A close-up photograph of a waterfall with water cascading over rocks, creating white foam and splashing. The background is dark, making the white water stand out.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО СИСТЕМАМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ЧАСТЬ 2

Для наружных систем водоотведения

be
think
innovate

GRUNDFOS 

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО СИСТЕМАМ ВОДООТВЕДЕНИЯ ЧАСТЬ 2

Для наружных систем водоотведения



ВВЕДЕНИЕ

Настоящее Техническое пособие 2 по системам водоотведения предназначено для разработчиков насосных станций, проектировщиков, специалистов по эксплуатации, инженеров-консультантов и пользователей насосных станций и относится к системам отведения сточных вод с помощью канализационных насосов мощностью до 520 кВт.

Рекомендации для систем низкой мощности, предназначенных для организации дренажа и отведения сточных вод из жилых зданий, приводятся в первой части технического пособия по системам водоотведения (канализационные насосы с двигателями мощностью от 0,15 до 30 кВт).

Системы, предназначенные для отведения сточных и ливневых вод, будут описаны в отдельных разделах, чтобы гарантировать правильный подбор и монтаж насоса.

В пособии приведены указания по монтажу и эксплуатации погружных установок и установок для сухого монтажа. Приведено описание резервуара, в котором показана правильная компоновка и скаты канализационного колодца, а также требования к устройству бетонных фундаментов для сухого монтажа. Правильное крепление соединительных трубопроводов является очень важным для обеспечения оптимальных условий работы гидравлических систем, в пособии приведены рекомендации по креплению трубопроводных систем.

Кроме того, описано влияние таких факторов как звук, шум, подсос воздуха, завихрения и вибрация, а также меры, которые необходимо принять для предотвращения этих деструктивных влияний.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
-----------------	----------

КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ И ЛИВНЕВЫЕ СТОКИ

1. Сточные воды	15
1.1. Канализационные стоки	15
1.2. Атмосферные сточные воды	16
2. Накопительные резервуары	17
3. Пруды	18
3.1. Накопительные резервуары в канализационных системах	18
3.2. Накопительные резервуары являются эффективным решением	20
3.3. Последовательное и автономное накопление	21
3.4. Обеспечение эффективной очистки	21
4. Общесплавная или раздельная системы водоотведения	23

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

1. Общие сведения	26
2. Архимедов винт	27
2.1. Область применения Архимедова винта	27
3. Теория центробежных насосов	28
3.1. Принцип работы центробежного насоса	28
3.2. Компоненты проточной части	28
3.3. Фланец всасывающего патрубка и вход в насос	29
3.4. Рабочее колесо	31

НАСОСЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МОНТАЖ

1. Насос для перекачивания бытовых, производственных и атмосферных сточных вод	36
1.1. Насосы серии SLV и SEV, 50 Гц	36
1.2. Насосы серии SL1 и SE1, 50 Гц	37
1.3. Насосы серии S62, 50 Гц	37
1.4. Насосы серии S66, 50 Гц	38
1.5. Насосы серии S70, 50 Гц	38
1.6. Насосы серии S72, 50 Гц	39

1.7. Насосы серии S74, 50 Гц	39
1.8. Насосы серии S78, 50 Гц	40
2. Взрывозащищенные насосы	40
2.1. Насосы для потенциально взрывоопасных условий эксплуатации (Европа)	40
2.2. Насосы для потенциально взрывоопасных условий эксплуатации (США)	40
3. Типы монтажа насосов SL, SE и S	41
3.1. Свободная погружная установка на кольцевом основании (переносной тип)	41
3.2. Стационарная погружная установка	42
3.3. Погружные канализационные насосы для монтажа в сухом машинном зале	44
3.4. Фундаменты	45
3.4.1. Рекомендации по проектированию	45
3.4.2. Фундамент для горизонтальной установки погружных канализационных насосов в сухом машинном зале	46
3.4.3. Фундамент для вертикального монтажа погружных насосов в сухом машинном зале	46
4. Условия эксплуатации погружных канализационных насосов	48
4.1. Насосы SL и насосы S до типоразмера 70	48
4.2. Насосы SE	49
4.3. Насосы S типоразмеров 62, 66 и 70 с охлаждающим кожухом в составе погружной и сухой установки	49
4.4. Насосы серии S типоразмера 72 без охлаждающего кожуха в составе погружной установки	49
4.5. Насосы серии S типоразмеров 72, 74 и 78 с охлаждающим кожухом в составе погружной и сухой установки	49
5. Условия эксплуатации насосов для сухой установки	50
5.1. Уровни пуска	50
5.2. Минимальный уровень останова	50
5.3. Минимальный уровень пуска	50
6. Система трубопроводов	51

НАСОСЫ ПОГРУЖНОЙ И СУХОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

1. Общие сведения	54
2. Причины коррозии	54
3. Правильный выбор материала для обеспечения стойкости к коррозии	55

4. Выбор насоса из четырех базовых вариантов	56
5. Сертификация материалов	57
6. Типовые применения в агрессивных средах	57
6.1. Промышленные сточные воды	57
6.2. Использование насосов в приморских районах	57
6.3. Сточные воды	57
7. Насосы из нержавеющей стали, используемые для перекачки слабоминерализованной и морской воды	57
8. Рекомендуемое исполнение на основе температуры жидкости и содержания хлоридов (мг/л)	58
9. Стойкость к эрозии	59

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСА, СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

1. Введение	62
2. Блоки и шкафы управления LC 231 и LC 241	62
2.1. Блок управления LC 231	63
2.2. Шкаф управления LC 241	63
2.3. Базовые функции	63
2.4. Обзор конфигураций	63
3. Система Dedicated Controls	64
3.1. Компоненты системы Dedicated Controls	64
3.2. Функции системы Dedicated Controls	64
4. Модули защиты	66
4.1. Основной модуль ввода/вывода IO 351B	66
4.2. Электронная защита двигателя MP 204	66
4.3. Модуль IO 113	67
4.4. Модуль SM 113	68
5. Датчики и канал связи	68
5.1. Датчики и модуль связи для двигателей серии SL, SE и S	69
6. Преобразователь частоты (ПЧ) CUE	70
6.1. Интеллектуальный пользовательский интерфейс	70
6.2. Автоматический выбор направления вращения	71
6.3. Функция останова	71
6.4. Постоянное давление с функцией или без функции останова	71
6.5. Постоянный уровень с функцией или без функции останова	71

6.6. Защита от «сухого» хода	71
6.7. Контроль подшипников двигателя	71
6.8. Датчики	71
6.9. Дополнительные функции СUE	71
6.10. Возможности	72
6.11. Шлюзы	72
6.12. Преобразователи частоты без фильтров	72
6.13. Выходные фильтры	72
7. Частотно-регулируемый привод	73
7.1. Показания к установке выходных фильтров при работе насоса от ПЧ	73
7.2. Требование электромагнитной совместимости кабелей	74
7.3. Подшипниковые токи	74
8. Взаимодействие между устройствами внутри системы	74
9. Взаимодействие с внешними устройствами	74

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

1. Общие сведения	76
2. Круглые в плане КНС с производительностью одного насоса до 315 л/с	76
2.1. Квадратные и прямоугольные в плане канализационные насосные станции с производительностью до 315 л/с на насос	78
2.2. Расположение подводящего трубопровода КНС	79
2.3. Расстояние между всасывающим фланцем насоса и дном приемного резервуара	79
3. Уклон дна подземного резервуара	80
4. Необходимый объем резервуара	80
5. Приток	80
6. Производительность насоса	80
7. Частота пусков и эффективный объем резервуара	81
8. Расчет эффективного объема — параллельный режим работы	81
9. Расчет эффективного объема — попеременный режим работы	82
10. Диаметр колодца для круглых в плане КНС	82
11. Расстояние между уровнями пуска и останова круглых в плане КНС	82
12. Расстояние между уровнями пуска и останова в квадратных в плане КНС	83
13. Конструкция резервуара прямоугольных в плане КНС с тремя и более насосами	84
14. Объем приемного резервуара в КНС с общим количеством насосов больше трех	84
15. Насосные станции с отдельными напорными трубами	84
16. Расчет объема резервуара	86

17. Объем резервуара для четырех рабочих насосов и одного резервного	87
18. Последовательность циклов и объемы	88
19. Схема работы З	90
20. Наименьший уровень останова насоса	90
21. Насосные станции с общей напорной трубопроводной системой	90

ПОДБОР НАСОСОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КНС НАРУЖНЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

1. Общие сведения	94
2. Проектирование насосной станции Grundfos	95
2.1. Объемная геометрия	95
2.2. Приложение Grundfos Pit Creator	97
3. Общие сведения о больших насосных станциях	99
3.1. Подводящая камера	99
3.2. Подводящая труба	100
3.3. Конструкция КНС с погружными насосами в погружном исполнении	100
3.4. Нижний уровень воды	101
3.5. Выбор размеров резервуара	101
3.6. Габаритные размеры насосных станций	102
Пример 1	103
Пример 2	104
Пример 3	105
Пример 4	106
4. Насосные станции для насосов сухой установки	107
4.1. Насосы сухой установки и всасывающие трубы	107
4.2. Резервуар для насосов сухой установки	107

КОМПЛЕКТНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

1. Введение	112
2. Ассортимент продукции	112
2.1. Насосные станции PS.R.	112
2.2. Основные компоненты конструкции	113
2.3. Диаметр и глубина насосной станции PS.R.	113
2.4. Системы трубопроводов и камера переключения	114

3. Частота пусков	115
4. Объем резервуара	116
4.1. Пример расчета уровня пуска и останова	116
5. Насосные станции PS.G.	117
5.1. Модульные насосные станции	117
5.2. Основные компоненты конструкции	117
5.3. Крышки с люками	118
5.4. Крышки люков, разрешенные для установки на проезжей части	118
5.5. Шкафы управления	119
5.6. Площадки обслуживания	119
5.7. Трубопроводные системы и камера переключения	120
6. Камера переключения	121
6.1. Направление выпуска	121
7. Система трубопроводов	122
8. Подводящие патрубки, экраны и мусоросборочные корзины на входе	123
9. Приложение Конструктор КНС	124
10. Варианты насосных станций и трубопроводов	124
11. Габаритные размеры стандартных насосных станций	125
12. Габаритные размеры камеры переключения	126
13. Размеры фундаментной плиты	126
14. Анкерные болты	127
15. Армирование	128
16. Бетонные крышки	128
17. Прочие варианты насосных станций	128
18. Насосная система для четырех погружных насосов	130
19. Реконструкция изношенных бетонных насосных станций	131
20. Три способа обновления старой системы	132
20.1. Установка внутри старой станции	132
20.2. Байпасная установка	132
20.3. Погружная сухая установка	132
21. Преимущества	133

РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА

1. Общие сведения	136
2. Кривые рабочих характеристик	136
2.1. Стандартные кривые	136

3. Давление	137
3.1. Абсолютное и относительное давление	138
4. Напор	139
5. Мощность	140
6. Частота вращения	141
6.1. Гидравлическая мощность	141
7. КПД	142
8. Кривая системы	143
9. Статический напор	143
10. Динамический напор (потери на трение по длине и на местные сопротивления системы)	144
11. NPSH – допустимый положительный напор на входе в насос	144

ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ

1. Общие сведения	148
2. Система с одним насосом	148
3. Насосы, работающие параллельно	150
4. Насосы, работающие последовательно	151
5. Подбор погружного канализационного насоса	152
5.1. Напор насоса, H_p	152
5.2. Скорость в напорном трубопроводе	152
5.3. Построение характеристики системы	153
5.4. Статический напор, H_{geo}	153
5.5. Потери энергии	153
5.6. Потери на местные сопротивления, $H_{V,A}$	154
5.7. Потери на линейное трение в напорной трубе, $H_{V,R}$	154
5.8. Напор на напорном фланце, H_p	155
5.9. Суммарный напор H_{tot}	156
6. Насосы	157
7. Значения ζ для определения потерь в конкретном местном сопротивлении	158
8. Подбор канализационных насосов для сухой установки	160
8.1. Трубопроводная система	160
8.2. Расчет доступного NPSH	160
8.3. Определение доступного NPSH	161
8.4. Потери на трение во всасывающем трубопроводе H_{sf}	161
8.5. Потери на сопротивление на местные сопротивления $H_{V,A}$	161

8.6. Потери в прямом всасывающем трубопроводе	162
8.7. Потери на трение в напорных трубах внутри насосной станции	162
8.8. Потери на трение в напорных трубах за пределами насосной станции	163
9. Насосы	164
10. Рабочая точка для насосных станций, работающих в параллельном режиме	166
11. Сложные напорные трубопроводы	169
11.1. Скорость в сложном напорном трубопроводе	169
11.2. Определение напора в сложных напорных трубопроводах	170
11.3. Размер трубы и скорость потока	170
11.4. Выбор насоса	170
11.5. Подтверждающие измерения	170

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД

1. Управление насосами	172
2. Точка оптимального КПД	173
2.1. Законы подобия	173
2.2. Гидравлический КПД (насоса) остается неизменным, 82 %	174
3. Всасывающий и напорный трубопроводы	175
4. Гидроудар	176
5. Вибрации	176
6. Минимальная скорость	176

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

1. Общие сведения	178
2. Оценка	181
3. Особенности частотно-регулируемого привода	182
4. Потребители электроэнергии в насосной системе	182

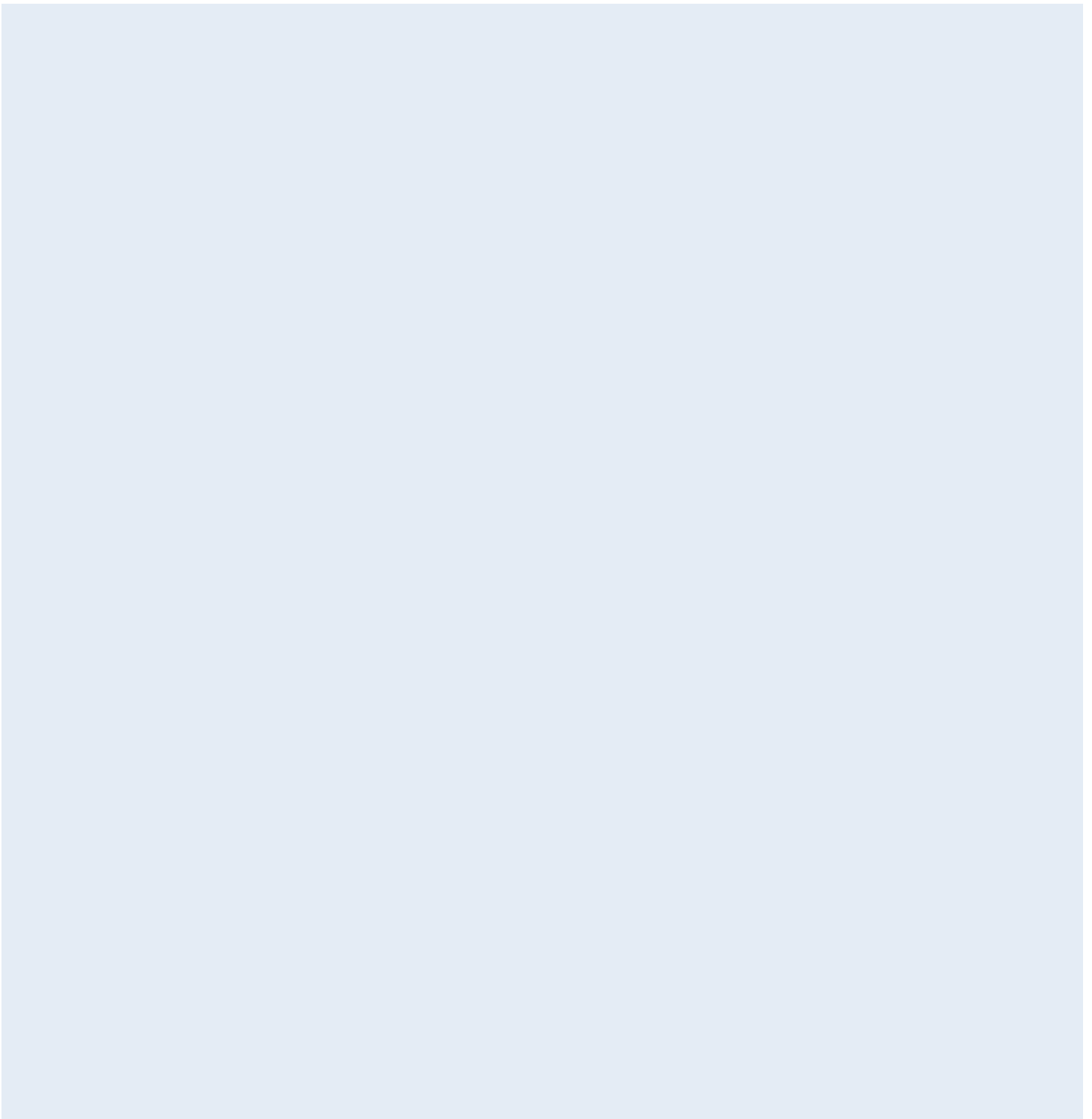
ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР

1. Общие сведения	186
2. Что такое гидроудар?	186
3. Пример гидравлического удара	187
4. Кинетическая энергия, преобразованная в энергию давления	188
5. Ударная волна	188

6. Волна давления при гидравлическом ударе	189
7. Защита от гидроудара	192
7.1. Активная защита	192
7.2. Пассивная защита	192
7.3. Автоматический клапан впуска и выпуска воздуха	192
7.4. Воздушная камера повышенного давления	193
7.5. Воздушная камера повышенного давления компрессорного типа	193
7.6. Мембранные уравнивательные баки	194
7.7. Маховик	194
7.8. Запорная арматура	195
7.9. Типовые обратные клапана	196
8. Скорость потока преобразуется в давление	197
9. Резкое перекрытие различных обратных клапанов	197
10. Моделирование и предупреждение удара в запорной арматуре	198
11. Стационарный и нестационарный режимы течения в трубе	199

ИСПЫТАНИЯ НАСОСОВ

1. Общие сведения	204
2. Характеристики испытательного стенда	205
3. Характеристики испытательного стенда погружных канализационных насосов серии S	205
4. Характеристики испытательного стенда для погружных осевых насосов серий KPL и KWM	206
5. Виброиспытание	206
6. Стенд для испытания NPSH	207
7. Критерии испытаний в соответствии с высочайшими требованиями стандартов	207
7.1. Описание критериев приемки	207
8. Стандарты испытаний	199
8.1. ISO 9906:2012 (Классы 1B, 2B и 3B)	109
8.2. ISO 2548 (Класс C)	211
8.3. ISO 3555 (Класс B)	211
8.4. ISO 2548 (Класс C) и ISO 3555 (Класс B)	211
9. Прочие стандарты испытаний	212
10. Допустимые отклонения фактической производительности	213
11. Приемо-сдаточные испытания	213
12. Протокол испытаний	214
13. Испытания по всему миру	215



[1]

КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ И ЛИВНЕВЫЕ СТОКИ

1. Сточные воды

Сточные воды — это пресные воды, качество которых изменено в результате использования в быту, в промышленности, в процессе коммерческой или сельскохозяйственной деятельности, поверхностные воды или атмосферные осадки, а также воды из канализационных коллекторов или инфильтрационные грунтовые воды. Системы, предназначенные для отведения канализационных и атмосферных сточных вод, описаны в отдельных разделах, чтобы гарантировать правильный выбор и монтаж насоса.



