье — это способ определить, является ли вода коррозионной (отрицательный индекс LSI) или накипеобразующей (положительный индекс LSI). Оптимальная насыщенность — 0,0 LSI.

- Если индекс LSI отрицательный: Отсутствует возможность образования накипи, CaCO_3 растворится в воде. Индекс ниже $-0,5$ указывает на то, что вода является коррозионной
- Если индекс LSI положительный: Возможно образование накипи, возможно осаждение CaCO_3
- Если индекс LSI близкий к нулю: Возможно образование промежуточных осадков. На индекс влияет качество воды, изменение температуры или испарения

ii) Концентрация хлора

При добавлении хлора критическое значение 5 мг/л, что является пределом для ферритного материала (стали). Содержание хлора в питьевой воде обычно примерно в 10 раз ниже.

При дозировании с содой и гипохлоритом кальция:

- Нормальное содержание 0,1–0,3 мг/л относится к водопроводной воде и является безвредным.
- Чтобы поднять уровень до 1,2 мг/л, необходимо обеспечить подачу на стороне всасывания насоса для лучшего смешивания.
- Ударное (шоковое) хлорирование (0,6 мг/л) означает подачу 6–10 мг/л.

с) Защита от коррозии

Рассмотрим защиту внутренних деталей и деталей, контактирующих с влажной средой, от коррозии с помощью покрытий.

Обычно для насосов системы водораспределения не требуется исполнение из особых материалов или применение покрытий. Природная вода из рек и озер обычно безвредна, а кислые воды (например, из болотистой местности) имеют низкое содержание CaCO_3 .

Однако очищенная вода может быть критически важной. В установках опреснения морской воды значение pH понижается в процессе обратного осмоса, и процесс повторной минерализации остается незавершенным. Таким образом, очищенная вода имеет очень низкое содержание CaCO_3 и является слабокислой. Это также применимо к очистке соленой скважинной воды методом обратного осмоса.

В этих случаях рекомендуется использовать насосы из нержавеющей стали. Сделать выбор поможет анализ состава воды.

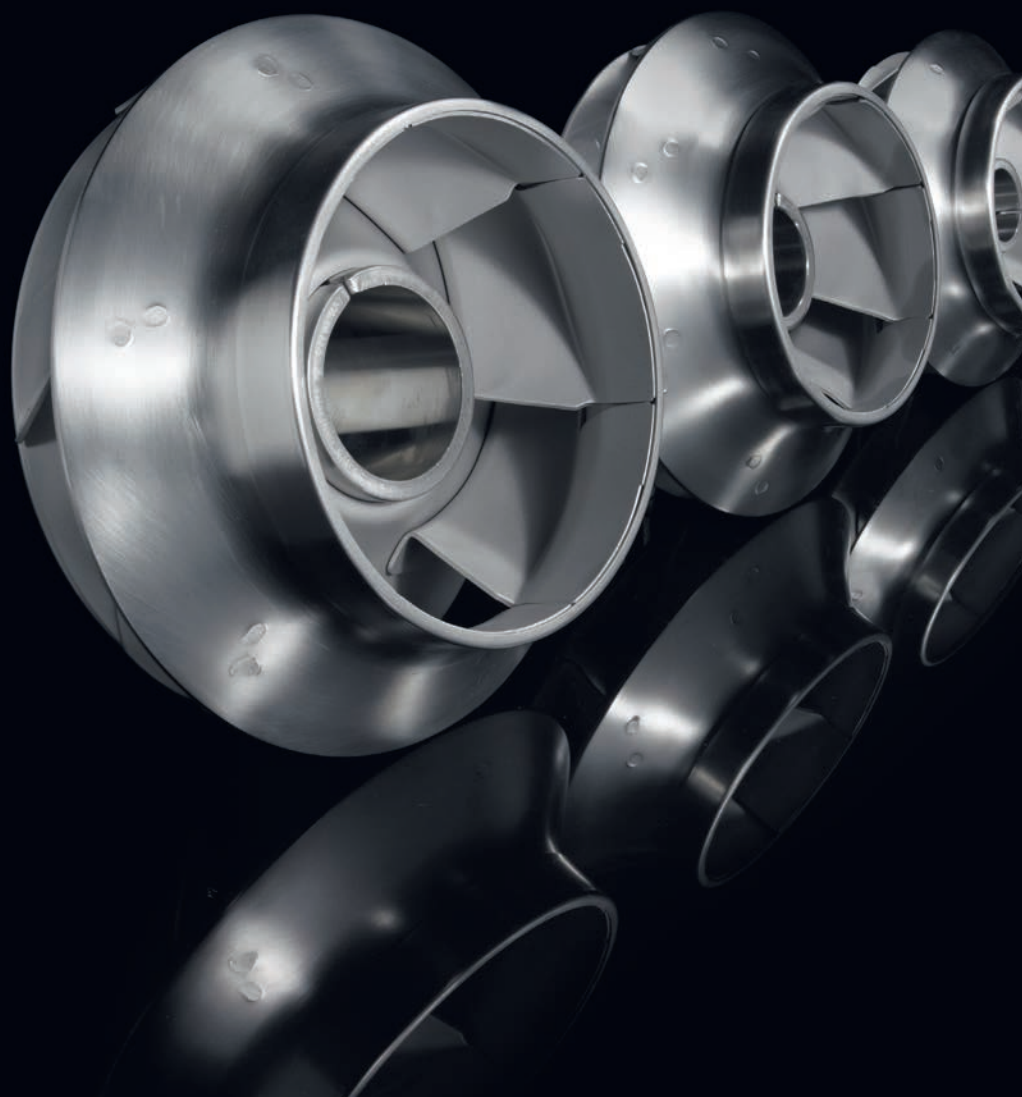
і) Покрытие внутренних деталей насоса

Как показывает опыт, покрытие внутренних деталей и деталей, контактирующих с влажной средой, эффективно, только если оно цельное. Если покрытие не является цельным, коррозионное воздействие может усилиться. Дело в том, что насос выступает в роли гальванического элемента, и, если даже очень малый участок поверхности останется незащищенным, на нем будет сконцентрирована вся электрохимическая активность с риском образования щелевой коррозии. Электрохимическая щелевая коррозия начинается в зазоре и далее распространяется под покрытие.

Чтобы прервать электрический поток, корпус должен иметь 100 % покрытие для обеспечения электрической изоляции. Это означает заполнение всех зазоров и проведение дополнительной обработки корпуса насоса, включая кольца щелевого уплотнения, на поверхность под которыми необходимо нанести покрытие. Нельзя допускать повреждения этого покрытия при замене колец щелевого уплотнения. То же относится и к резьбовым соединениям пробок сливного отверстия.

Усовершенствованное керамическое покрытие Grundfos эффективно защищает от коррозии, эрозии и химического воздействия, обеспечивая надежную работу и долговечность насосов.

Если размер насоса не слишком большой, лучше заменить материал корпуса и рабочего колеса на нержавеющую сталь.



5) Главная насосная станция

Главные насосные станции, подающие воду в систему водораспределения, должны быть расположены возле установки водоподготовки или водохранилища для обеспечения заправки непосредственно в систему водораспределения или магистральные трубопроводы. Как правило, такие насосные станции рассчитаны на высокий расход и высокий напор.

Насосы, закачивающие воду в магистральные трубопроводы, также называются главными насосами или высоконапорными насосами (с большой высотой подачи).

Чтобы определить место расположения станции, выполняют топографические измерения и оценивают вероятность затопления территории. Место установки станции не должно быть подвержено затоплениям.

Основные факторы планирования:

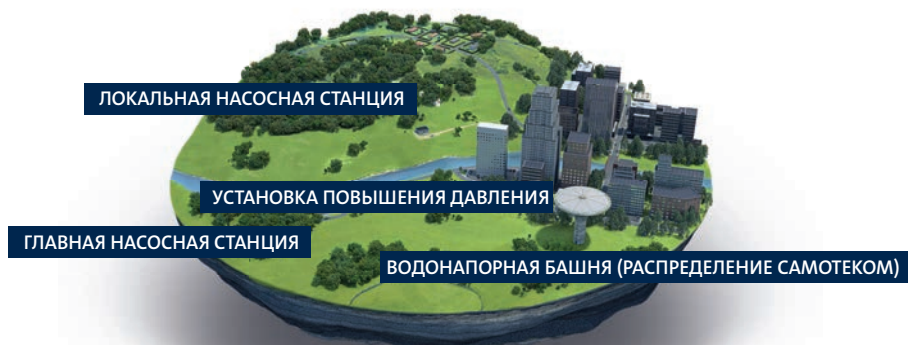
- доступность электроэнергии;
- наличие дорог для выполнения технического обслуживания и эксплуатации;
- безопасность;
- неблагоприятное воздействие, если оно имеет место, на близлежащие объекты.

Обустройство участка зависит от результатов анализа грунта, из которого можно узнать, возможен ли монтаж надежной опоры бетонных оснований, и вероятны ли проблемы с грунтовыми водами, а также плана организации рельефа и дренажа для данной местности, где должно быть указано, что отвод сточных вод находится на достаточном расстоянии от конструкций.

В насосных станциях для питьевой воды используется два типа насосов:

- вертикальный турбинный насос с трансмиссионным валом,
- центробежный горизонтальный или вертикальный насос с разъемным корпусом для систем водоснабжения.

Если насосная станция и конструкция водозабора расположены в пределах наземного или подземного резервуара, логичным будет выбор вертикальных турбинных насосов с колонной, отходящей вниз в резервуар. Если насосная станция расположена в наземном водохранилище, предпочтительнее будет выбрать центробежные насосы двустороннего всасывания с разъемным корпусом. Как правило, данные насосы имеют горизонтальное исполнение, однако в условиях ограниченного пространства обычно используются вертикальные насосы с разъемным корпусом.



а) Принцип действия и элементы

Элементы главной насосной станции должны быть сбалансированы. Расположена ли главная насосная станция в пределах или рядом с установкой водоподготовки, геотехнологическим полем или главной резервуарной емкостью — вода доставляется от источника потребителям, и насос должен выполнять следующие три функции:

- транспортировка воды,
- подъем воды,
- повышение давления в системе.

Можно найти насосы различных типоразмеров, работающие параллельно, чтобы соответствовать меняющимся требованиям, а также насосы уменьшенной мощности для минимального расхода и повышения давления в системе.

Поскольку электродвигатели насосов излучают тепло, необходима вентиляционная система для создания температурных условий окружающей среды, отрегулированная на замену объема воздуха насосного помещения как минимум 2 раза в час. В жарких странах потребность в замене воздуха увеличивается, и периодичность замены должна быть увеличена до 10 раз в час.

В главном блоке управления двигателем частотно-регулируемые приводы также являются источниками тепла, соответствующие распределительные щиты должны проветриваться. При включении приводов для защиты от затопления также необходима климатизация.

Перечень всех элементов главной насосной станции выглядит примерно так:

- приемные резервуары;
- всасывающие трубы с запорными задвижками;
- главные насосы (возможны различные типоразмеры);
- нагнетательные коллекторы, каждый напорный патрубок оснащен обратным и запорным клапанами;

- трансформаторы, переключатели;
- блок управления двигателем, частотно-регулируемый привод;
- КИПиА и элементы управления;
- пункт управления), возможно удаленное расположение;
- установка для дозирования хлора;
- вентиляция/кондиционирование воздуха;
- кран-балка;
- расходомер;
- уравнительный резервуар/сосуд под давлением.

Как правило, оборудование работает без обслуживающего персонала, поэтому необходимо задействовать КИПиА для проведения измерений, включая малогабаритное локальное устройство управления автоматическими устройствами и средствами связи для передачи данных; как минимум для предупреждающих сигналов и аварийных сигналов о нарушении нормальной работы.

Несмотря на то, что дозирование хлора происходит в установке водоподготовки выше по потоку, в насосной станции имеется еще одно устройство, которое выполняет отдельную задачу. Суть впрыска хлора в установку водоподготовки заключается в обеспечении качества питьевой воды; в то время как дозирование хлора в насосной станции касается дезинфекции труб.

Возможно потребуется использование уравнительных сосудов с установкой ниже по потоку от насосов, как правило, за пределами насосной станции.

Для измерения общего объема перекачиваемой воды устанавливается один или два электромагнитных расходомера вниз по потоку от коллектора.