Рис. 1 Сточные воды, сливаемые непосредственно в приемную систему без обработки.

1.1. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ СТОКИ

Транспортировка бытовых сточных вод, также называемых канализационными, как правило, осуществляется в общесплавной или раздельной системах водоотведения с последующей обработкой на станции очистки сточных вод.

Канализационные стоки — это сточные воды, в состав которых входят хозяйственно-бытовые сточные воды, в том числе, стоки из санузлов. На практике, термин «канализация» используется применительно к любым видам сточных вод. Обработанные сточные воды поступают в водоприёмники через сточные трубопроводы. Очищенный сток — это обработанные сточные воды, которые поступают из водоочистой установки в приёмную систему, например реку, озеро или пруд, или обратно в канализационную систему или резервуар.



Рис. 2 Очищенные сточные воды, поступающие со станции очистки сточных вод в приемную систему.

Отведение сточных вод в местах, где нет централизованной канализационной системы, осуществляется с помощью локальных канализационных систем. Как правило, в состав локальной канализационной системы входит септик, дренаж и необязательный блок очистки.



Рис. 3 Септик для приема сточных вод из домашнего хозяйства.

1.2. АТМОСФЕРНЫЕ СТОЧНЫЕ ВОДЫ

Атмосферные сточные воды — это воды, возникшие в результате выпадения осадков или таяния снега. Они возникают во время выпадения осадков на дороги, проезжие части, парковки, крыши и тротуары, которые, как правило, не позволяют воде впитаться в землю. Ливневые воды — это основная причина разрушений в жилых районах, где нет системы сбора осадков, таких как накопительные резервуары или пруды-отстойники.

Во многих странах перед подачей в приемные системы осуществляется сбор и перекачивание сточных вод в водоочистные установки.

Первый смыв, возникающий после ливня — это первичный сток. На этом этапе загрязненная вода поступает в ливневую канализацию в местах с большой площадью непроницаемых поверхностей, и, как правило, концентрация загрязнений в ней выше в сравнении с водой, поступающей в дальнейшем.

Следовательно, высокая концентрация загрязнений дождевых сточных вод приводит к попаданию большого количества загрязнений из ливневой канализации в поверхностные воды.

Атмосферные осадки или вода, возникшая в результате таяния снега, которая «течет» по поверхности и не просачивается в землю, как правило, попадает в ближайший ручей, приток, реку, озеро или океан. Такой сток в любом случае не очищается.

Сток загрязнен там, где загрязнения попадают в поверхностные воды во время выпадения осадков. Ежедневная деятельность человека приводит к отложению загрязнений на дорогах, газонах, крышах, полях и пр. Во время дождя вода скапливается и, наконец, находит дорогу к реке, озеру или океану. При некотором снижении количества загрязнений перед попаданием сточных вод в приемные системы интенсивность деятельности человека приводит к возникновению достаточно большого объема загрязнений, которые делают воду приемной системы опасной.



Рис. 4 Ливневые воды на дороге в поселке после обильных осадков.

2. Накопительные резервуары

Накопительные резервуары используются для управления стоком атмосферных сточных вод для предотвращения затопления и разрушений потоком воды, а также повышения качества воды в ближайшей реке, ручье, озере или водоеме. Пруд — это искусственный водоем, окруженный растительностью, который постоянно заполнен водой.

Как правило, ливневая вода поступает в накопительный резервуар по системе ливневой канализации улицы и/или парковки, а также по сети дренажных каналов или подземных трубопро-

водов. Резервуары рассчитаны на сравнительно большой объем воды, но приток в приемные системы ограничен выпускными конструкциями, которые работают только во время обильных осадков.

Берега прудов-отстойников часто засажены травой, кустарниками и/или болотными растениями для укрепления почвы на берегах и обеспечения внешней привлекательности. Кроме того, растительность предназначена для повышения качества воды путем поглощения из нее растворимых питательных веществ.



Рис. 5 Водохранилище для сбора ливневой воды и предотвращения затопления дороги после обильного выпадения осадков.

3. Пруды

Пруд — это искусственное углубление, устроенное вблизи притоков рек, ручьев, озер или водоемов, для защиты от затопления и в некоторых случаях от разрушений потоком воды, путем сохранения воды в течение ограниченного периода времени. Эти пруды также называются «сухими прудами», «отстойниками» или «сухими резервуарами-накопителями», если вода в них находится не постоянно. Некоторые резервуары-накопители также являются «мокрыми прудами», т.к. они предназначены для постоянного хранения некоторого объема воды. В базовом варианте накопительный резервуар используется для управления количеством воды при ограниченной эффективности защиты качества воды, если вода в нем хранится не постоянно.

Накопительные резервуары предназначены для общей защиты от затоплений, а также могут быть эффективными в случае сильных наводнений, такие случаются один раз в сто лет. Как правило, устройство накопителей осуществляется в процессе инженерной подготовки территорий, включая строительство жилых районов или торговых центров. Пруды помогают управлять избытком сточных вод, которые поступает с вновь устроенных непроницаемых поверхностей, таких как дороги, парковки и крыши.

Накопительный резервуар позволяет принять большие объемы воды, но выпуск из резервуара ограничен отводящим каналом небольшого диаметра, расположенным в нижней точке накопителя. Размер этого канала определяется пропускной способностью подземного и выпускного трубопроводов и заслонок, предназначенных для отвода воды.

Зачастую зона отведения выстраивается так, чтобы защитить конструкцию от определенных видов повреждений. Бетонные блоки на входе водосбросов устанавливаются со сдвигом относительно друг друга для снижения скорости притока паводковой воды. Также в таких конструкциях могут быть предусмотрены специальные камеры для сбора крупных фрагментов породы. Камеры представляют собой углубления, устроенные ниже входа в сооружение. Отверстия достаточно широкие, чтобы пропустить внутрь крупные фрагменты породы и другой мусор и предотвратить разрушение остальной части сооружения. Эти камеры необходимо очищать после каждого ливня.



Рис. 6 Пруд-накопитель с каналом в нижней точке для ограничения выходящего потока.