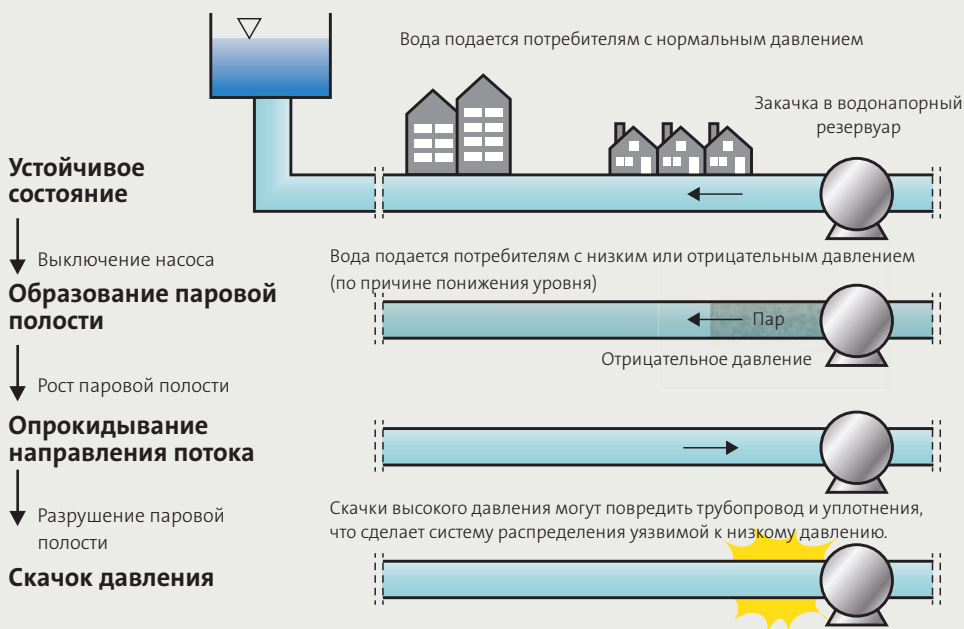
б) Понижение уровня и гидроудар

Понижение уровня и гидроудары — обычное явление в системах водоснабжения и в системах с большой высотой подачи. Это важно, так как разность высот может быть значительной даже при использовании короткого магистрального трубопровода между главной насосной станцией и первыми ответвлениями системы водораспределения. Главный транспортный трубопровод будет иметь высокую скорость потока, следовательно, момент инерции ускоренной водной массы увеличивается.

Наихудший вариант — внезапная остановка насоса по причине отказа системы электрооборудования. Несмотря на то, что насос не работает, вода продолжит движение, образуя после себя вакуум. Трубопровод рассчитан на сопротивление высокому давлению; пониженное давление или вакуум зачастую остаются без внимания, что еще более критично.

Такие скачки (также называемые гидравлическими переходными процессами) варьируются по своей силе — от небольшого давления или изменения скорости до достаточно высокого давления или вакуума, способного разорвать трубопроводную систему и повредить насосное оборудование, что ведет к продолжительному простоя. Гидроудар, результат гидравлических переходных процессов, возникает тогда, когда общее пиковое давление превышает примерно в два раза значение статического давления в системе, при этом жидкость находится в состоянии покоя.

На критических участках трубопроводной системы проводится анализ защиты от скачков давления с проверкой конструкции и оборудования системы защиты. Если результаты анализа указывают на вероятность возникновения избыточного переходного давления, в конструкцию и механическое оборудование должны быть внесены изменения.



i) Элементы защиты от понижения давления и гидроудара

Существует несколько элементов защиты от понижения давления и гидроудара.

Вакуумный выключатель — экономичное и эффективное решение: при его открытии воздух поступает в трубу и разрушает вакуум. Недостатком является попадание внутрь трубы нежелательного воздуха, причем не только в случаях понижения давления, но и тогда, когда клапан не закрыт должным образом по причине загрязнения или износа седла.

Лучшим средством защиты является уравнильный резервуар, осуществляющий подачу воды для заполнения вакуума. Система труб остается герметически закрытой и работает в обоих направлениях.

- Когда через некоторое время возникает обратная реакция, возвращается так называемая волна гидроудара (необходимо помнить, что волна — это нематериальная передача энергии; это не движение воды, а выброс внутреннего напряжения). В закрытой системе труб такая сила

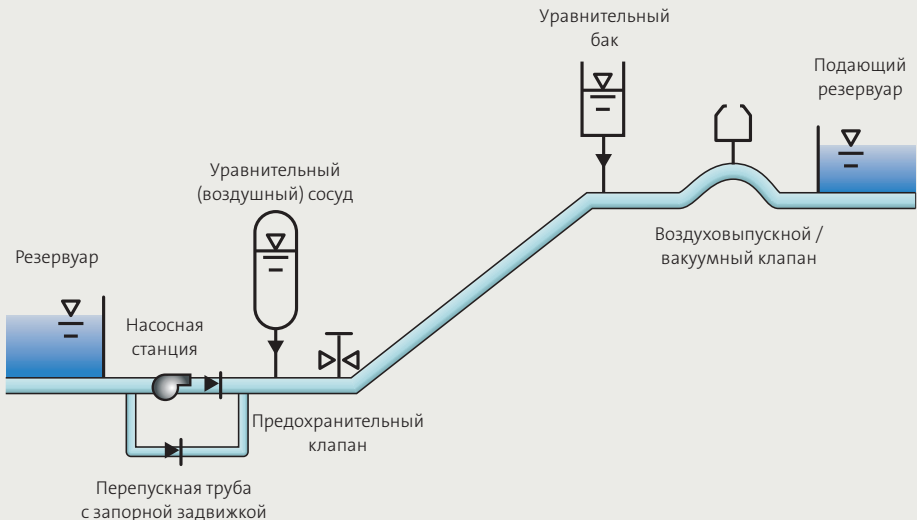
может вызвать повреждения, так как отверстия для ее выпуска отсутствуют. Волна может попасть в напорный резервуар, где произойдет сжатие воздушной подушки.

- Также можно обойти запорную задвижку насоса и насос по направлению к всасывающей стороне насоса с помощью небольшого отверстия (и разрывной мембраны). Помните: необходимо отвести давление, а не поток.

Простым вариантом также является подпружиненный предохранительный клапан избыточного давления. Однако в этом случае возникают те же проблемы, что и с вакуумным выключателем.

Еще одним способом снижения воздействия понижения уровня / вакуума после выключения насоса является установка маховика. Маховик — это монолит, устанавливаемый на вал насоса или двигателя, который увеличивает момент инерции, тем самым продлевая время вращения насоса до полного останова.

Для снижения воздействия понижения уровня также можно использовать перепускную трубу насоса с запорной задвижкой (см. ниже).



с) Уравнительный сосуд и уравнительный бак

При перекачивании воды скачки неизбежны; скачок может возникнуть при изменении расхода насосов на насосной станции, при открытии или закрытии клапанов на всем протяжении трубопровода, или в случае неуправляемой остановки насоса из-за отключения электроэнергии. Это может привести к экстремальным колебаниям давления, которые, если их не взять под контроль, могут вызвать гибельные последствия, включая разрывы труб, нецелесообразные потери воды и перебои в работе. Случаи отрицательного давления более распространены, чем случаи высокого давления, и обладают гораздо большей разрушительной силой.

Уравнительный сосуд — это герметичный резервуар со сжатым воздухом внутри (иногда в такие сосуды предварительно закачивается азот). Подключается через запорную задвижку, удерживаемую давлением насоса с перепускной трубой с дроссельной шайбой, для заполнения резервуара и сброса избыточного давления в резервуар. При падении давления в трубопроводе запорная задвижка открывается и в трубопровод подается вода.

Уравнительный бак — это резервуар для хранения воды, расположенный в высшей точке водопровода с открытым каналом (акведук). Предназначен для компенсации внезапных

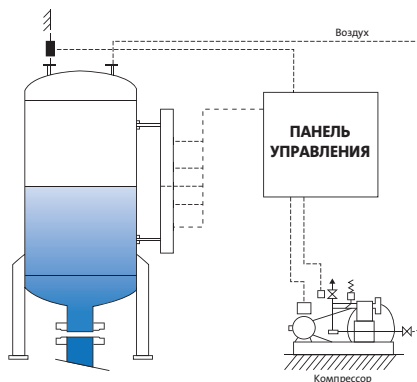
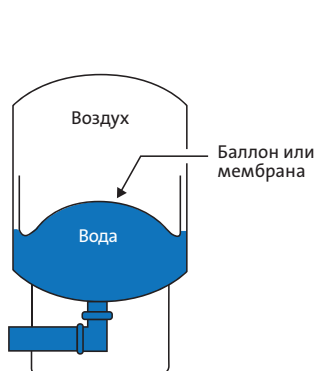
скачков давления, а также для снабжения дополнительной водой во время кратких спадов давления, когда столб воды выходит из-под контроля или если из-за волны гидроудара возникает избыточное или пониженное давление.

С сосудами и баками небольшого размера легко работать; они оснащены баллонами, отделяющими воздушную подушку от воды, сосуд можно предварительно наполнить с помощью ручного насоса.

Сосуды и баки большего размера не имеют баллонов, так как воздух, находящийся в контакте с водой испаряется. В данных баках/сосудах необходимо измерять уровень воды и следить за ним; в уравнительных сосудах уровень воды можно изменять посредством повышения или понижения давления воздуха внутри, что требует постоянного подключения компрессора. Уровень воды в негерметичном баке можно отрегулировать с помощью поплавкового клапана.

Определение размеров уравнительных сосудов и уравнительных баков достаточно сложный процесс. Объем воды в баке должен превышать объем воды, «протекающей в трубопроводе», который связан с временем вращения насоса по инерции, в зависимости от момента инерции водонаполненного рабочего колеса насоса, а также размера, длины и наклона магистрального трубопровода и скорости потока.

Анализ гидравлического удара и расчет переходного потока выполняется посредством компьютерного моделирования.



d) Давление в трубопроводе

График, представленный на данной странице, получен в результате моделирования гидравлического удара посредством компьютерной программы. В качестве наглядной демонстрации эффекта внезапной остановки насоса (с защитными элементами и без них) показаны три примера:

1) Красная линия: без защиты.

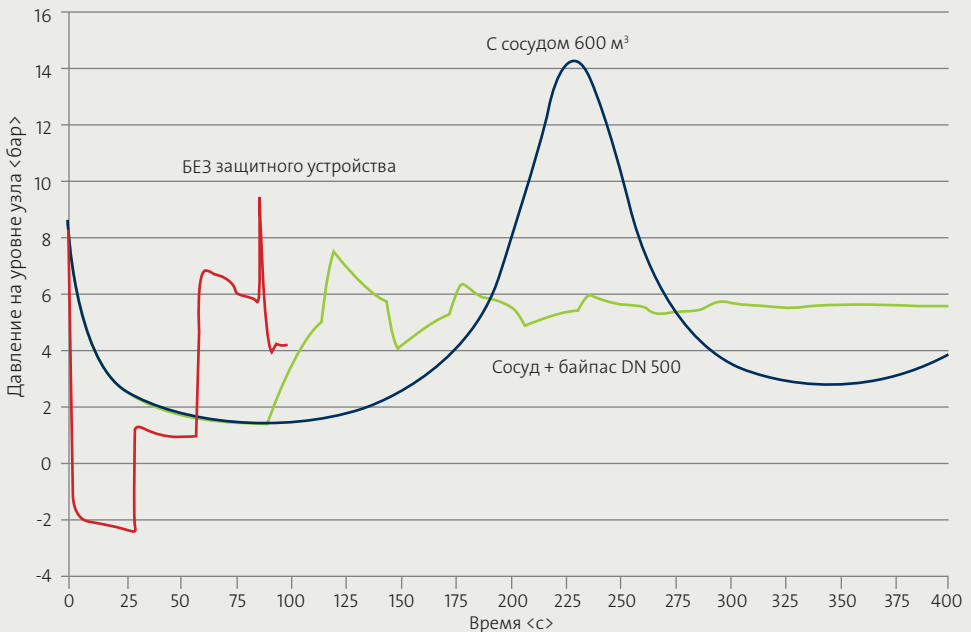
Внезапное падение давления становится заметным сразу же; эффект понижения давления достигает технического вакуума – 2 бар.

Ударные волны прибывают на 27, 54 и 81 секундах; накопленное избыточное давление достигает 10 бар, на 2 бар выше нормального рабочего давления 8 бар.

2) Синяя линия: уравнильный бак подсоединен к трубопроводу.

Также наблюдается эффект ожидаемого понижения давления, падение давления компенсируется подачей воды под давлением; что вместе с возвращающимися ударными волнами приводит к увеличению эффекта избыточного давления до 14 бар — на 6 бар выше рабочего давления.

3) Зеленая линия: уравнильный сосуд и перепускная труба (байпас) с дроссельной шайбой корректируют избыточную компенсацию уравнильного сосуда и ослабляют эффект гидроудара.



6) Водонапорные башни или водонапорные резервуары

Водонапорная башня — это надземное сооружение, поддерживающее водяной резервуар, построенный на достаточной высоте для повышения давления в системе водоснабжения для распределения питьевой воды, а также обеспечения неприкосновенного запаса воды для противопожарной защиты. Водонапорные башни играют особую роль внутри систем водораспределения; однако правильное выражение — «водонапорный резервуар».

В современных системах повышение давления осуществляется непосредственно насосами, а водонапорные резервуары содержатся для аварийной подачи на случай отключения электроэнергии или для обеспечения избыточной установленной мощности при расходе воды для пожаротушения. Данные резервуары используются для подачи минимального потока, слишком низкого, чтобы запустить насос.



Водонапорная башня с установкой повышения давления и регулирующего клапана.

а) Подача самотеком для герметичных систем

Функция водонапорной башни или водонапорного резервуара в системе водораспределения сравнима с функцией уравнительного бака в магистральном трубопроводе.

- При падении давления в трубе для его восстановления подается дополнительная вода.
- Если уровень воды в баке низкий, а в трубопроводе присутствует достаточное давление, резервуар пополняется автоматически.

В данном случае могут быть сложности, связанные с тем, что водонапорные башни предназначались для повышения давления в системе водораспределения и, разумеется, размещались в самых высоких точках системы. В современных системах для непосредственного повышения давления в системе используются насосы, и это может привести к тому, что давление в резервуаре будет всегда выше необходимого давления в системе, водонапорные башни будут оставаться пустыми и никогда не будут заполнены. Тем не менее водонапорные башни необходимы для работы в аварийном режиме.