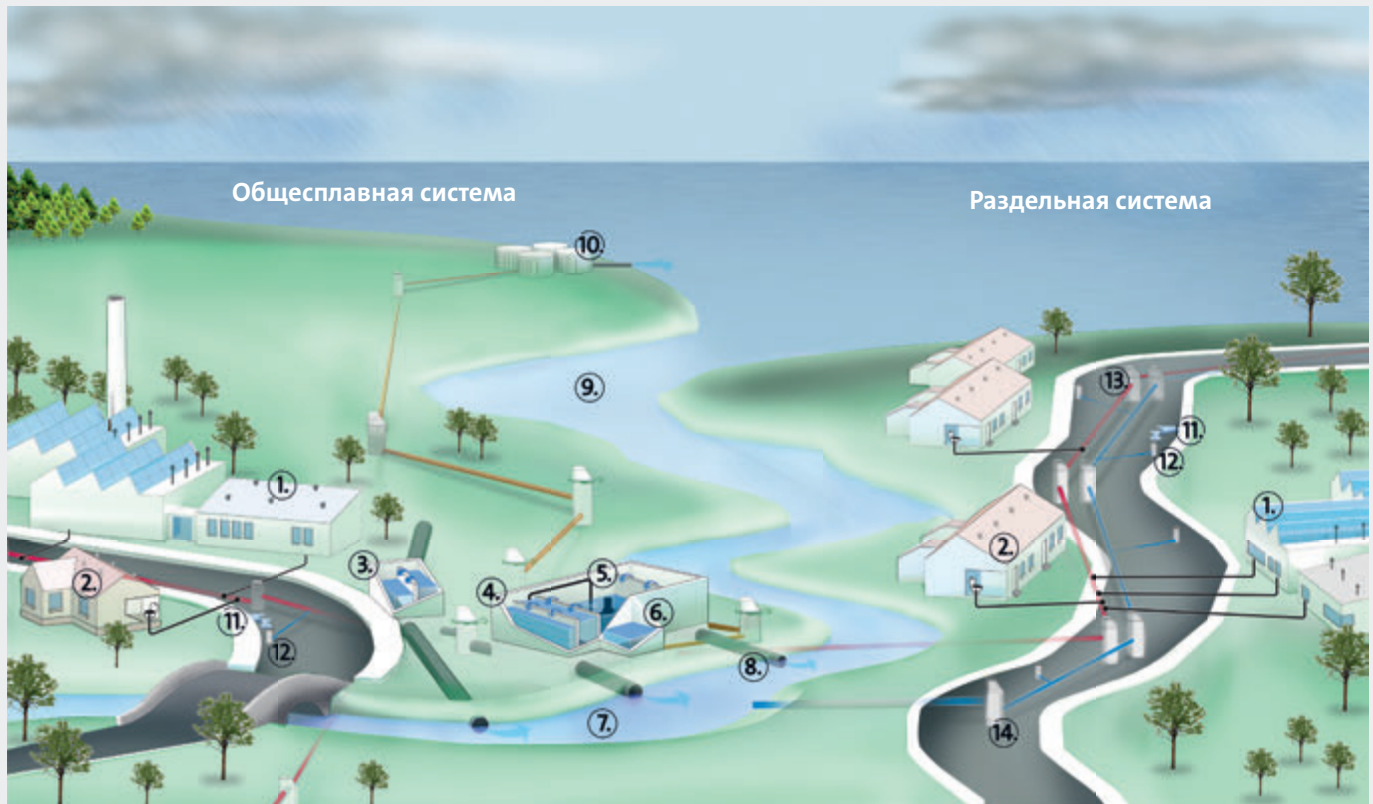
3.1. НАКОПИТЕЛЬНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ В КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Канализационная сеть может быть как общесплавной, так и отдельной системой, как показано на рис. 7. Последняя не представляет интереса для настоящего документа, т.к. атмосферные сточные воды из этой системы зачастую направляются непосредственно в приемную систему или в накопительные водоемы, как показано выше. Однако атмосферные сточные воды из общесплавной канализационной системы являются более сложной проблемой для приемных систем с точки зрения охраны окружающей среды, эстетики и гигиены, поскольку общесплавная канализация переполняется неочищенными канализационными водами, т.к. системы не рассчитаны на большие объемы воды.

Если необработанные сточные воды возвращаются в общесплавную канализационную систему, это может привести к возникновению обратного потока в здания и подвалы, например, через туалеты и дренаж, и, как следствие, к материальному ущербу. Здесь озабоченность вызывают возможные экономические потери для домашних хозяйств, организаций и общественных зданий из-за повреждения зданий и собственности, находящейся внутри зданий, а также затрат на уборку.

В настоящее время этим проблемам уделяется большое внимание, в том числе, во многих странах разработаны законодательные требования к откачиванию воды из общесплавных систем водоотведения.

На общем уровне такое повышенное внимание может быть заметно по усилиям, предпринимаемым для предотвращения и снижения степени загрязнения воды, обеспечения рационального использования воды, защиты водной среды, повышения статуса водных экосистем и смягчения последствий наводнений.



1. Производственные сточные воды
2. Хозяйственно-бытовые сточные воды
3. Общесплавная система водоотведения
4. Накопительный резервуар общесплавной системы водоотведения
5. Насос для опорожнения резервуара
6. Управление потоком
7. Аварийный сброс
8. Перелив clarификатора
9. Приемник очищенных сточных вод
10. Водоочистные сооружения
11. Запорно-предохранительное устройство на системе хозяйственно-бытовой канализации, против подтопления её во время ливня
12. Ливневый коллектор
13. Коллектор хозяйственно-бытовых сточных вод
14. Ливневая канализация

Рис. 7 В общесплавных системах отвод сточных вод различных типов осуществляется единой отводящей сетью, тогда как раздельная система водоотведения имеет несколько водоотводящих сетей, каждая из которых предназначена для отведения сточных вод определенного вида.

3.2. НАКОПИТЕЛЬНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ ЯВЛЯЮТСЯ ЭФФЕКТИВНЫМ РЕШЕНИЕМ

Накопительные резервуары в общесплавных системах являются эффективным способом снижения пиковой нагрузки и выравнивания потоков ливневых вод в канализационной системе. Правильное расположение накопительных резервуаров предполагает оптимальное использование существующей канализационной системы, позволяет гибко управлять потоками ливневых стоков и, в конечном счете, экономить затраты на инфраструктуру.

Накопительные резервуары — это экономически эффективное решение, поскольку канализационные трубопроводы уже построены и, как правило, рассчитаны на продолжительный срок службы, а замена труб в городской среде является не только дорогим, но и трудоемким процессом.

Накопительные резервуары можно сравнительно легко адаптировать к канализационной системе, и разгрузка общесплавной системы водоотведения во время обильного выпадения осадков осуществляется путем направления избыточных атмосферных сточных вод в накопительный резервуар для временного хранения (см. Рис. 8 и Рис. 9).



Рис. 8 Общесплавная система водоотведения с интегрированным накопительным резервуаром в сухую погоду.



Рис. 9 Общесплавная система водоотведения с интегрированным накопительным резервуаром во время выпадения осадков.

3.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И АВТОНОМНОЕ НАКОПЛЕНИЕ

Накопительные резервуары классифицируются по способу подключения к канализационной системе. Для резервуаров-накопителей, соединенных последовательно в систему транспортировки, используется термин «усреднительный резервуар». Водохранилища, соединенные с канализационной системой параллельно, характеризуются термином «хранилище» или «накопитель», как показано на Рис. 10.

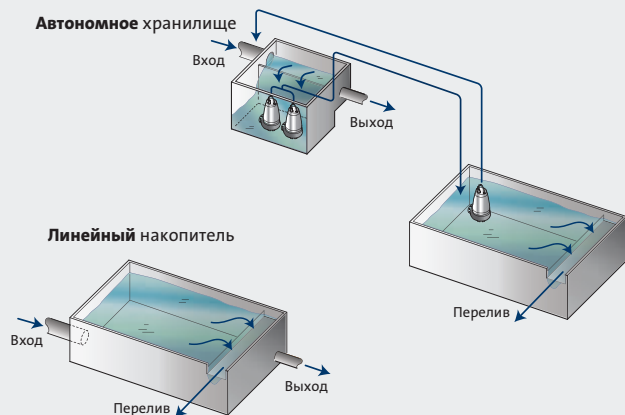


Рис. 10 Иллюстрация автономного хранилища и линейного накопителя.

Автономное хранилище соединяется с канализационной трубой параллельно, и, поскольку в сухую погоду поток направляется в обход бака хранения, накопитель при отсутствии осадков остается пустым. В случае превышения установленного объема потока в первую очередь заполняется автономное хранилище и поток из транспортной системы направляется в бак накопления путем перекачивания или под воздействием собственного веса. Накопленная вода находится в баке до тех пор, пока далее по течению не появится достаточная производительность или очистные мощности, и воду можно будет откачать обратно.

В случае линейного накопителя потоки как в сухую погоду, так и в дождливую погоду направляются через бак. Выпускной патрубков линейных баков накопления меньше впускного, поэтому поток проходит через бак без задержки до тех пор, пока объем притока не превысит объем выходного потока. Затем избыток поступившей воды сохраняется в баке до снижения объема притока, и опорожнение бака осуществляется через выпускной канал.

Вместе с поступающей ливневой водой в накопитель поступают органические и неорганические материалы. Это могут быть крупные загрязнения, такие как мелкие частицы, растительность и мусор, или микрозагрязнения, такие как питательные элементы, бактерии, тяжелые металлы и химические вещества. Все эти материалы вместе называются суммарной концентрацией твердых материалов (TS), которые могут состоять из взвешенных (TSS) и растворимых (TDS) фракций. В процессе накопления поступивший вместе с ливневой водой материал осаждается на дне бака. Осаждаются только взвешенные твердые частицы, тогда как остальные материалы остаются в виде суспензии (см. Рис. 11).

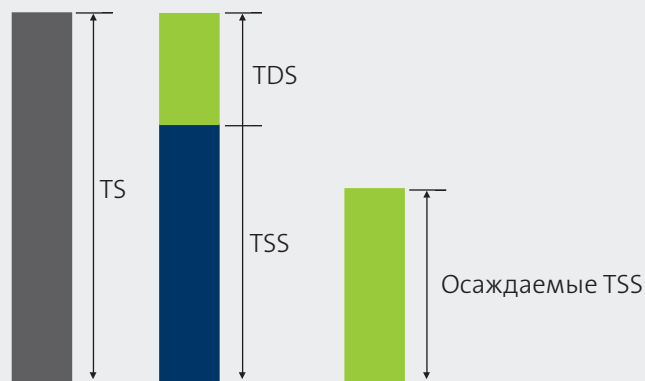


Рис. 11 Схема распределения суммарной концентрации твердых материалов (TS), которые способны осаждаться (осаждаемые TSS) в накопителе во время удержания воды.

3.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ

Если накопленная вода поступает непосредственно в канализационную систему, большая часть осадочного материала остается в баке, где происходит его накопление. Твердые отложения трудно удалить из бака даже при помощи оборудования высокого давления, и эти отложения отнимают полезное пространство. Твердые отложения также портят внешний вид бака и затрудняют обслуживание. Кроме того, анаэробное разложение органических материалов в результате биологической активности вызывает неприятный запах и выделение токсичных газов внутри накопителя.

В скопившемся осадке часто находятся различные ядовитые соединения, поглощенные органическими отложениями, а также разнообразные патогенные бактерии. Поэтому ручная чистка во время эксплуатации резервуара является трудоемким процессом и должна быть исключена. Вместо этого необходимо применять эффективную автоматически управляемую систему очистки накопительного резервуара.

В большинстве случаев дно резервуаров плоское, что не способствует самоочистке, поэтому для них требуется специальное оборудование. Для автоматической очистки таких резервуаров существует оборудование различных типов, например, механические донные грязесъемники, а также системы однократной или непрерывной промывки.

Механические грязесъемники располагаются на расстоянии от дна резервуара, поэтому часть материала остается на поверхности, из-за чего возникает неприятный запах. Такая система непригодна для накопительных резервуаров, опорожнение которых осуществляется в сухую погоду. В сравнении с системами однократной промывки системы непрерывной промывки обладают преимуществом, так как они выполняют цикл промывки до тех пор, пока все отложения не будут удалены из бака.

Гибкая и автоматизированная очистка осуществляется с помощью системы непрерывной промывки RainJets. Оборудование такого типа можно легко настроить для эксплуатации в большинстве баков накопителей. Установки Grundfos RainJets поставляются в двух исполнениях: эжектор вода/вода (RainJet WW) и эжектор вода/воздух (RainJet WA). Установке RainJet не требуется внешний источник чистой воды для очистки, так как в ней используется вода, находящаяся в баке. Это полностью исключает возможные проблемы с попаданием грязной воды в систему питьевого водоснабжения.

Чтобы гарантировать эффективную автоматическую очистку накопительного резервуара, важно его правильное проектирование в части подбора и расположения оборудования, геометрии резервуара и органов управления насосами.

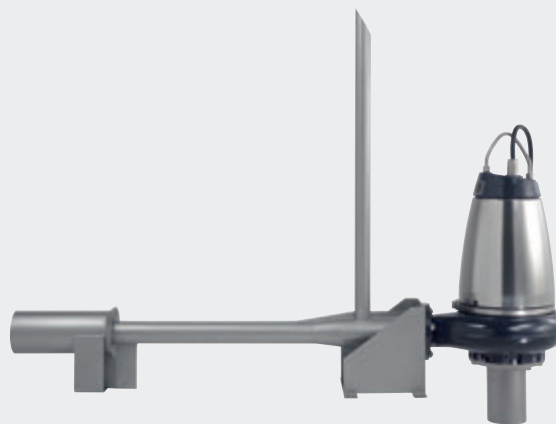


Рис. 12 Установка Grundfos RainJet WA с расширенным диапазоном действия и с возможностью смешивания с воздухом.

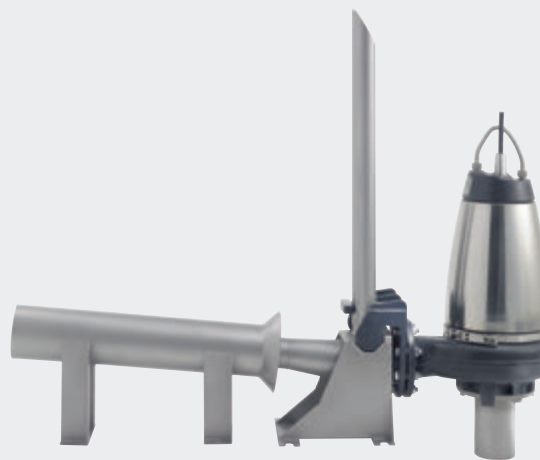


Рис. 13 Установка Grundfos RainJet WW с большим расходом для резервуаров больших объемов.

Пруды-накопители в автономных канализационных системах необходимы во время дождей для ограничения риска затопления и в то же время для уменьшения утечки загрязнений путем оптимизации процесса осаждения. Гранулометрический состав твердых отложений на дне пруда и твердых материалов в седиментационных ловушках близок к составу твердой взвеси, находящейся в ливневой воде. Распределение зависит от продолжительности затопления. Нагрузки загрязнений значительны, но концентрация углеводородов и тяжелых металлов ниже, чем концентрация в отложениях прудов-накопителей, входящих в состав общесплавной системы водоотведения.

4. Общесплавная или раздельная системы водоотведения

Какова оптимальная система водоотведения, позволяющая с минимальными затратами свести к минимуму загрязнение приемной системы? Этот вопрос обсуждается с момента возникновения системы городской канализации. Существует два традиционных решения: общесплавная и раздельная системы водоотведения (Рис. 7 выше). Эти типы лежат в основе большинства современных канализационных систем по всему миру. В последней трети двадцатого столетия в промышленно развитых странах вместе с совершенствованием очистки сточных вод значительно повысилось качество воды в реках. За последние годы разработано несколько модифицированных дренажных систем с целью недопущения попадания слабозагрязненной воды в канализационные системы при помощи более совершенных технологий управления, например локальное фильтрование, контроль источника загрязнений и т.д. Однако, в промышленно развитых странах и не только существует общий глобальный тренд, на применение раздельных систем. Например, в США в 1972 году принят Закон о чистой воде, в котором рекомендуется применение раздельных систем водоотведения. Общесплавные системы считаются источником загрязнений и представляют опасность для здоровья населения.

Из более чем 80 миллионов жителей Германии приблизительно две трети обслуживаются классическими общесплавными системами водоотведения. За последние годы построено приблизительно 24 000 резервуаров общесплавных канализационных систем. В других странах мы наблюдаем увеличение количества раздельных систем.



[2]

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

1. Общие сведения

Люди с давних пор искали технические средства для забора и транспортировки воды для орошения полей и для заполнения рвов, окружавших города и крепости.

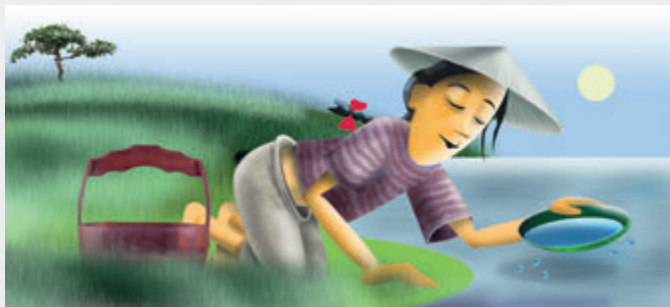


Рис. 1 Простейший инструмент забора воды — чашка в руках человека.

Поэтому нашим предкам в голову быстро пришла идея сделать черпалку из глиняных сосудов. Это был первый шаг в направлении изобретения ковша. При помощи нескольких ковшей, прикрепленных к цепи или колесу, используя физическую силу людей или животных, можно привести черпалку в движение и поднять воду.

В Египте или Китае ковшовые транспортеры такого типа использовались примерно с 1 000 года до нашей эры.



Рис. 2 Ковшовый транспортер.

Яков Леопольд (1674—1727 гг.) усовершенствовал эту конструкцию в 1724 году, построив колесо из изогнутых труб. Во время поворота колеса усилие воздействует на ось колеса. Течение воды в реке также можно использовать в качестве привода такой подъемной установки.



Рис. 3 Водяное колесо — это механическое устройство, преобразования энергии свободного течения или падения воды в полезную энергию, как правило, для приведения в действие водяной мельницы. Конструкция состоит из большого деревянного или металлического колеса, нескольких лопастей или ковшей, установленных по внешнему периметру колеса и образующих приводную поверхность.

2. Архимедов винт

Архимед (287—212 гг. до н.э.), величайший античный математик и ученый, описал винт, который позже в 250 году до н.э. назвали его именем. Поднятие воды осуществлялось путем вращения спирального шнека, установленного внутри трубы. Однако часть воды всегда стекала обратно, так как эффективного уплотнения не существовало.

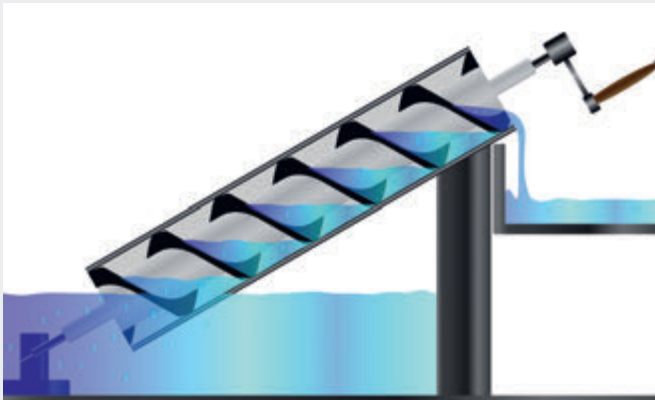


Рис. 4 Архимедов винт.

Главное, что была выявлена взаимосвязь между наклоном шнека и расходом. В процессе работы стали выбирать между величиной расхода или напора. Чем круче наклон винта, тем выше напор, но ниже расход.

Принцип работы сильно напоминает современные центробежные насосы. Кривая характеристики насоса, которая, естественно, тогда не была известна, показывает аналогичную взаимосвязь между напором и расходом.

Информация, собранная из различных исторических источников, показывает, что оптимальный угол наклона таких шнековых насосов находился в диапазоне между 37° и 45° . Напор, создаваемый ими, находился в диапазоне от 2 до 6 м при максимальном расходе приблизительно $10 \text{ м}^3/\text{час}$.