Может быть принято решение по реинтеграции водонапорной башни или водонапорного резервуара обратно в систему водораспределения:

- Для пополнения резервуара необходимо установить бустерный насос, так как давления в системе недостаточно.
- Установите регулирующий клапан с предварительно заданным значением давления, который будет открываться для поддержания давления в водораспределительной системе и обеспечения обратного поступления воды в систему; постоянное обновление воды в резервуаре играет важную роль в предотвращении застоя воды.
- Многие резервуары оборудованы только одной общей трубой для заполнения и опорожнения; в таком случае требуется установка дополнительного приемного трубопровода с подсоединением к бустерному насосу.



Установка
повышения
давления

Регулирующий
клапан

б) Функции регулирующего клапана

Автоматические регулирующие клапаны работают с гидравлическими исполнительными механизмами, также известными как гидравлические вспомогательные клапаны. Данные типы гидравлических исполнительных механизмов оснащены мембраной, которая реагирует на изменения давления или потока и открывает или закрывает задвижку; чувствительность можно отрегулировать посредством небольшого клапана в трубопроводе по направлению к мембране, известного как вспомогательный или игольчатый клапан.

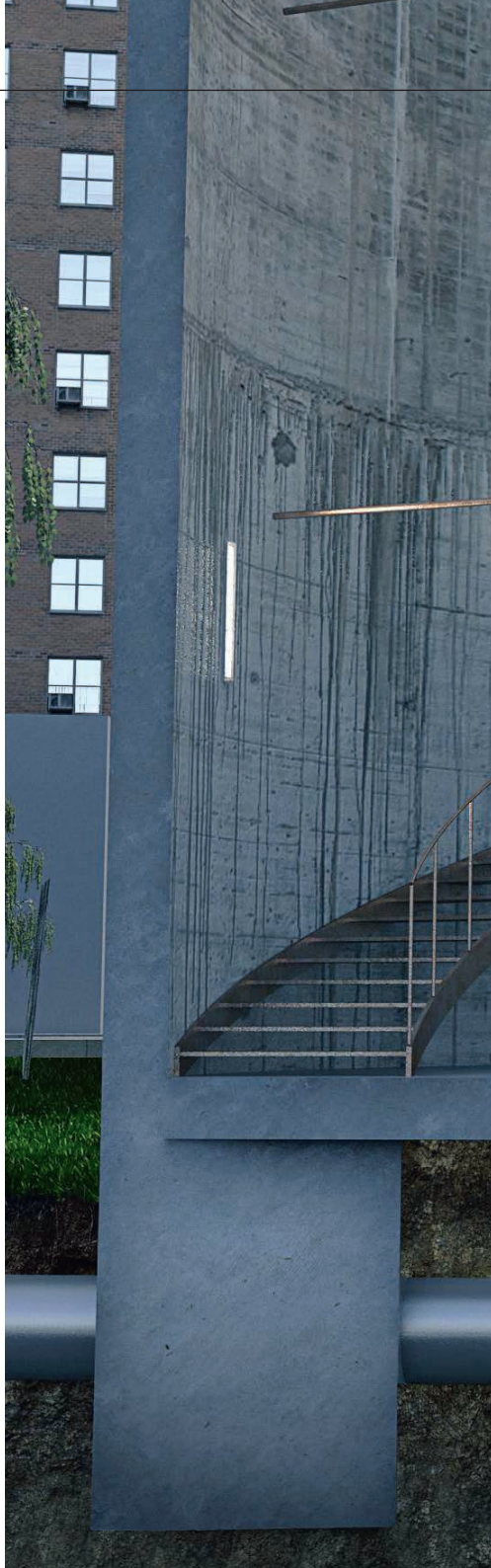
Для автоматических регулирующих клапанов не требуется дополнительный источник питания, т. е. давления жидкости достаточно для открытия и закрытия задвижки.

Автоматические регулирующие клапаны выполняют определенные функции:

- редукционные клапаны (PRV),
- клапаны регулирования расхода,
- клапаны поддержания противодавления,
- регуляторы уровня,
- клапаны сброса давления или предохранительные клапаны.

Клапаны регулирования расхода предотвращают избыточный расход путем ограничения расхода до предварительно установленного минимального значения, независимо от изменения давления в трубопроводе. Система вспомогательного управления реагирует на разность давлений, возникающую по всей поверхности дроссельной шайбы, установленной вниз по потоку от клапана. Точное регулирование достигается за счет того, что при самых незначительных изменениях в разности давлений следует немедленное корректирующее действие главной задвижки.

Редукционные клапаны автоматически понижают высокое давление на входе до уровня стабильного низкого давления на выходе, независимо от изменения расхода и (или) колебаний давления на входе. Клапаны устанавливаются в системах водораспределения по всему миру, их отличают превосходные эксплуатационные характеристики, надежность и долгий срок службы. Существует много разновидностей клапанов данного типа.





7) Локальные насосные станции

Локальные насосные станции обычно используются как дополнительные узлы для существующих систем водораспределения при их расширении или просто из-за роста водопотребления.

В широком понимании, локальная насосная станция — это подсистема для дополнительного увеличения давления или высоты подъема воды, и в этом отношении она выполняет такие же функции, как и главная насосная станция. Конструкция локальной станции может также включать в себя локальную систему дезинфекции. Как правило, локальная насосная станция оснащена небольшим резервуаром, который соединяется со всасывающей системой насосов.

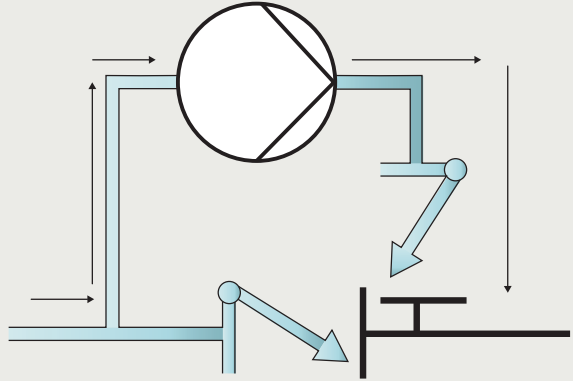


Локальные станции обычно расположены на удалении от главной насосной станции, как например в условиях холмистой местности, где необходимо разделение на зоны давления, или для периодов пиковых расходов в окрестностях города.

В целом, основными типами насосов на локальных насосных станциях являются насосы одностороннего всасывания и многоступенчатые насосы. Насосы одностороннего всасывания, как правило, имеют горизонтальное исполнение, а многоступенчатые насосы — вертикальное.

Локальные насосные станции часто добавляются в уже существующие установки и должны соответствовать предшествующей планировке и конструкции.

Схема «ин-лайн» насоса повышения давления



а) Установки повышения давления

Установка повышения давления необходима для обеспечения минимального или постоянного давления воды в системе водораспределения, когда давление в системе водоснабжения недостаточное или нестабильное.





НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

8) Конструкция насосной станции

В данном разделе будет рассмотрена обобщенная конструкция насосной станции. Будут рассмотрены критические элементы, связанные с проектированием насосной станции, а также роль компании Grundfos в выборе правильной продукции и Grundfos как поставщика решений.

а) Проекты и решения

Насос — это основной компонент насосной станции, однако другие элементы — такие как трансформаторы, панель управления, датчики, клапаны, трубы, система мониторинга и строительная конструкция самой станции — требуют значительно больше капиталовложений.

Несмотря на то, что насос не является самой дорогой частью насосной станции, конструкция и выбор всех остальных компонентов связаны с насосом, а значит выбор типоразмера насоса, подбор оборудования и правильная оптимизация системы с самого начала играют важную роль.

Как уже было указано в пункте «Предварительный выбор насоса», оптимизация выбора насоса — это способ предложить самое высокоэффективное оборудование для конкретного расхода. Тем не менее необходимо комплексное проектирование с оптимизацией затрат в целом.

В процессе проектирования Grundfos обычно взаимодействует со следующими участниками:

- **Консультант:** простота планирования, надежная технология, отсутствие рисков, ответы на вопросы.
- **Подрядчик:** самая дешевая цена на материалы, совместимость оборудования.
- **Оператор:** стоимость жизненного цикла, долговечность и надежность.

Взаимодействие с участниками проекта может иметь и другую форму:

- **Генподрядчик**
Консультант и подрядчик в одном лице, открыт для умных решений (траты ради экономии)
- **Проекты развития инфраструктуры типа «строительство, эксплуатация, передача» (СЭП)**
Инвестиции и эксплуатационные расходы играют важную роль

Пример:

Примеры выбора насоса и влияние на стоимость:

— Углубление насосной станции на 1 м обычно дороже, чем разница в цене между насосами одностороннего всасывания и горизонтальными насосами с разъемным корпусом или переходом от 2960 к 1480 об/мин. Разъемный корпус или меньшая частота вращения означает меньший требуемый допустимый кавитационный запас (NPSH) насоса, вследствие этого необходима меньшая глубина для обеспечения $NPSH_{\text{доступный}} > NPSH_{\text{требуемый}}$

— Для шести небольших насосов, соединенных параллельно, понадобятся более дешевые низковольтные электродвигатели, чем для двух крупных насосов, которые из-за потребляемой мощности должны работать от энергосети среднего или высокого напряжения, которая может быть недоступна.

Вот почему так важно использовать решение Grundfos iSOLUTIONS — это экономия ваших денег благодаря интеллектуальной и оптимизированной установке с самого начала.

б) Выбор насоса

Выбор насоса влияет на общую конструкцию и определяет затраты в целом. Поняв прочие факторы стоимости для насосной станции, можно пересмотреть начальный выбор насоса для оптимизации общих затрат.

Прочие факторы стоимости включают в себя:

- доступный земельный участок (площадь застройки);
- глубина и ширина основной конструкции (пропорционально влияет на расходы по строительству);
- необходимое количество киловатт (определяет затраты на электрооборудование).

От критериев предварительного выбора можно переместиться на шаг вперед и определить тип насоса. Диапазон давления для подачи воды в водонапорные башни или резервуары и повышения давления в системах

водораспределения обычно составляет от 1,5 до 5 бар, что, как правило, достигается посредством одноступенчатых насосов.

Таким образом, необходимо выбрать:

- насосы одностороннего всасывания,
- горизонтальные насосы с разъемным корпусом.

Тем не менее есть исключения:

- при критическом соотношении расхода (низкий) и напора (высокий) необходим небольшой многоступенчатый насос;
- при высоком геометрическом напоре из-за особенностей рельефа необходимы многоступенчатые насосы;
- при прямой подаче из глубокой скважины в систему водораспределения (если не нужна водоподготовка) необходимы погружные скважинные насосы;
- если водяные резервуары оборудованы вертикальными турбинными насосами.



и) Горизонтальные насосы с разъемным корпусом в сравнении с насосами одностороннего всасывания

Выбор насоса определяет затраты в целом, размеры насоса влияют на техническое проектирование. Кроме того, на повышение затрат влияет тип насоса вместе с всасывающим и напорным трубопроводом.

Из примера предварительного выбора насоса в Разделе 3 видно, что подачу $900 \text{ м}^3/\text{ч}$ в систему под давлением 3 бар можно выполнить посредством:

- 2-х насосов — $450 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $1450 \text{ об/мин} = n_q 42$ (горизонтальный насос с разъемным корпусом), или
- 5-ти насосов — $180 \text{ м}^3/\text{ч}$, $2900 \text{ об/мин} = n_q 50$ (насосы одностороннего всасывания)

Оба решения показывают высокий КПД. Чтобы расширить диапазон применения, можно скомбинировать оба насоса:

- 1 насос: $450 \text{ м}^3/\text{ч} + 3 \times 180 \text{ м}^3/\text{ч}$

Глубина насосной станции

Определение того, какой тип насоса предполагает самое дешевое техническое проектирование, заключается в следующем:

- меньшая глубина (NPSH) — широкий пролет (трубопровод);
- глубокое погружение — узкая конструкция.

Стандартные длины строительной части проекта приведены ниже. Их превышение пропорционально увеличивает расходы на строительство:

- Стандартные длины строительного пролета: 6 м или 12 м.
- В этом случае необходимый пролет:
Горизонтальный насос с разъемным корпусом: 7,2 м.
Насос одностороннего всасывания: 5,5 м.

Сооружение для насоса одностороннего всасывания обойдется намного дешевле, будет достаточно поперечных балок из сборного бетона стандартной длины 6 м, пролет крана-балки также будет меньше.

- Необходимая глубина согласно NPSH_{требуемый}:
Горизонтальный насос с разъемным корпусом: 4,3 м
Насос одностороннего всасывания: 6,5 м

Если подпорный резервуар не находится на возвышенности, фундамент для насоса одностороннего всасывания, возможно, придется расположить ниже уровня грунта (нужны экскаваторные работы), в то время как горизонтальный насос с разъемным корпусом можно закрепить на простом бетонном основании на уровне земли.

ii) $NPSH_{\text{доступный}}$ и $NPSH_{\text{требуемый}}$

Чтобы вычислить $NPSH_{\text{доступный}}$ и $NPSH_{\text{требуемый}}$, необходимо проверить, откуда поступает вода, а затем выбрать насос, у которого $NPSH_{\text{требуемый}}$ меньше, чем $NPSH_{\text{доступный}}$.

Вне сомнения, дешевле будет оптимизировать требуемый $NPSH$ насоса, чем понижать исходный уровень насосной станции:

- для горизонтального насоса с разъемным корпусом с рабочим колесом двустороннего всасывания требуется меньшее давление всасывания, чем для насоса одностороннего всасывания;
- для более мощного насоса с таким же расходом и напором, но приводимого в действие низкооборотным двигателем, например, 4-полюсным электродвигателем вместо 2-полюсного, также требуется значительно меньший $NPSH$.

В обоих случаях необходимо более дорогое насосное оборудование. Однако дополнительные расходы с избытком компенсируются снижением расходов на техническое проектирование и строительство.

iii) Конструкция при использовании вертикальных турбинных насосов

Если стоимость земельного участка (площадь застройки) насосной станции настолько высока, что выходит за рамки увеличенных эксплуатационных затрат, тогда более уместным было бы рассмотреть решение с использованием вертикального турбинного насоса, особенно для установок повышения давления.

Однако, несмотря на то, что узкая скважина для насоса является преимуществом, при установке вертикальных турбинных насосов возникают некоторые критические аспекты, которые необходимо принимать во внимание:

- резонансная частота вибрации при понижении частоты вращения посредством частотно-регулируемого привода;
- высокие расходы на обслуживание, так как для подъема насоса необходимо задействовать кран; процесс демонтажа и повторной сборки занимает много времени.



Конструкция приемка насоса

Большинство вертикальных турбинных насосов оборудовано проточной частью с полусековым рабочим колесом, требовательной к условиям расхода на всасывании (не очень хороший показатель n_s).

Чтобы достигнуть приемлемого КПД, необходима минимальная скорость исправленного потока.

- Размеры насосной камеры зависят от расхода / мощности насоса.
- Стабилизатор потока необходимо разместить под маслозаборником.
- Насосы, соединенные параллельно, должны быть разделены отражательными перегородками.
- Необходимо соблюдать минимальную глубину погружения.

Формованный всасывающий патрубок (FSI)

В ситуациях, когда конструкция приемка не подходит для вертикального турбинного насоса, а на насос не поступает исправленный поток — например, если расстояние между отражательными перегородками слишком большое, а скорость практически равна нулю — можно обеспечить приемлемые условия для всасывания путем установки насоса в резервуаре

с формованным всасывающим патрубком заводского изготовления (FSI).

Запрещается использовать с ЧРП

В отличие от горизонтальных насосов с короткими валами, которые работают с докритической частотой вращения (вертикальные насосы работают со сверхкритической частотой вращения), понижение частоты с помощью частотного преобразователя может привести к работе насоса на критической частоте вращения, соответствующей резонансной частоте. Эксплуатация насоса таким образом может привести к его поломке.

Почти невозможно спрогнозировать возникновение резонансной частоты, чтобы впоследствии исключить эксплуатацию с соответствующей частотой вращения; обычно она выявляется во время работы насоса, и, как правило, таких частот бывает несколько.

- Резонансная частота насоса
- Резонансная частота вертикального двигателя
- Резонансная частота агрегата

Вибрации, производимые уже на частотах, близких к резонансной частоте, могут медленно разрушать конструкцию, вызывая трещины в бетоне. Эксплуатация на резонансной частоте приводит к разрушению оборудования.

С вертикальными турбинными насосами используются частотно-регулируемые приводы. Однако, если необходимо обеспечить работу насоса с частотным преобразователем для регулировки расхода энергоэффективным способом, вертикальный турбинный насос — это не лучший вариант. Используйте горизонтальные насосы, такие как насосы одностороннего всасывания или насосы с разъемным корпусом.



с) Оптимизация расходов на электрооборудование — двигатели переменного тока, КПД и ЧРП

На насосной станции стоимость электрооборудования превышает стоимость насосов:

- **Реле** — низкое напряжение стоит дешево; начиная со среднего напряжения, дополнительные расходы значительно увеличиваются.
- **Трансформаторы** — значительные дополнительные расходы
- **Тип пускового устройства** — значительные дополнительные расходы
- **Электродвигатель** — значительные дополнительные расходы, увеличение расходов при среднем и высоком напряжении

Если необходим распределительный щит среднего напряжения (>200 кВт), расходы увеличиваются пропорционально.

Энергетические компании регулируют максимальную силу тока в амперах, предусмотренную для прямого пуска (DOL), и максимальную потребляемую мощность, предусмотренную для низкого напряжения.

і) Двигатели переменного тока

Самым распространенным двигателем для насосов является асинхронный 3-фазный электродвигатель переменного тока, также называемый короткозамкнутым электродвигателем.

Двигатель переменного тока — электродвигатель, приводимый в действие переменным током. Обычно двигатель переменного тока состоит из двух базовых деталей: наружный неподвижный статор с катушками, на которые подается переменный ток для выработки вращающегося магнитного поля, и расположенный внутри ротор, закрепленный на выходном валу, который вырабатывает второе вращающееся магнитное поле. Магнитное поле ротора может создаваться постоянными магнитами, магнитным сопротивлением или обмоткой постоянного или переменного тока.

Когда двигатель переменного тока находится в состоянии установившегося вращения (движение), магнитные поля ротора и статора вращаются (ход) с небольшим скольжением (близко к синхронности).

Силы действия магнитного поля (отталкивания и притяжения) между полюсами ротора и статора создают средний вращающий момент, способный обеспечить движение с определенной частотой вращения.

Трехфазные короткозамкнутые асинхронные двигатели широко используются в качестве промышленных электроприводов с соответствующей мощностью в системах водоснабжения и водораспределения (<200 кВт), обычно с номинальной частотой вращения.

- 3000 об/мин (или 3600 при 60 Гц) — 2-полюсные электродвигатели
- 1500 об/мин (1800 при 60 Гц) — 4-полюсные электродвигатели
- В устаревших установках 1000 об/мин (1200 при 60 Гц) — 6-полюсные электродвигатели

Электродвигатели изготавливаются серийно и, являются надежными и экономными.

Короткозамкнутые асинхронные электродвигатели очень широко используются как в системах с регулированием частоты вращения, так и в системах без регулирования.

Несмотря на то, что асинхронные электродвигатели традиционно использовались для эксплуатации с фиксированной частотой вращения, они все чаще применяются с частотно-регулируемыми приводами (ЧРП). ЧРП предусматривают возможность значительного энергосбережения для асинхронных электродвигателей при эксплуатации с переменной нагрузкой, таких как центробежные насосы.

ii) Классы энергоэффективности

В ходе международных обсуждений на тему энергоэффективности была определена единая всемирная система классификации энергоэффективности для низковольтных трехфазных асинхронных электродвигателей. Международная электротехническая комиссия IEC разработала и издала новый стандарт для определения эффективности двигателя в любой стране мира.

Новый стандарт IEC 60034-30:2014 определяет и унифицирует в мировом масштабе классы энергоэффективности IE1, IE2, IE3 и IE4 для низковольтных трехфазных двигателей в диапазоне от 0,12 до 1000 кВт. IE4 — максимально высокий класс энергоэффективности, IE3 — сверхвысокий класс энергоэффективности, IE2 — высокий класс энергоэффективности, IE1 — стандартный класс энергоэффективности.

Электродвигатели Grundfos с классом энергоэффективности IE3 превышают требования ЕС, законодательно закрепленные директивой EuP.

Электродвигатели IE4 и IE5

Электродвигатели Grundfos MGE модели H/I/J являются наиболее энергоэффективными на данный момент. Эти синхронные электродвигатели с постоянными магнитами (PMSM) главным образом предназначены для эксплуатации с частотными преобразователями и оптимизированы для насосных систем и высокого КПД при частичной нагрузке. Сокращаются эксплуатационные расходы и затраты на энергоресурсы, а это значит, что уровень энергоэффективности становится выше IE4 стандарта IEC60034-30-1, даже при средних потерях частотного преобразователя.

iii) Схема пуска электродвигателя

Мощность определяет стоимость электрооборудования; если считать, что напряжение остается фиксированным, сила тока является решающим аспектом. Пусковой крутящий момент двигателя переменного тока обычно выше требуемого крутящего момента центробежного

насоса с радиальной проточной частью. По этой причине многообещающим выглядит снижение крутящего момента электродвигателя и, соответственно, пускового тока.

Существует несколько схем пуска центробежных насосов с радиальной проточной частью.

Прямой пуск

Эта схема пуска разрешена только для систем с малой нагрузкой, в некоторых странах этот метод запрещен законом.

«Звезда-треугольник»

Это самый дешевый способ умеренного снижения пускового тока. Проблемным моментом может быть отсутствие тока (падение крутящего момента) в течение нескольких миллисекунд. Это касается насосов с низким моментом инерции, например многоступенчатых насосов, вертикальных турбинных насосов и насосов, запускаемых при открытой задвижке.

Трансформатор

Хорошим, но дорогим решением для понижения напряжения при запуске двигателя является трансформатор.

Устройство плавного пуска

Плавный пуск с управлением по току — это современное решение, где медная электропроводка заменена полупроводниковыми технологиями. Пусковой ток понижается примерно на 50 %.

Пуск с частотным преобразователем

Пуск с применением частотного преобразователя — это поэтапный переход с низкой частоты на более высокую, в результате чего значительно снижается необходимый крутящий момент насоса.

Это позволяет задействовать минимальный пусковой ток для всех схем пуска, и такое экономное использование компенсирует излишние первоначальные затраты.

iv) Частотно-регулируемые приводы (ЧРП)

Рассмотрим подробнее частотно-регулируемые приводы в чем их преимущества.

При различных частотах вращения n центробежный насос имеет разные кривые характеристик, которые связаны между собой согласно законам подобия.

Если значения Напор (H) и Мощность (P) в зависимости от Расхода (Q) известны для скорости n_1 , тогда все точки на кривой характеристик для n_2 можно рассчитать по следующим уравнениям:

$$Q_2 = Q_1 \cdot n_2/n_1$$

$$H_2 = H_1 \cdot (n_2/n_1)^2$$

$$P_2 = P_1 \cdot (n_2/n_1)^3$$

При изменении частоты вращения рабочая точка может быть сдвинута. При понижении частоты вращения рабочая точка B перемещается вдоль кривой системных характеристик к меньшим показателям расхода.

Частотно-регулируемые приводы стоят недешево, однако затраты быстро окупаются для насосов, которые часто используются и которым зачастую приходится работать при пониженном расходе с небольшим статическим напором.

Прежде всего, речь идет о системах водораспределения, расположенных на плоской поверхности, однако для стабилизации расхода в системах, где необходим подъем воды с большим статическим напором, вариант с установкой частотно-регулируемого привода можно не рассматривать — это видно из формул.

Помните:

Расход снижается пропорционально частоте вращения, а падение напора квадратично.

v) Выводы

Электротехническая часть

Основным фактором стоимости является ток; уменьшение силы тока ведет к значительному сокращению затрат на электрооборудование. Необходимо помнить, что подстанция должна быть рассчитана на пиковое потребление, исходя из:

- пускового тока одного электродвигателя насоса;
- потребляемой мощности всех насосов минус один работающий плюс пусковой ток оставшегося насоса.

Основной целью для производителей насосов является уменьшение пускового тока. Это можно сделать двумя способами:

- выбор оптимального метода пуска (плавный пуск или частотный преобразователь);
- применение небольших двигателей, что означает большее количество насосов, соединенных параллельно.

Дополнительные расходы на электромеханическое оборудование (насосные установки) будут компенсированы в электротехнической части.

Факторы стоимости при проектировании насосных станций

Если рассматривать расходы на инженерно-техническое обеспечение и конструкторские работы (ширина и глубина насосной станции), факторы стоимости силового электрооборудования напрямую связаны с пиковым энергопотреблением. Главное условие — оптимизировать ток (силу тока).

Пиковый ток для каждого устройства достигается не в процессе работы, а при запуске. Поскольку запуск всего оборудования происходит не одновременно, а последовательно, мощность каждого отдельного насоса в совокупности с методом пуска позволяет существенно сэкономить на расходах.



9) Советы и рекомендации по проектированию

В данном разделе представлены некоторые советы и рекомендации по обеспечению бесперебойной работы насоса и насосной станции. Рекомендуется на стадии проектирования рассмотреть следующие вопросы:

- порядок подключения насоса,
- всасывающая труба,
- клапаны в насосных станциях,
- дезинфекция (хлорирование),
- мониторинг,
- SCADA и система управления.

а) Снижение воздействия на насадки

При подключении насоса многие часто допускают ошибку, считая насос опорной точкой в трубопроводе. Это заблуждение, так как самой распространенной претензией заказчиков после покупки насоса является движение насоса вследствие передачи нагрузок от трубопровода.

К сожалению, многие инженеры-проектировщики, по-видимому, этого не знают, ссылаясь на стандарт API609 (API — Американский институт нефти), где дается определение нагрузок на фланцы насоса — очень больших нагрузок. Далее эти нормы API применяются в отношении проектов водораспределения.

Вместо того, чтобы предусмотреть точки опоры для заполненной водой трубы и упорные подшипники для ограничения воздействия подводящих труб на ускорение водяного столба, они рассчитывают все нагрузки трубопровода с помощью современных программных инструментов и утверждают, что это суммарная сила воздействия на фланцы, принимаемая насосом. Это может сработать для небольших

насосов с малым расходом; однако при применении более мощных насосов в системах водоснабжения, из-за незакрепленных фланцевых виброкомпенсаторов может развиваться усилие, которого будет достаточно, чтобы сдвинуть насос с плиты основания или, что еще хуже, деформировать корпус насоса. Необходимо обеспечить постоянные опоры труб, не допуская воздействия усилий и моментов на насос.