2.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АРХИМЕДОВА ВИНТА

Немного изменилось в оригинальной конструкции шнекового насоса, они практически остались такими же, какими были в древние времена. Изначально Архимедовы винты изготавливались из дерева, но постепенно дерево было заменено металлом. Современные шнековые насосы изготавливаются исключительно из металла.

Система полива — хороший пример механизма шнекового насоса с применением Архимедова винта. Также насосы на базе Архимедова винта применяются для перекачки других жидкостей. В водоочистных сооружениях используются шнековые насосы, установленные в заборных насосных станциях для подачи сточных вод с твердыми примесями в систему очистки.



Рис. 5 Три насоса с Архимедовыми винтами в заборной насосной станции очистных сооружений.

3. Теория центробежных насосов

В данном разделе приведено описание компонентов центробежного насоса и модельного ряда насосов, которые производит компания Grundfos. Приведено общее описание принципов работы центробежного насоса и терминологии, используемой в сфере насосного оборудования. Центробежный насос — наиболее часто используемый тип насосов в мире.

Принцип работы прост, подробно описан и тщательно изучен. Насос такого типа надежен, эффективен и сравнительно недорог в производстве. Существует широкий выбор исполнений, построенных на основе одинаковых гидравлических компонентов.

3.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Во время работы насоса создается повышенное давление, которое вытесняет жидкость в напорный трубопровод. Разность давлений заставляет жидкость перемещаться по системе или установке. Повышение давления возникает благодаря передаче механической энергии от двигателя жидкости через вращающееся рабочее колесо.

Жидкость протекает от всасывающего патрубка через лопаточное пространство рабочего колеса на вход вдоль лопастей рабочего колеса. Тем самым, центробежные силы повышают скорость жидкости, и, как следствие, кинетическая энергия преобразуется в давление.

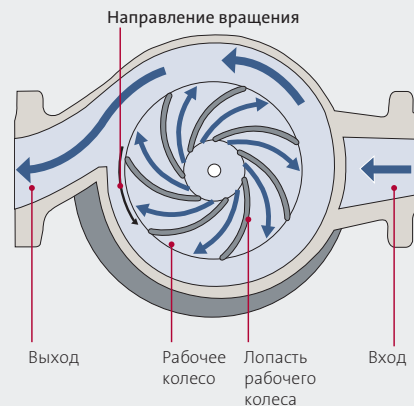
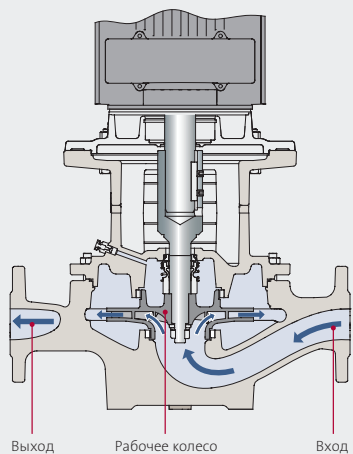


Рис. 6 Компоненты проточной части центробежного насоса и поток жидкости.



Жидкость, достигающая в канале точки A, создает больше энергии, чем жидкость, достигающая точки B.

3.2. КОМПОНЕНТЫ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ

Принципы работы компонентов проточной части являются общими для большинства центробежных насосов. Компоненты проточной части — это детали, находящиеся в соприкосновении с жидкостью.

На Рисунке 6 показаны компоненты проточной части одноступенчатого насоса типа «ин-лайн». Далее описаны компоненты в порядке расположения от фланца всасывающего патрубка до фланца напорного патрубка.

3.3. ФЛАНЕЦ ВСАСЫВАЮЩЕГО ПАТРУБКА И ВХОД В НАСОС

Монтаж насоса обычно осуществляется в трубопроводной системе с использованием фланцев на входе и выходе проточной части насоса. На погружных канализационных насосах фланцы на входе не устанавливаются, поскольку насос погружен в жидкость. Фланец на выходе погружного канализационного насоса, как правило, соединяется с трубопроводной системой при помощи автоматической трубной муфты.

Фланец на входе предназначен для направления жидкости в лопаточное пространство рабочего колеса. Конструкция всасывающего патрубка зависит от типа насоса. Существует четыре основных типа конструкций всаса: «ин-лайн», консольный, двустороннего входа и погружной насос одностороннего всасывания. Насосы типа «ин-лайн» предназначены для установки на прямом трубопроводе, поэтому для них используется термин «ин-лайн».

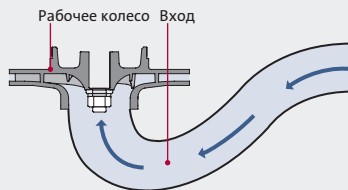


Рис. 7 Насос «ин-лайн».

Консольные насосы снабжены очень короткими и прямыми впускными секциями, поскольку лопаточное пространство рабочего колеса является продолжением фланца всасывающего патрубка.

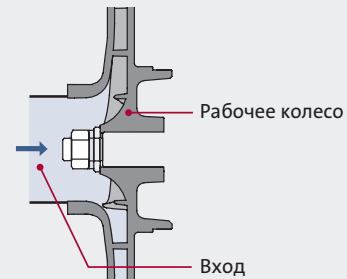


Рис. 8 Консольный насос.

Рабочее колесо насосов двустороннего входа, также называемых насосами с разъемным корпусом, снабжено двумя лопаточными пространствами. Всасывающий патрубок разделяется на две половины, жидкость поступает из всасывающего патрубка в оба лопаточных пространства рабочего колеса. Такая конструкция сводит к минимуму продольное усилие.

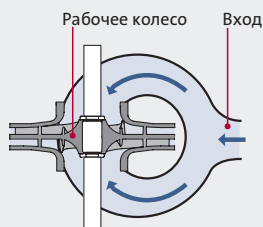


Рис. 9 Насос двустороннего входа (насос с разъемным корпусом).

В погружных многоступенчатых насосах двигатель располагается ниже проточной части, а всасывающий патрубок находится в средней части насоса. Такая конструкция позволяет предотвратить гидравлические потери, связанные с транспортировкой жидкости вдоль двигателя. Кроме того, вода, окружающая двигатель, отводит тепло от погружного двигателя.

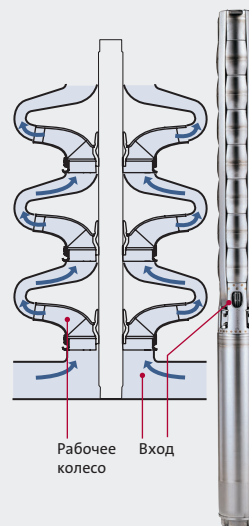


Рис. 10 Погружной многоступенчатый насос.

В погружных канализационных насосах двигатель и проточная часть соединены напрямую. Двигатель снабжен удлиненным валом ротора для обеспечения дополнительного пространства для устройства промежуточной масляной камеры с уплотнением вала.



Рис. 11 Погружной канализационный насос.

3.4. РАБОЧЕЕ КОЛЕСО

Энергия от вращающихся лопаток рабочего колеса передается жидкости, тем самым повышается ее давление и скорость. Жидкость поступает в рабочее колесо через лопаточное пространство, затем через каналы рабочего колеса, формируемые лопатками, между кожухом и ступицей.

Конструкция рабочего колеса зависит от требований давления, расхода и сферы применения. Рабочее колесо — это основной компонент, определяющий производительность насоса. Зачастую выбор вариантов производительности насоса осуществляется путем выбора модификации рабочего колеса.

Способность рабочего колеса повышать давление и создавать поток зависит, в основном, от того, как двигается жидкость через рабочее колесо: в радиальном направлении или продольно.

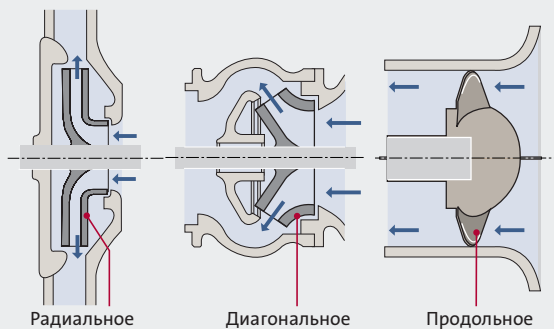


Рис. 12 Радиальное, диагональное и продольное рабочие колеса.

В радиальном рабочем колесе диаметр входа сильно отличается от габаритного диаметра колеса, и в свою очередь габаритный диаметр сильно отличается от ширины канала (расстояние между крайними лопатками на выходе из колеса), которая определяет высоту канала на выходе рабочего колеса. В такой конструкции центробежными силами создается высокий напор, но низкий расход.

Рабочее колесо осевых насосов обеспечивает создание сравнительно низкого давления, но высокого расхода из-за отсутствия изменений в радиальном направлении и большой ширины выпуска.



Рис. 13 Осевой насос Grundfos.

Диагональные рабочие колеса используются, если нужен компромисс между напором и расходом.

Рабочее колесо снабжено несколькими лопатками; количество, в основном, зависит от необходимой производительности и требований по шуму, а также от количества и размера твердых частиц, содержащихся в жидкости.



Рис. 14 Вертикальный турбинный насос Grundfos с диагональными рабочими колесами.