б) Важные элементы для всасывающих и напорных трубопроводов

Для плавной и бесперебойной работы насоса необходимо его правильное подсоединение. В чертеж насосной станции необходимо внести следующие элементы:

Минимальная длина всасывающего трубопровода (расстояние между насосом и следующим функциональным элементом)

Всасывающий трубопровод должен быть достаточной длины и правильного диаметра. Перед попаданием в насос поток предварительно ускоряется; для насоса 3000 об/мин: от 0 м/с в резервуаре до 1 м/с в главной магистрали и всасывающем коллекторе, примерно 2 м/с во всасывающем трубопроводе и 4 м/с во всасывающем сопле насоса.

Эксцентрический переходник на стороне всасывания, концентрический переходник на стороне нагнетания

Переходной участок должен быть эксцентрическим и не должен устанавливаться непосредственно на фланец насоса. Необходимо соблюдать минимальное расстояние от 3 до 5 диаметров трубопровода между насосом и всеми функциональными элементами, такими как клапаны, отводы, конусы.

Опора для трубопровода и опорные подшипники (опорная точка) для ограничения горизонтальных и вертикальных усилий на насадку

Удерживая трубу в подвешенном состоянии, обеспечьте массивную опорную точку (бетонный блок) возле насоса со стороны нагнетания.

Демонтаж деталей и компенсаторов с возможностью блокировки от осевого смещения

Необходимо укрепить все фланцевые виброкомпенсаторы (3-фланцевый тип), чтобы обеспечить привязку всех труб к опорной точке.

с) Рекомендуемая длина трубопровода линии всасывания

Можно найти различные способы измерения линии всасывания. Рекомендуется 4–6 x диаметр трубы согласно ANSI HI 9.6.6. Расстояние между насосом и следующим функциональным элементом (в данном случае переходником) должно составлять 2–3 x диаметр трубы.

В случае насосов с 2-полюсным электродвигателем с ускорением до индекса 5 (от 0,8 до 4,0 м/с) линия должна быть большей длины, также необходимо рассмотреть возможность понижения NPSH_{доступный} на 2 м.

Для насосов с малой частотой вращения принято закреплять переходник непосредственно на всасывающем фланце насоса.

д) Воздушные пробки в трубопроводе

Воздух в трубах может вызвать резкое увеличение уровня шума и повлечь за собой снижение производительности насоса. Шум в трубах

зачастую представляет собой вибрирующий или частый тикающий звук, схожий по темпу с пулеметной стрельбой — издаваемые звуки могут быть хуже, чем при гидроударе.

От воздуха в трубах достаточно сложно избавиться, так как воздух имеет обыкновение скапливаться в высших точках трубопроводной сети, откуда его сложно выпустить. По мере того как вода движется по трубам, она разрушает воздушные пробки, в результате чего образуются мелкие пузырьки. Далее вода протекает мимо пузырьков, воздух по-прежнему остается в трубе. Эти мелкие пузырьки перемещаются с места на место, расширяются и сжимаются, создавая частый вибрирующий звук, который мы слышим. Это негативно влияет на КПД насоса, так как насос не только транспортирует воду, но также сжимает пузырьки воздуха; пузырьки занимают место, действуя таким же образом, как и полузакрытый клапан, снижая проток воды через трубу.

е) Воздуховыпускные клапаны

Воздуховыпускные или вентиляционные клапаны медленно выпускают воздух, который скапливается в высших точках трубопроводной системы. В насосных станциях их рекомендуется устанавливать на верхней части корпуса для горизонтальных насосов с разъемным корпусом и на нагнетательном колене для вертикальных турбинных насосов. Данный тип клапана управляется поплавком, поплавок опускается и открывает седло для вентиляции, когда в корпусе клапана скапливается воздух. После выпуска воздуха и подъема уровня воды поплавок закрывает клапан.

ф) Изоляционные (запорные) клапаны

Изоляционные (запорные) клапаны в насосных станциях служат для блокировки ответвлений трубопровода при проведении ремонта или технического обслуживания. Обычно они полностью открыты или полностью закрыты. Их необходимо периодически проверять, так как клапаны, которые остаются в одном положении в течение продолжительного периода времени становятся труднорегулируемыми или даже неподвижными.

Изоляционные (запорные) клапаны бывают разных типов:

- сферические регулирующие клапаны,
- шаровые клапаны (например, конические и пробковые клапаны),
- поворотные дисковые клапаны,
- задвижки.

Для всех типов клапанов доступны исполнения любых диаметров. Критерием выбора типа клапана является потеря напора (или коэффициент трения ζ).

Для всех типоразмеров шаровой клапан является лучшим выбором, особенно для небольших мощностей. Задвижка находится на втором месте по эффективности, этот вариант обойдется дешевле в случае насосов большей мощности. Для размеров свыше DN150 поворотный дисковый клапан сопоставим с задвижкой. По мере необходимости запорные клапаны также используются для регулировки расхода.

г) Изоляционные клапаны для регулирования давления и расхода

Как ни странно, применение изоляционных (запорных) клапанов для регулирования расхода за счет «дресселирования» широко распространено. Данный способ часто используется, когда давление нагнетания слишком низкое, что вызывает вибрацию и создает вероятность возникновения кавитации в насосе. Это происходит, когда давление нагнетания ниже допустимого рабочего давления насоса при определенном расходе. Регулирование расхода за счет сужения выпускного отверстия решает проблему насоса, однако при этом наблюдается непроизводительный расход энергии, соответственно, этот способ не рекомендуется. Понижение скорости насоса, подрезание рабочего колеса или даже замена насоса — более удачный вариант, который позволит сэкономить деньги в долгосрочной перспективе.

Эксплуатация при частично закрытом клапане приводит к очень высокой скорости потока на краю задвижки или диска, и это может вызвать кавитацию, которая разрушит клапан и трубу. Для регулирования расхода нельзя использовать задвижки. Дроссельный эффект наблюдается только в последних 5% от закрытия клапана. Для регулирования расхода можно использовать поворотные дисковые клапаны, однако ими сложно управлять.

Шаровые клапаны имеют лучшие характеристики управляемости и уменьшают поперечное сечение трубопровода в более стабильном и контролируемом режиме. Это означает, что регулирование расхода работает хорошо, однако такой способ нельзя применять на постоянной основе, так как разогнанный поток, проходящий через суженное отверстие, приводит к износу оборудования.

Для регулирования расхода определенно рекомендуется использовать частотно-регулируемый привод. Тем не менее нельзя отрицать тот факт, что изоляционные клапаны все же используются для регулирования расхода.

Изменение расхода Q с помощью дроссельного клапана — самый простой способ управления расходом, не только для однократной регулировки расхода, но и для непрерывного управления, так как это наименее затратно. Однако это наиболее энергозатратный способ, так как энергия потока необратимо преобразовывается в тепло. Путем целенаправленного увеличения сопротивления системы — изменения кривой системных характеристик — насос принудительно перемещается на другую рабочую точку.

Если регулирование расхода должно осуществляться на постоянной основе, нельзя задействовать изоляционные клапаны. При отсутствии частотно-регулируемых приводов или в случае особых условий эксплуатации (также в системах водоснабжения) понадобятся следующие клапаны регулирования расхода:

- **Малый расход/мощность (DN50–150)**
Сферический регулирующий клапан с регулирующим конусом или перфорированным цилиндрическим регулирующим штоком и обратным направлением потока
- **Крупногабаритное исполнение (DN100–1400)**
Обычно применяются плунжерные или игольчатые клапаны

Перфорированный цилиндр также встречается в клапанах регулирования расхода с управлением от сервопривода.

h) Запорно-регулирующая арматура и обратные клапаны

Запорная задвижка зачастую необходима для предотвращения обратного потока и с целью недопущения работы насоса в качестве турбины на противотечении. Она также служит для защиты от ударных волн в результате гидроудара. Благодаря задвижкам труба остается заполненной, когда насосы не работают.

По сравнению с выбором других клапанов выбрать правильный клапан в качестве останавливающего механизма гораздо сложнее. Безусловно нельзя эксплуатировать насос с неудачно выбранной и неудачно установленной запорной задвижкой.

Запорные задвижки должны располагаться на минимальном расстоянии 4–5 диаметров трубы от насоса во избежание турбулентности, которая вызывает вибрацию диска клапана и приводит к износу подшипников. На запорных задвижках, установленных в вертикальных насосах, возможно отложение осадка, когда насос не работает — в зависимости от типа и качества. Это может стать серьезной проблемой.

Существует большое разнообразие доступных запорных задвижек. Самыми распространенными типами являются:

- | | |
|---|-------|
| • Поворотный обратный клапан | SCV |
| • Шаровой обратный клапан | BCV |
| • Обратный клапан с шарнирным упругим элементом | RHCV |
| • Запорная задвижка с наклонным седлом | TDCV |
| • Двухдисковая запорная задвижка | DDCV |
| • Обратный клапан с шарнирным упругим элементом (пружина) | RHCVs |
| • Бесшумный обратный клапан | SCV |
| • Осевой обратный клапан | NCV |

Потеря динамического давления — один из критериев, определяющий возможность их применения в зависимости от конструкции насосной станции. Как и с изоляционными клапанами, критерием выбора является потеря напора (или коэффициент трения ζ). Различные типы запорных задвижек очень отличаются друг от друга, в том числе в зависимости от производителя. Важно знать характеристики закрытия клапана.

Биение запорной задвижки

Биение запорной задвижки возникает после остановки насоса, когда поток системы меняет свое направление и движется обратно к насосу до того, как запорная задвижка полностью закроется. Обратный поток приводит к быстрому закрытию запорной задвижки в оставшейся части ее хода. Далее происходит мгновенная остановка потока из-за закрытой задвижки, что вызывает скачок давления/гидроудар в трубе.

Чтобы предотвратить биение, запорная задвижка должна закрываться или очень быстро, до возникновения предполагаемого обратного потока, или очень медленно, как только возник обратный поток.

Для быстрого закрытия:

- диск должен иметь низкий момент инерции и низкий коэффициент трения,
- рабочий ход диска должен быть коротким, и
- движение необходимо ускорить с помощью пружин.

Решение по предотвращению биения запорной задвижки заключается не в поиске запорной задвижки с самым быстрым закрытием и ее использования в качестве стандартного решения. Вместо этого необходимо подобрать характеристики, не допускающие биения запорной задвижки. Каждая запорная задвижка имеет свои преимущества. Это может быть низкая стоимость, малые потери напора или особые характеристики потока. Лучшим решением для запорной задвижки не обязательно должен быть вариант с самым быстрым закрытием, а значит, с наименьшей вероятностью биения.

В малонапорных системах с длинным трубопроводом существует меньшая вероятность резкого разворота направления потока. В таких системах можно использовать самые простые и дешевые задвижки, не опасаясь ударных воздействий биения. С другой стороны, многонасосные станции, перекачивающие воду

в высоконапорные системы с расположенным неподалеку водонапорным или уравнительным резервуаром, подвержены чрезвычайно резкому опрокидыванию направления потока, и для противодействия ударным воздействиям биения необходимо использовать только запорные задвижки особого типа.

Расчет замедления — это сложный процесс, который зависит от множества параметров, например инерция насоса, инерция (длина) столба жидкости, потери на трение в трубопроводной системе, статический напор и наклон трубы.

Обычно при вычислении замедления инженеры полагаются на компьютерное моделирование системы.

ТИП КЛАПАНА	СКОРОСТЬ ОБРАТНОГО ПОТОКА	ТИП БИЕНИЯ
Осевой обратный клапан	60 мм/сек	нет
Бесшумный обратный клапан	100 мм/сек	нет
Двухдисковая запорная задвижка	200 мм/сек	слабое
Запорная задвижка с наклонным седлом	240 мм/сек	слабое
Обратный клапан с шарнирно-откидным диском	550 мм/сек	сильное
Поворотный обратный клапан	> 600 мм/сек	сильное

Рациональная практика ведения работ и недобросовестная практика, влияние на эксплуатационные расходы

Рациональная практика ведения работ в отношении всасывающего и напорного трубопроводов со всеми элементами означает определение следующих параметров:

- диаметры трубопроводов с требуемой скоростью потока ниже 2 м/с, в зависимости от длины труб (расстояние между насосом и всасывающим/нагнетательным коллектором);
- непосредственное расширение диаметра на напорном фланце;
- длина трубы до запорной задвижки и запорного клапана.

На фото слева показан пример действительно неудачной конструкции.

Запорная задвижка устанавливается непосредственно на напорном фланце насоса с небольшим расширением диаметра на один размер. Увеличение рабочего давления из-за небольшой запорной задвижки приводит к увеличению затрат на электроэнергию, и за очень малый промежуток времени будет превышена разница в цене на средства, вложенные в запорную задвижку большего размера.



і) Дезинфекция хлором

Эффективная дезинфекция питьевой воды — оценка методов на базе хлора — существует столько же, сколько и сами коммунальные водопроводы. Микробиологические параметры для водоподготовки распространяются на бактерии группы кишечной палочки и определенные патогенные виды бактерий, вирусы и простейшие паразиты.

Несмотря на то, что цель одна — обеспечение чистой безопасной водой, методы очистки могут быть разными. Наиболее распространенными методами дезинфекции воды являются химические.

Дезинфекция хлором в насосных станциях

Целью дезинфекции/дозирования хлора в водораспределительных насосных станциях, в отличие от установок водоподготовки, является не очистка воды от микробов и органических веществ, а противодействие бактериологическому загрязнению и биологическому обрастанию в трубопроводной сети.