Рабочие колеса с количеством каналов от 5 до 10 зарекомендовали себя как наилучшие для достижения максимального КПД во время перекачивания жидкости, не содержащей твердых частиц. Одно-, двух-, трех- и четырехканальные рабочие колеса, предназначенные для перекачивания сточных вод, снабжены специальными передними кромками для сведения к минимуму опасности блокировки рабочего колеса. Выбор рабочего колеса зависит от необходимого расхода и давления.

Одно-, двух-, трех- и четырехканальные рабочие колеса могут справиться с различными твердыми примесями благодаря размеру свободного прохода от 75 до 230 мм.



Рис. 15 Погружной канализационный насос Grundfos с рабочим колесом S-tube®; закрытое одноканальное рабочее колесо.



Закрытое одноканальное рабочее колесо для расхода до 100 л/с и напора до 65 м.



Закрытые двух-, трех- и четырехканальные рабочие колеса для расхода до 1900 л/с и напора до 118 м.

Рабочие колеса, имеющие открытые лопатки с одной стороны, называются открытыми. Закрытые колеса – колеса, лопатки которых закрыты диском с обеих сторон. Открытые рабочие колеса используются там, где необходима очистка рабочего колеса, и там, где существует опасность блокировки.

Вихревой насос с открытым рабочим колесом является предпочтительным решением для перекачки сточных вод, содержащих длинные волокна или насыщенный газами ил при ограниченном риске заклинивания и блокировки рабочего колеса.

В насосе такого типа рабочим колесом создается поток, напоминающий вихрь торнадо, образующийся ниже рабочего колеса, и в таком виде осуществляется подача жидкости, содержащей твердые примеси. При этом, нет контакта волокон или твердых веществ с рабочим колесом.


Вихревой насос обладает более низким КПД в сравнении с насосами с канальными рабочими колесами.



Рис. 16 Погружной канализационный насос Grundfos с рабочим колесом SuperVortex.



[3]



**НАСОСЫ,
ТЕХНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ
И МОНТАЖ**

1. Насос для перекачивания бытовых, производственных и атмосферных сточных вод

Канализационные воды содержат все, что может попасть в сточные воды, включая дренажные воды и очищенные сточные воды из общесплавной системы.

Канализационные воды можно определить как неочищенные сточные воды с отходами из санузлов общественных зданий, гостиниц, больниц, учреждений, мест отдыха и т.п.

В атмосферных сточных водах содержится все, что попадает в дренажные системы дорог, проездов, парковок и других участков с твердым покрытием, поэтому для надежной работы насосы должны быть снабжены рабочими колесами со свободными проходами или проточной частью диаметром не менее 80 мм (3 дюймов).

1.1. НАСОСЫ СЕРИИ SLV И SEV, 50 ГЦ

Технические данные

Обмотки двигателей: 2-, 4-полюсные

Класс изоляции: Н (180 °С)

Класс повышения температуры: А 60 °С и В 80 °С, 105 °С

Степень защиты: IP68

Диапазон мощности электродвигателей: от 1,1 до 26,5 кВт

Макс. напор: 71 м

Макс. расход: 50 л/с

Температура жидкости: от 0 до 40 °С

Размер напорного патрубка: DN80, DN100

Тип рабочего колеса: SuperVortex

Свободный проход: от 80 до 100 мм

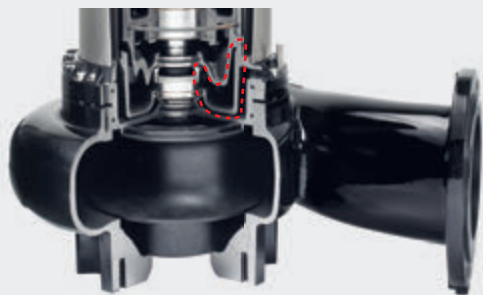


Рис. 1 Свободный проход в рабочем колесе для насосов с одноканальным или многоканальным рабочим колесом.

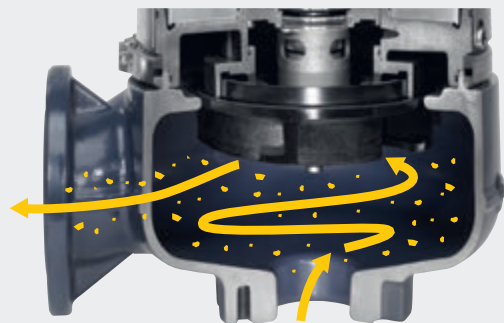


Рис. 2 Свободный проход в проточной части для насосов с рабочим колесом SuperVortex.



1.2. НАСОСЫ СЕРИИ SL1 И SE1, 50 ГЦ

Технические данные

Обмотки двигателей: 2-, 4-, 6-полюсные

Класс изоляции: H (180 °C)

Класс повышения температуры: A и B (105 °C)

Степень защиты: IP68

Диапазон мощности электродвигателей: от 1,5 до 26,5 кВт

Макс. напор: 53 м

Макс. расход: 280 л/с

Температура жидкости: от 0 до 40 °C

Размер напорного патрубка: DN80, DN100, DN150, DN200, DN300

Тип рабочего колеса: S-tube 1- и 2-канальные

Свободный проход: от 75 до 125 мм



1.3. НАСОСЫ СЕРИИ S62, 50 ГЦ

Технические данные

Обмотки двигателей: 4-, 8-, 12-полюсные

Класс изоляции: F (155 °C)

Класс повышения температуры: F (105 °C)

Степень защиты: IP68

Диапазон мощности электродвигателей: от 15 до 50 кВт

Макс. напор: 67 м

Макс. расход: 415 л/с

Температура жидкости: от 0 до 40 °C

Размер напорного патрубка: DN125, DN200, DN300

Тип рабочего колеса: 1-, 2- и 3-канальные

Свободный проход: от 80 до 145 мм



1.4. НАСОСЫ СЕРИИ S66, 50 ГЦ

Технические данные

Обмотки двигателей: 4-, 8-, 10-полюсные

Класс изоляции: F (155 °C)

Класс повышения температуры: F (105 °C)

Степень защиты: IP68

Диапазон мощности электродвигателей: от 22 до 65 кВт

Макс. напор: 66 м

Макс. расход: 840 л/с

Температура жидкости: от 0 до 40 °C

Размер напорного патрубка: DN200, DN250, DN300, DN500, DN600

Тип рабочего колеса: 1-, 2- и 3-канальные

Свободный проход: от 100 до 140 мм



1.5. НАСОСЫ СЕРИИ S70, 50 ГЦ

Технические данные

Обмотки двигателей: 4-, 6-, 8-полюсные

Класс изоляции: F (155 °C)

Класс повышения температуры: F (105 °C)

Степень защиты: IP68

Диапазон мощности электродвигателей: от 65 до 160 кВт

Макс. напор: 94 м

Макс. расход: 1 070 л/с

Температура жидкости: от 0 до 40 °C

Размер напорного патрубка: DN200, DN250, DN300, DN500, DN600

Тип рабочего колеса: 1-, 2- и 3-канальные

Свободный проход: от 90 до 120 мм



1.6. НАСОСЫ СЕРИИ S72, 50 ГЦ

Технические данные

Обмотки двигателей: 4-, 6-, 8-, 10-полюсные

Класс изоляции: F (155 °C)

Класс повышения температуры: F (105 °C)

Степень защиты: IP68

Диапазон мощности электродвигателей: от 125 до 225 кВт

Макс. напор: 93 м

Макс. расход: 1300 л/с

Температура жидкости: от 0 до 40 °C

Размер напорного патрубка: DN250, DN300, DN500, DN600

Тип рабочего колеса: 2- и 3-канальные

Свободный проход: от 90 до 130 мм



1.7. НАСОСЫ СЕРИИ S74, 50 ГЦ

Технические данные

Обмотки двигателей: 4-, 6-, 8-полюсные

Класс изоляции: F (155 °C)

Класс повышения температуры: F (105 °C)

Степень защиты: IP68

Диапазон мощности электродвигателей: от 200 до 315 кВт

Макс. напор: 117 м

Макс. расход: 1550 л/с

Температура жидкости: от 0 до 40 °C

Размер напорного патрубка: DN300, DN500, DN600

Тип рабочего колеса: 2- и 3-канальные

Свободный проход: от 90 до 135 мм



1.8. НАСОСЫ СЕРИИ S78, 50 ГЦ

Технические данные

Обмотки двигателей: 8-, 10-, 12-полюсные

Класс изоляции: F (155 °C)

Класс повышения температуры: F (105 °C)

Степень защиты: IP68

Диапазон мощности электродвигателей: от 130 до 520 кВт

Макс. напор: 72 м

Макс. расход: 1880 л/с

Температура жидкости: от 0 до 40 °C

Размер напорного патрубка: DN500, DN600

Тип рабочего колеса: 3- и 4-канальные

Свободный проход: от 115 до 145 мм



2. Взрывозащищенные насосы

2.1. НАСОСЫ ДЛЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЗРЫВООПАСНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (ЕВРОПА)

Класс взрывозащиты насосов в стандартном исполнении — Ex с d IIB T3. По запросу возможна поставка насосов с классом взрывозащиты Ex d IIB T4.

Для управления насосом при помощи преобразователя частоты требуется температурный класс T3.