По этой причине дозирование является периодическим и применяется в высоких концентрациях (ударное (шоковое) хлорирование). Впрыск зачастую осуществляется во всасывающем коллекторе, при этом насос используется в качестве смесителя.

Принцип действия хлора — образование гипохлорита при растворении в воде. Это быстродействующий окислитель с широким биоцидным эффектом. Высокоэффективен в малых концентрациях. Замедленное высвобождение хлора имеет особый положительный эффект, так как дезинфекция трубопроводной системы продолжается в течение относительно длительного периода времени.

Диоксид хлора (ClO_2) обеспечивает превосходную продолжительную дезинфекцию воды. Диоксид хлора является высокоэффективным антибактериальным, спороубивающим средством, противовирусным препаратом и водорослевым гербицидом. Также эффективен против микроорганизмов, проявляющих устойчивость к хлору. В плане сенсорных показателей диоксид хлора не меняет вкус и запах воды. Он менее коррозионный, чем гипохлорит в трубопроводе, и эффективен против биопленки.

Диоксид хлора удаляет источник питательных веществ и защиту микроорганизмов, тем самым продлевая дезинфицирующий эффект.

Для гипохлорирования необходимы очень высокие концентрации; впрыск диоксида хлора не приводит к коррозии.

Компания Grundfos предлагает 3 разных способа введения хлора, и решение относительно выбора одного из них зачастую принимается не из соображений качества или результата, а исходя из государственных или местных норм и правил.

j) Мониторинг насоса

(или средства КИПиА и устройства управления)

Главной причиной для мониторинга насоса является контроль процесса эксплуатации и производительности. Большинство насосных станций работает без обслуживающего персонала, и в случае серьезной неисправности потенциальный имущественный ущерб может быть существенным. Необходимо подбирать гарантированно надежные приборы, также необходимо задействовать резервные системы; последствия неисправности какого-либо узла должны быть тщательно проанализированы.

Тем не менее все более важными становятся два других аспекта:

- обнаружение износа,
- сбор данных.

Обнаружение износа касается положения о профилактическом техническом обслуживании, в рамках которого, в отличие от обычного технического обслуживания, можно заменять изнашиваемые детали, когда это действительно нужно. Сбор данных — это необходимое предварительное условие для запуска системы SCADA.

Что контролировать

Вопрос о том, что контролировать, можно рассматривать исходя из следующих трех областей, на которых должен быть построен принцип мониторинга насоса:

- мониторинг производительности насоса и анализ насосной системы,
- вибрационный мониторинг и температура подшипников,
- внешние осмотры.

По отдельности каждое из этих действий является важным показателем; в совокупности создается полная картина в отношении текущего состояния насоса. Важно рассмотреть следующее:

- Расход
 - Основные функции
 - Расчет КПД
 - Профиль нагрузки

- Давление на входе/выходе
 - Функциональное нарушение (кавитация)
 - Расчет КПД
 - Профиль нагрузки
- Температура подшипников
 - Функциональное нарушение
 - Обнаружение износа
- Вибрация
 - Функциональное нарушение (кавитация)
 - Несоосность
 - Износ (подшипники)
- Сила тока (потребляемая мощность)
 - Основные функции
 - Расчет КПД
 - Обнаружение износа (компенсационные кольца)
- Контроль 3-фазного напряжения
 - Предупреждение повреждений
- Температура обмотки двигателя
 - Предупреждение повреждений

По каждому измерению необходимо определить два значения и запрограммировать в ПЛК:

- аварийный сигнал,
- аварийный останов (выключение).

В плане производительности насоса мониторинг должен по возможности охватывать пять параметров:

- давление всасывания,
- давление нагнетания,
- расход,
- скорость работы насоса,
- мощность.

Измерение уровня вибрации и температуры помогает обнаружить механические повреждения, в случае неверной интерпретации результатов измерения обязателен внешний осмотр.

Использование данных и обнаружение износа

По меньшей мере, давление всасывания и давление нагнетания имеют существенное значение для определения напора насоса. Необходимо понять, что напор насоса играет решающую роль в оценке того, каким образом работает насос относительно точки оптимального КПД — даже в том случае, если расход не был измерен.

Потребляемая мощность, вычисленная по силе тока, измеренной с учетом кривой характеристик, может стать доказательством (или опровержением),

что насос работает нормально. Если полученные данные противоречивы, необходимо измерить расход.

Температура подшипников и вибрационный мониторинг относятся к концепции профилактического осмотра; однако эти данные можно использовать для технологического контроля. Работа с частичной нагрузкой может привести к увеличению как температуры подшипников, так и уровня вибрации. Нарушение должного выравнивания — например, в результате гидроудара — также можно обнаружить.

Внешний осмотр

Медленное, но постоянное повышение уровня вибрации, температуры подшипника и потребляемой мощности (силы тока) без изменения гидравлических характеристик может указывать на износ подшипников и увеличение зазора между рабочим колесом и кольцами целевого уплотнения корпуса. Это можно подтвердить, проведя внешний осмотр.

Системы контроля и обработки информации (SCADA)

Система контроля и обработки информации (SCADA) используется не только для визуального отображения установки в системе SCADA, но также является наиболее мощной концепцией в конструкции насосной станции; «схема трубной обвязки и КИП», также называемая «однолинейной схемой». Это особенно важно на стадии замысла.

Анализ и управление данными

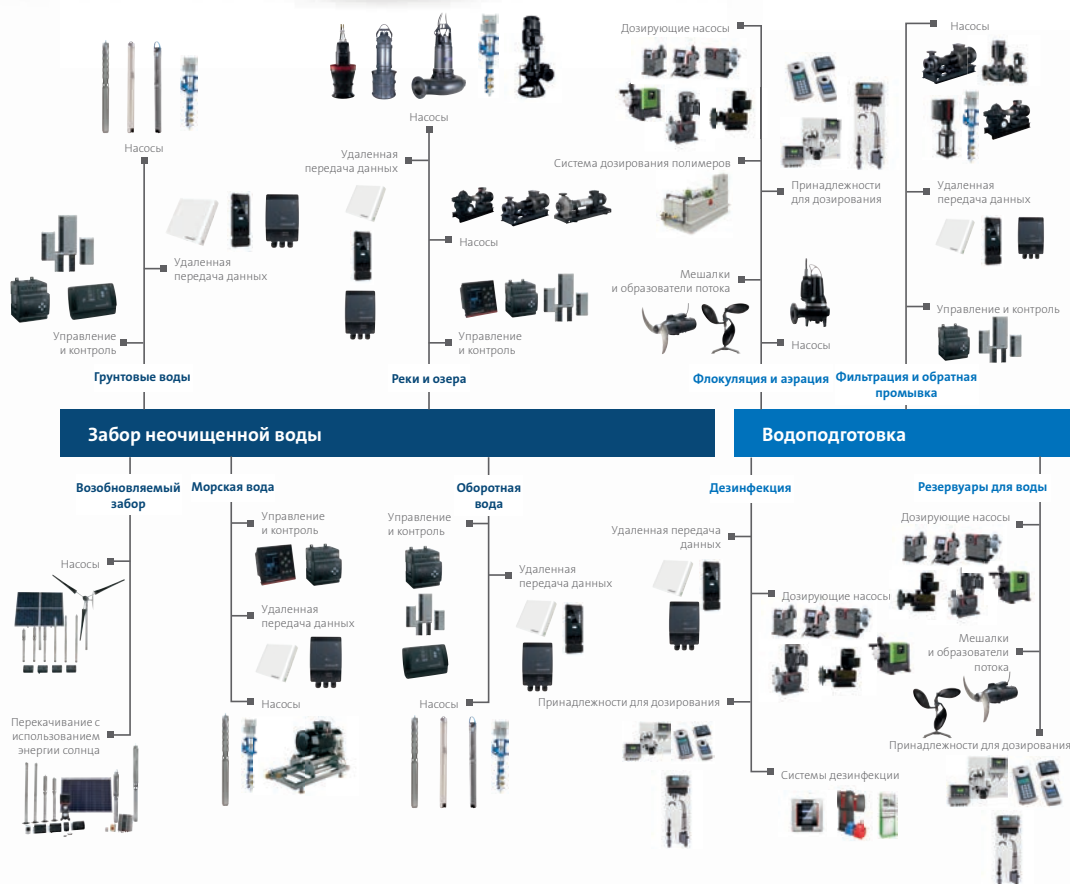
В наше время данные собираются и анализируются различными способами. Grundfos обладает интеллектуальными контроллерами и платформами и продолжает развивать их, используя данные для предупреждения отказов, машинного обучения, тенденций и раннего оповещения для насосных систем и сетей.

ПРОДУКЦИЯ И РЕШЕНИЯ





ПРОДУКЦИЯ GRUNDFOS В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ





Водораспределение

Осаждение / Опреснение



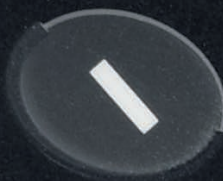
Распределение на основе потребностей



Grundfos iSOLUTIONS



8:20h
0:00h
0:00h
0:00h



System run
Alarm





GRUNDFOS iSOLUTIONS

«Умная» оптимизация системы с помощью Grundfos iSOLUTIONS. Вы получаете интеллектуальную систему водоснабжения, созданную на базе наших предложений по всеобъемлющему контролю и обмену данными, позволяющую экономить на малом объеме неучтенной воды, более высоком КПД и низких затратах на электроэнергию.

Мы предлагаем простую интеграцию с вашей системой и быстрый ввод в эксплуатацию.



СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ — ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ GRUNDFOS

Благодаря решению для дистанционного управления Grundfos вы получаете удаленный мониторинг, анализ и контроль, включенные в стоимость недорогой подписки. Первоначальные затраты отсутствуют, расходы на дополнительные аппаратные средства и ПО также отсутствуют. Все данные хранятся в защищенных базах с доступом только для зарегистрированных пользователей. Можно задать различные параметры пользователя для разного уровня доступа, в зависимости от структурной сложности вашей системы.

- Доступ с телефона, планшета или ПК, быстрый просмотр и обновление состояния насосов и установочных узлов.
- Снижение расходов на обслуживание путем перехода на плановый рабочий процесс и отказа от рутинных эксплуатационных работ в пользу эффективного планово-предупредительного технического обслуживания только при необходимости.
- Своевременные предупреждения позволяют проводить профилактическое обслуживание до появления аварийного сигнала, тем самым сокращая число затратных поломок. Имея доступ к основным данным, можно составить план технического и сервисного обслуживания.



УПРАВЛЕНИЕ НАСОСОМ С МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА — GRUNDFOS GO REMOTE

Данная платформа предназначена для экономии времени и усилий владельца насоса. Это самое комплексное из всех имеющихся на рынке подобных мобильных решений, благодаря которому вы получаете интуитивно понятную поддержку и доступ к онлайн-сервисам Grundfos, что позволяет вам сэкономить массу времени на управление, сбор отчетности и данных по работе оборудования.

- Распределение насосов по группам, изменение параметров конфигурации и мониторинг характеристик насоса.
- Образные коды ошибок делают процесс поиска и устранения неисправностей простым и интуитивным.
- Экономия времени, быстрые ссылки на документацию, инструмент для замены и автоматические обновления.



СИСТЕМА DEMAND DRIVEN DISTRIBUTION — DDD

Система Demand Driven Distribution — это первое решение Grundfos для управления давлением, которое сочетает в себе точное измерение давления в системе и расширенное управление насосами на насосной станции согласно результатам этих измерений. Данное решение компенсирует избыточное давление в системе путем изменения установленного значения в соответствии с фактическим расходом. Для этого выполняются измерения давления в критических точках системы.

- Сокращение объема утечек (неучтенная вода) — меньший объем воды теряется вследствие утечек и аварий на трубах.
- Энергосбережение — сокращение избыточного потребления энергии из-за слишком высокого давления и перекачивания воды, которая теряется в результате утечек.
- Сокращение расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание — благодаря более низкому среднему избыточному давлению снижаются затраты на устранение утечек, и увеличивается срок службы системы.



ШКАФ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ НЕСКОЛЬКИХ НАСОСОВ — MPC

Grundfos Control MPC — это шкаф управления с контроллером CU 352, который позволяет контролировать и управлять максимум шестью параллельно соединенными однотипными насосами. Шкаф управления серии Control MPC — это эксплуатационно гибкая и простая в установке система, которая обеспечивает назначение резервного насоса, принудительное переключение между насосами и защиту от «сухого» хода, что способствует повышению надежности системы, сокращению времени простоя и снижению затрат на техническое обслуживание. Плавное увеличение давления минимизирует риск гидроудара, снижает риск утечек и расходы на обслуживание трубопровода.

- Интеллектуальный каскадный контроллер, основанный на КПД насосной установки.
- Включение/выключение насоса производится на основе подробных данных характеристик насоса.
- Обнаружение утечек в обратных клапанах, защита от потери воды.
- Уменьшение износа, вызванного кавитацией (выход рабочей точки насоса за пределы рабочего диапазона).



ВНЕШНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ

— CUE

Представляет собой серию внешних преобразователей частоты для управления скоростью вращения широкого ряда насосов Grundfos для систем водоснабжения, водоотведения и орошения. Специальное руководство по вводу в эксплуатацию поможет выполнить пусконаладку системы CUE.

- Заранее установленные режимы управления, диапазоны измерений датчика и данные о насосах позволяют настроить систему за несколько шагов.
- Объединение уникального интуитивного интерфейса Grundfos с системой управления Grundfos.
- Очень простая установка и настройка — всего лишь за 16 шагов вы получаете систему, готовую к работе.



ИНТЕРФЕЙСЫ СВЯЗИ

— CIM/CIU

Для полного контроля насосных систем Grundfos предлагает использовать промышленные сети. Модуль передачи данных (CIM) и блок передачи данных (CIU) позволяют осуществлять передачу данных по открытым интероперабельным сетям.

- Простота монтажа и пусконаладки, удобство для пользователя — отличное соотношение цены и качества.
- Все модули основаны на стандартных функциональных профилях для лучшего соединения с сетью и лучшего определения элементов данных
- Поддержка широкого ассортимента изделий Grundfos.



УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ДВИГАТЕЛЯ — MP 204

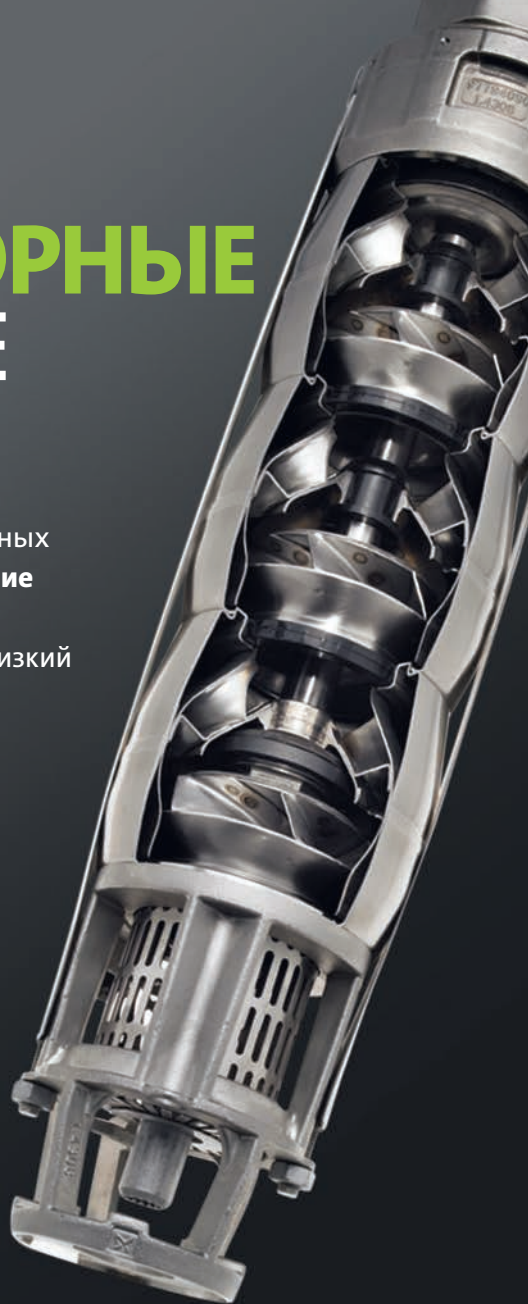
Надежное, простое в настройке и эксплуатации устройство защиты двигателя для всех насосов и установок Grundfos. Подходит для двигателей с диапазоном измеряемого тока от 3 до 999 ампер и напряжением питания от 100 до 480 В перем. тока. Устройство используется для защиты двигателей насосов от падения напряжения, скачков напряжения и других колебаний, связанных с электропитанием и перегревом.

- Измерение коэффициента мощности, указывающего на засорение отверстия забора или износ рабочего колеса.
- Постоянные точные измерения потребляемой мощности двигателя, что гарантирует остановку насоса до «сухого» хода, тем самым предотвращая повреждение насоса.
- Предупредительные сигналы в случае замыкания на массу/нарушения сопротивления изоляции, что позволяет провести профилактический осмотр двигателя, кабелей или кабельных соединений.

ВОДОЗАБОРНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Ключевой особенностью водозаборных насосных станций является **колебание уровня всасываемой воды.**

Необходимым условием является низкий NPSH погружных насосов.

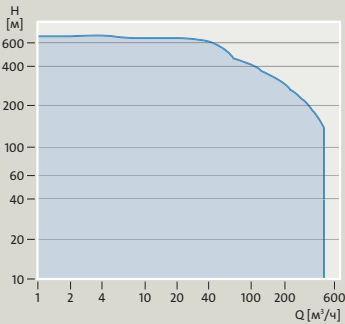




СКВАЖИННЫЕ НАСОСЫ — SP

Модельный ряд скважинных насосов для подачи воды из скважин известен своей максимальной эффективностью в периоды высокой нагрузки, продолжительным сроком службы и простотой технического обслуживания.

- Новейшие гидравлические технологии обеспечивают высокий КПД при низких эксплуатационных расходах.
- Полностью изготовлены из нержавеющей стали, чтобы обеспечить высокую надежность и долговечность, даже в агрессивных средах.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Мощность электродвигателя: от 0,37 до 250 кВт
- Расход (Q): макс. 470 м³/ч
- Напор (H): макс. 670 м
- Температура жидкости от 0 до +60 °C
- Диаметр напорного патрубка: от 1" до 6"
- Диаметр: 4", 6", 8", 10", 12"



ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ТУРБИННЫЕ НАСОСЫ

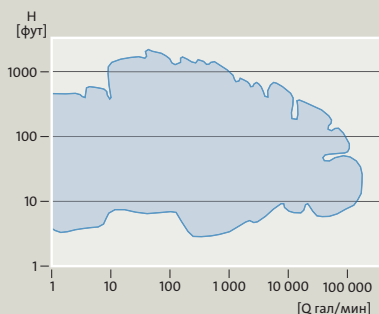
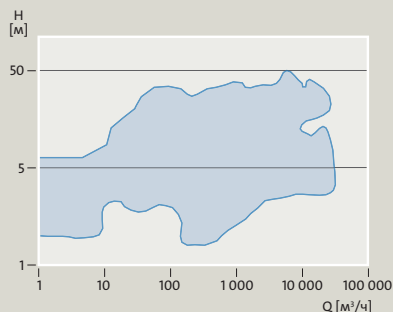
— СЕРИЯ VT

Насосы серии VT предназначены для использования в глубоких скважинах, оснащены двигателем с установкой в сухой зоне, который соединяется с погруженным корпусом насоса посредством трансмиссионного вала. Данные насосы имеют прочную конструкцию для обеспечения повышенной надежности и долговечности. Насосы серии VT с масляной смазкой обычно применяются в местах, где шум не является проблемой.

- Рассчитаны на условия эксплуатации при низком $NPSH_{\text{требуемый}}$, большом расходе и высоком напоре.
- Разработка и компоновка на заказ для специфических условий применения.
- Проточная часть от 4" до 72" с гибкой производительностью и учетом конкретных условий.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Расход, Q: 25 000 м³/ч
- Напор, H: 700 м
- Мощность: макс. 2 МВт

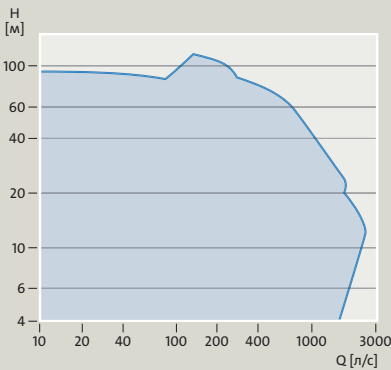




НАСОСЫ ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ВОДЫ — СЕРИЯ S

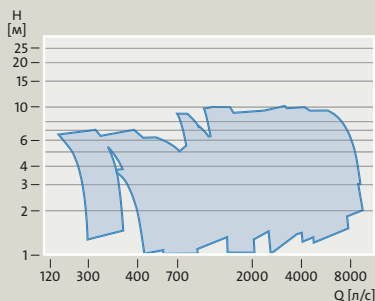
Эти мощные насосы серии S для перекачивания неочищенной воды выбирают за их прочность, износостойчивость, наличие таких инновационных особенностей, как система регулировки зазора рабочего колеса SmartTrim и система предотвращения утечек Smart Seal.

- Высокоэффективные и надежные насосы для перекачивания воды.
- Запатентованная система SmartTrim облегчает регулировку рабочего колеса и поддерживает эффективность насоса на максимуме при низкой стоимости эксплуатации.
- Уплотнительная прокладка SmartSeal гарантирует герметичность соединения между насосом и базовым блоком системы.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Мощность электродвигателя: до 520 кВт
- Расход (Q): 2500 л/с (9000 м³/ч)
- Напор (H): 116 м
- Температура жидкости от 0 до +40 °C
- Диаметр напорного патрубка: от 80 до 600 мм
- Свободный проход: до 145 мм
- Класс изоляции: F (H по запросу)
- Максимальное давление системы: PN 10
- Максимальный гидравлический КПД: 85 %



ОСЕВОЙ ПРОПЕЛЛЕРНЫЙ НАСОС — KPL

Погружные осевые пропеллерные насосы предназначены для систем, работающих с большим расходом при низких напорах для перекачивания больших объемов неочищенной воды.

Система Turbulence Optimiser™ уменьшает турбулентность в зазоре между спиральным отводом и обсадной трубой.

- Решение Turbulence Optimiser™ для непревзойденного гидравлического КПД до 86 %.
- Двигатели высокого напряжения с низкими затратами на установку.
- Цельное рабочее колесо прецизионного литья с загнутыми назад лопастями для снижения риска засорения.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Мощность электродвигателя: от 11 до 700 кВт (до 850 кВт по запросу)
- Расход (Q): 9200 л/с (33 120 м³/ч)
- Напор (H): 10 м
- Температура жидкости: от 0 до +40 °C
- Диаметр напорного патрубка: до 2200 мм
- Класс изоляции: F
- Максимальная глубина установки: 20 м
- Максимальный гидравлический КПД: 86 %



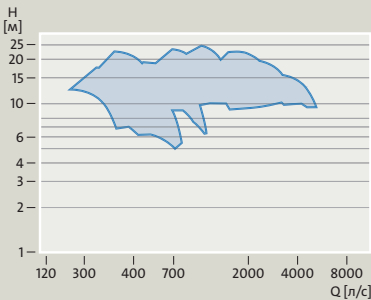
ДИАГОНАЛЬНЫЙ НАСОС — KWM

Погружные диагональные насосы предназначены для систем, работающих с большим расходом при низких напорах для перекачивания больших объемов неочищенной воды.

- Решение Turbulence Optimiser™ для непревзойденного гидравлического КПД до 86 %.
- Высоковольтные двигатели с низкими затратами на установку.
- Прочность, надежность и эффективность — максимальное качество по разумной цене.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Мощность электродвигателя: от 11 до 700 кВт (до 850 кВт по запросу)
- Расход (Q): 5555 л/с (20 000 м³/ч)
- Напор (H): 20 м (до 400 м по запросу)
- Температура жидкости: от 0 до +40 °C
- Диаметр напорного патрубка: обсадная колонна (в специальном исполнении до DN 2200)
- Класс изоляции: F
- Максимальная глубина установки: 20 м
- Максимальный гидравлический КПД: 85 %



ГЛАВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

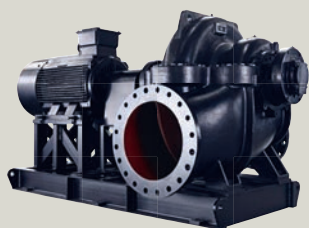
Ключевой особенностью главных насосных станций является **транспортировка больших объемов воды**. Для таких станций необходимы мощные насосы с высоким КПД.





GRUNDFOS

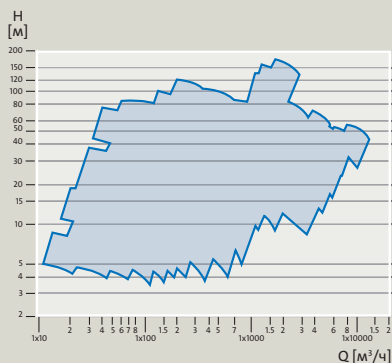
GRUNDFOS



ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ НАСОСЫ С РАЗЪЕМНЫМ КОРПУСОМ — LS

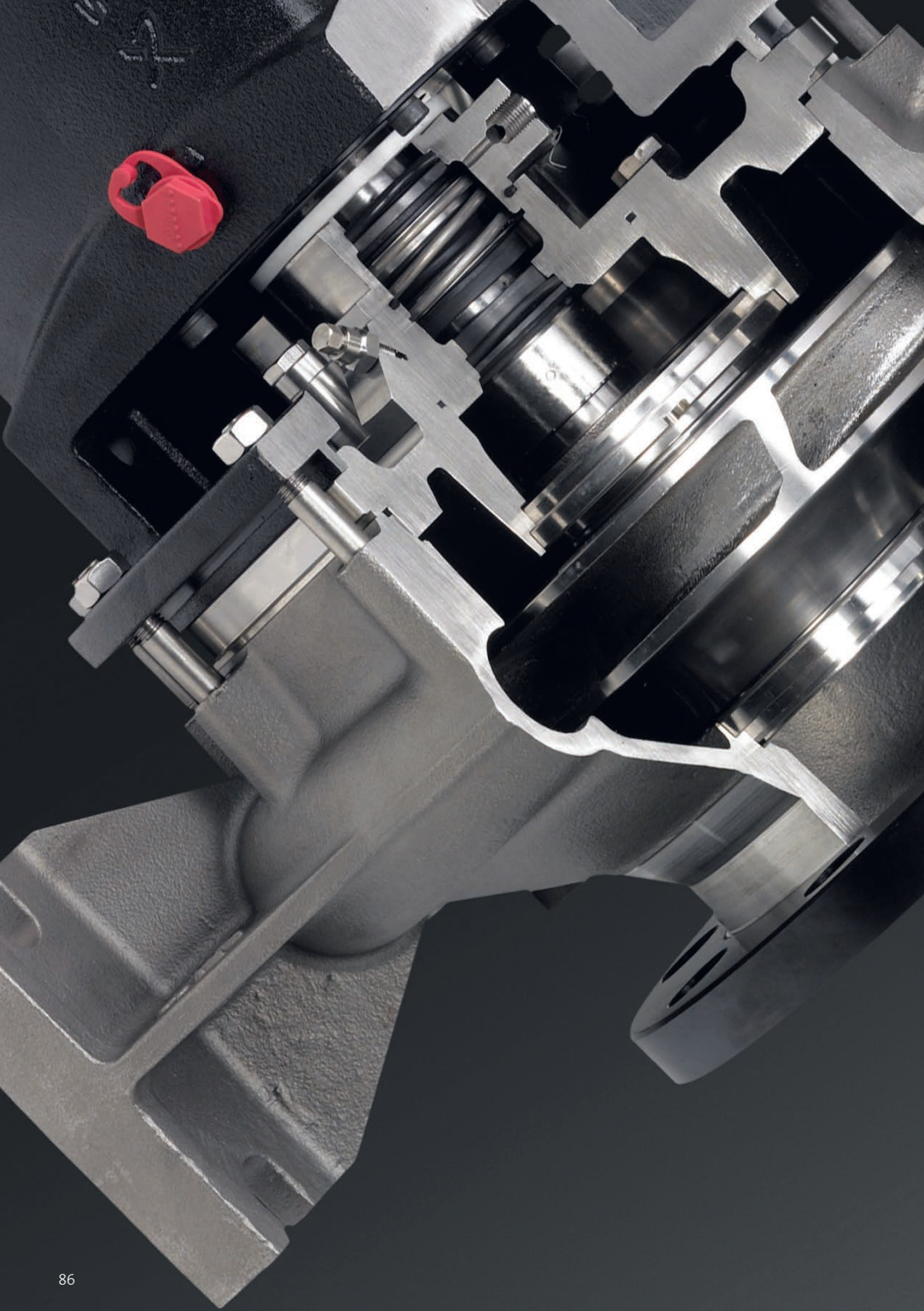
Горизонтальный насос с разъемным корпусом, одноступенчатый, центробежный, спиральный. Осевая сборная конструкция позволяет легко снимать верхнюю часть корпуса и получать доступ к элементам насоса, не трогая двигатель или трубопроводы.

- Высокоэффективный насос с низким $NPSH_{\text{требуемый}}$ для перекачивания больших объемов.
- Мощный и простой в обслуживании.
- Колесо двустороннего входа минимизирует осевую нагрузку, что продлевает срок службы целевых уплотнений, торцевых уплотнений и подшипников.
- Конструкция с двухзавитковым спиральным отводом снижает радиальную нагрузку и минимизирует уровень шума и вибрации.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Мощность электродвигателя: от 1,1 до 2240 кВт
- Расход (Q): от 12 до 12 500 м³/ч
- Напор (H): от 8 до 165 м
- Температура жидкости от 0 до +150 °C
- Диаметр напорного патрубка: от DN 50 до DN 800
- Максимальное давление системы: 10 или 16 бар
- Максимальный гидравлический КПД: 91,5 %





ЛОКАЛЬНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Локальная насосная станция характеризуется колебаниями расхода и давления. Насосная система должна обеспечивать плавное регулирование скорости.



КОНСОЛЬНО-МОНОБЛОЧНЫЕ НАСОСЫ

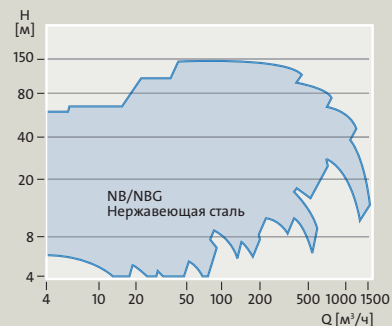
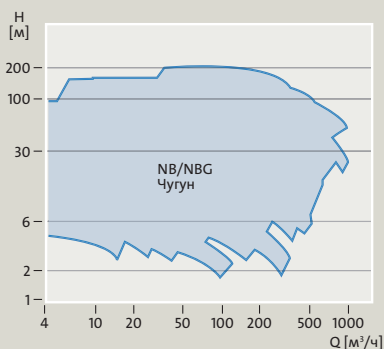
– NB/NBG/NBE/NBGE

Многоцелевые насосы одностороннего всасывания для различных назначений, требующих надежной и экономной подачи, например, для систем водоснабжения.

- Высокий КПД.
- Кольцевое уплотнение между корпусом насоса и крышкой для абсолютной герметичности.
- Корпус, рабочее колесо и компенсационное кольцо изготовлены из разных материалов для повышения коррозионной стойкости, отсутствие заедающих частей.
- Также доступны варианты с электродвигателем на постоянных магнитах MGE мощностью до 11 кВт и встроенным частотно-регулируемым приводом, класс энергоэффективности IE5.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Мощность электродвигателя: от 0,55 до 200 кВт
- Расход (Q): до 2200 м³/ч
- Напор (H): 210 м
- Температура жидкости: от –25 до +140 °C
- Диаметр напорного патрубка: DN32–DN250
- Свободный проход: от 4 до 34 мм
- Максимальное давление системы: 16/25 бар
- Максимальный гидравлический КПД: 88,5 %

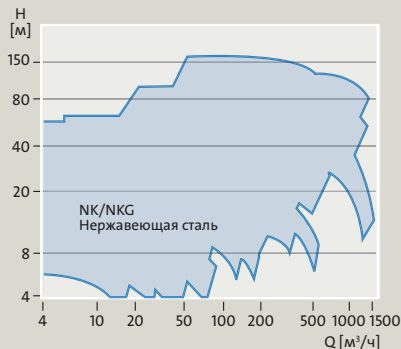
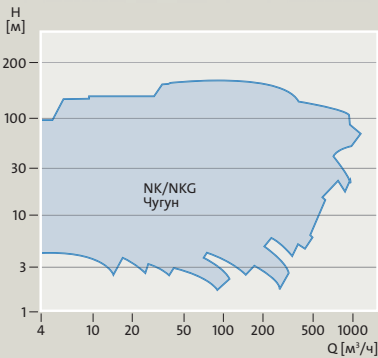




КОНСОЛЬНЫЕ НАСОСЫ – НК/НКГ/НКЕ/НКГЕ

Многоцелевые насосы одностороннего всасывания для различных назначений, требующих надежной и экономной подачи, например, для систем водоснабжения и орошения. Благодаря съемной задней части конструкция насосов позволяет выполнять демонтаж электродвигателя, муфты, кронштейна подшипника и рабочего колеса без разборки корпуса насоса или трубопровода. Ассортимент насосов с длинной муфтой полностью соответствует стандарту EN733 или ISO2858.

- Высокий КПД.
- Кольцевое уплотнение между корпусом насоса и крышкой для абсолютной герметичности.
- Конструкция со съемной задней частью, обеспечивающая простоту обслуживания.
- Также доступны варианты с электродвигателем на постоянных магнитах MGE мощностью до 11 кВт и встроенным преобразователем частоты, класс энергоэффективности IE5.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

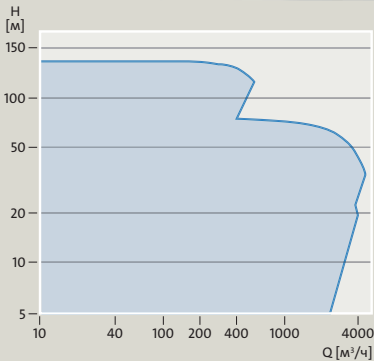
- Мощность электродвигателя: от 0,55 до 460 кВт
- Расход (Q): до 2200 м³/ч
- Напор (H): 210 м
- Температура жидкости: от –25 до +200 °C
- Диаметр напорного патрубка: DN32–DN250
- Свободный проход: от 4 до 34 мм
- Максимальное давление системы: 16/25 бар
- Максимальный гидравлический КПД: 88,5 %



УСТАНОВКИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

На насосных станциях повышения давления
ключевой особенностью является
увеличение давления.

Для этого необходимы компактные насосы
типа «ин-лайн».



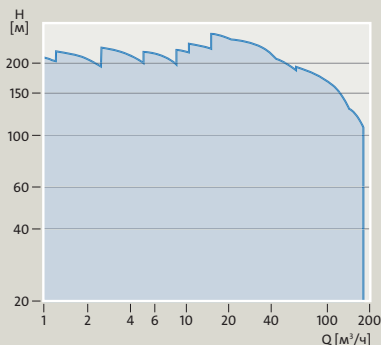
ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ «ИН-ЛАЙН» – TP/TPE

Одноступенчатые центробежные насосы «ин-лайн» со стандартными электродвигателями и механическими уплотнениями вала. В отличие от насосов одностороннего всасывания насосы с конструкцией проточной части типа «ин-лайн» допускают использование прямых трубопроводов, что позволяет экономить пространство и снижает стоимость монтажа. Насосы TP мощностью до 22 кВт имеют исполнение TPE со встроенным преобразователем частоты.

- Оптимизированная конструкция проточной части, обеспечивающая высокую эффективность и надежность.
- Энергоэффективные двигатели обеспечивают меньшее энергопотребление.
- Уменьшенные габариты установки.
- Также доступны варианты с электродвигателем на постоянных магнитах MGE мощностью до 11 кВт и встроенным частотно-регулируемым приводом, класс энергоэффективности IE5.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Мощность электродвигателя: от 0,12 до 630 кВт
- Расход (Q): 4500 м³/ч
- Напор (H): 140 м
- Температура жидкости: от –25 до +150 °C
- Диаметр напорного патрубка: от DN 25 до DN 500
- Максимальное давление системы: 25 бар
- Максимальный гидравлический КПД: 90 %



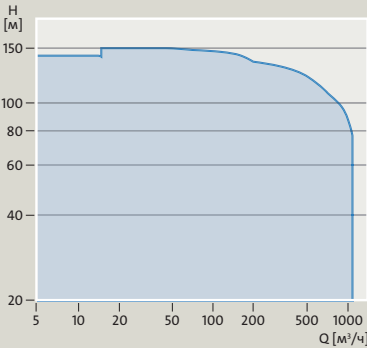
МНОГОСТУПЕНЧАТЫЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ — CR/CRE

Серия CR/CRE представляет собой самый широкий модульный ряд из предлагаемого насосного оборудования: четыре варианта материалов, тринадцать типоразмеров (давление практически до 50 бар), несколько типов торцевых уплотнений и эластомеров, а также широкий диапазон напряжения. Детали насоса могут быть оптимизированы и спроектированы с учетом специальных требований.

- Также доступны варианты с электродвигателем на постоянных магнитах MGE мощностью до 11 кВт и встроенным преобразователем частоты, класс энергоэффективности IE5.
- Более гибкое решение — универсальный фланец для различных стандартных соединений.
- Картриджное уплотнение вала уникальной конструкции повышает эксплуатационную надежность и сокращает время простоя.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- Мощность электродвигателя: от 0,37 до 75 кВт
- Расход (Q): макс. 180 м³/ч
- Напор (H): макс. 500 м
- Температура жидкости: от –40 до +180 °C (240 °C, масло-теплоноситель)
- Рабочее давление: макс. 50 бар
- Диаметр напорного патрубка: до DIN 150
- Максимальный КПД: 80 %



HYDRO MPC

Комплектные установки повышения давления минимизируют расход электроэнергии и сокращают соответствующие затраты. Hydro MPC производится на базе центробежных насосов CR и CRE, она быстро адаптируется к текущим потребностям системы и всегда работает с максимальной производительностью в любой области применения. Установки повышения давления Hydro MPC просты в настройке и обращении, мониторинг и передача данных осуществляется посредством систем BUS, SCADA или Grundfos Remote Management. Конструкция установки включает в себя прецизионные коллекторы из нержавеющей стали и позволяет учитывать особенности конкретной системы, в которую она монтируется.

- Уменьшенные габаритные размеры.
- Широкий диапазон применения.
- Шкаф управления Grundfos MPC с легкостью выполняет даже самые сложные задачи по повышению давления.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- От 2 до 6 насосов
- Мощность электродвигателя: от 0,55 до 75 кВт
- Расход (Q): 1080 м³/ч
- Напор (H): 146 м
- Температура жидкости: от 0 до +70 °C
- Диаметр напорного патрубка: до DN 350
- Степень защиты: IP 54
- Максимальное давление системы: PN16 (стандарт) (до PN 40 по запросу)
- Максимальный гидравлический КПД: 80 %
- Окружающая среда: от 0 до +40 °C

ПРИМЕЧАНИЯ

ПРИМЕЧАНИЯ

be think innovate

ООО «ГРУНДФОС»
ул. Школьная, д. 39-41,
г. Москва, 109544
Тел.: +7 495 737-30-00
www.grundfos.ru

GRUNDFOS 

Товарные знаки, представленные в этом материале, в том числе Grundfos, логотип Grundfos и «be think innovate», являются зарегистрированными товарными знаками, принадлежащими The Grundfos Group. Все права защищены. © 2020 Grundfos Holding A/S. Все права защищены.

70271407/0320