Классификацию и монтаж взрывозащищенного оборудования всегда необходимо согласовывать с соответствующими надзорными органами.

2.2. НАСОСЫ ДЛЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЗРЫВООПАСНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (США)

Организацией FM взрывозащищенные насосы относятся к классам FM3600, FM3615 и FM3615.80.

Обоснование сертификации FM

Взрывозащищенные насосы относятся к классу I, Разделу 1, Группам C и D, T4, T3, IP68

Стандарт	Код	Описание
FM3600 FM3615 FM3615.80	Класс I	Взрывоопасная атмосфера возникает из-за скопления газов или паров.
	Раздел 1	Классификация зоны
	Группы C и D	Классификация газов
	T4/T3	Максимальная температура поверхности — 275 °F (135 °C) и 392 °F (200 °C)
	IP68	Степень защиты в соответствии с требованиями IEC60529

3. Типы монтажа насосов SL, SE и S

Монтаж погружных канализационных насосов осуществляется следующими наиболее распространенными способами:

- Свободностоящие и переносные модели (Рис. 3)
- Стационарная погружная установка (Рис. 4)
- Горизонтальная установка в сухом машинном зале (Рис. 10)
- Вертикальная установка в сухом машинном зале (Рис. 11)

3.1. СВОБОДНАЯ ПОГРУЖНАЯ УСТАНОВКА НА КОЛЬЦЕВОМ ОСНОВАНИИ (ПЕРЕНОСНОЙ ТИП)

При свободной погружной установке (нестационарном монтаже) насос должен быть установлен в резервуаре неподвижно, для подъема насоса необходимо предусмотреть специальное подъемное оборудование.

Насосы для свободной установки или в случае переносной установки могут свободно стоять на дне резервуара. Насос должен быть установлен на кольцевом основании, которое поставляется отдельно (см. Рис. 3).

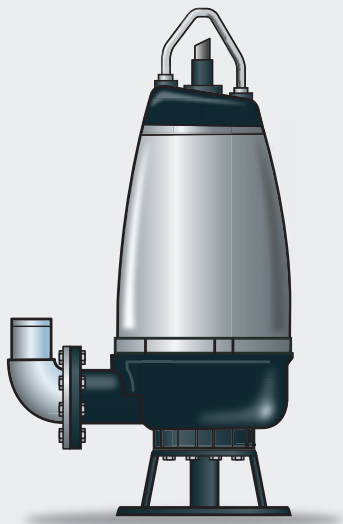


Рис. 3 Погружной канализационный насос на кольцевом основании для свободной или переносной установки.

Чтобы упростить демонтаж во время сервисного обслуживания насоса, на колено напорного патрубка необходимо установить гибкое соединение или муфту.

Если используется шланг, убедитесь, что он не изогнут и что внутренний диаметр шланга соответствует диаметру напорного патрубка насоса.

Если используется жесткая труба, в заказе необходимо предусмотреть соединение или муфту, обратный и запорный клапаны для отсоединения насоса от трубопроводной системы.

Если предполагается эксплуатация насоса в илистой среде или на неровной опоре, установите насос на кирпичи или аналогичную опору. Выполните следующее:

1. Установите колено 90° на напорный патрубок насоса и подключите напорный трубопровод / шланг.
2. Опустите насос в жидкость при помощи цепи, закрепленной на подъемной скобе насоса. Рекомендуется установить насос на плоский прочный фундамент. Убедитесь, что насос подвешен на цепи, а не на кабеле. Убедитесь, что насос установлен устойчиво.
3. Зацепите конец цепи на крюке сверху колодца так, чтобы цепь не соприкасалась с корпусом насоса.
4. Отрегулируйте длину кабеля двигателя путем его наматывания на разгрузочное устройство, чтобы предотвратить повреждение кабеля во время работы. Закрепите разгрузочное устройство на крюке сверху колодца. Убедитесь, что кабель не изогнут и не защемлен.
5. Подключите кабель двигателя.

3.2. СТАЦИОНАРНАЯ ПОГРУЖНАЯ УСТАНОВКА

Погружные канализационные насосы для стационарной установки монтируются при помощи автоматической муфты с трубными направляющими, которая поставляется отдельно. Система автоматической муфты упрощает обслуживание и ремонт, т.к. насос можно поднимать из колодца (см. Рис. 4).

Выполните следующее:

1. Просверлите монтажные отверстия для кронштейна направляющих труб с внутренней стороны проема верхней крышки резервуара и временно зафиксируйте кронштейн направляющих двумя болтами. Убедитесь, что обеспечено необходимое расстояние между насосами и от центра насоса до стены резервуара (см. Рис. б). Для надежного уплотнения между напорным фланцем насоса и коленом-основанием важно, чтобы обе направляющие были установлены строго вертикально.
2. Поместите колено-основание автоматической муфты на дно резервуара. Для определения правильного положения используйте отвес. Поместите нить отвеса внутрь кронштейна направляющих и направьте наконечник отвеса с противоположной стороны направляющих на колено-основание перед креплением колена к дну или бетонному основанию расширительными болтами. Если дно колодца неровное, колено-основание автоматической муфты необходимо установить на опоре, чтобы во время крепления колено располагалось на горизонтальной поверхности.
3. Выполните сборку напорного трубопровода в соответствии со стандартной технологией, не допуская перегибов или чрезмерного натяжения труб.
4. Установите направляющие на колено-основании автоматической трубной муфты и точно отрегулируйте длину направляющих, чтобы кронштейн направляющих находился сверху колодца.
5. Снимите временный кронштейн направляющих. Вставьте верхний кронштейн направляющих в направляющие. Закрепите кронштейн направляющих с внутренней стороны проема верхней крышки колодца.

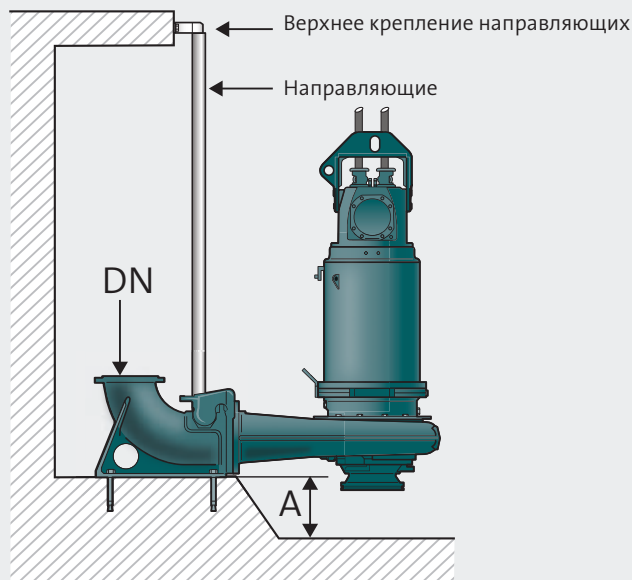


Рис. 4 Погружной канализационный насос, установленный на автоматической трубной муфте с коленом-основанием, направляющими, кляками и верхним кронштейном.



Рис. 5 Система Grundfos SmartSeal с резиновым профильным уплотнением, установленным между напорным фланцем насоса и фланцем кляка направляющей.

Необходимо правильно выбрать высоту основания (А) (см. Рис. 4) для установки автоматической муфты, чтобы обеспечить оптимальный КПД насоса. Размер А конкретного насоса можно найти в инструкции по монтажу и эксплуатации, которая поставляется вместе с каждым насосом Grundfos.

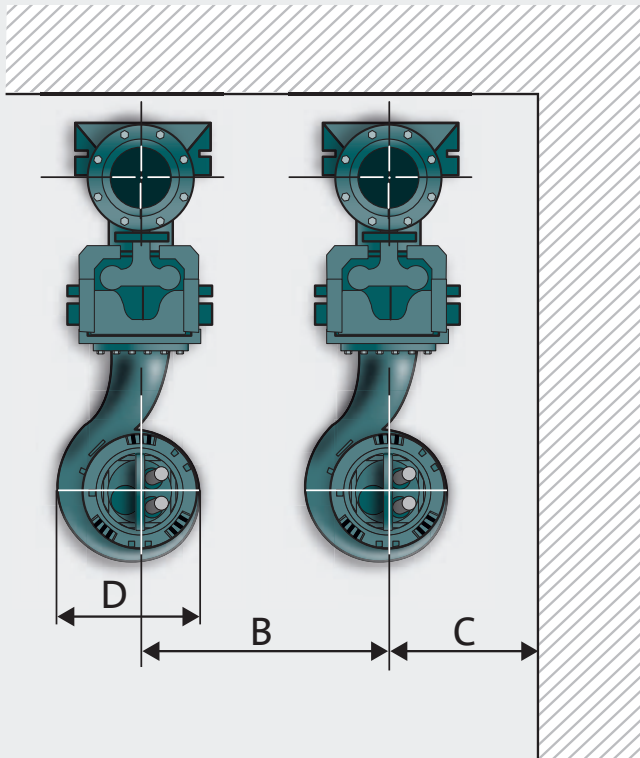


Рис. 6 Рекомендуемые установочные размеры погружных насосов $B = 1,5 D$ и $C = 0,8 D$.

Рис. 7 Опускание насоса.

Насос необходимо аккуратно опустить в вертикальном положении или с небольшим наклоном: $5^\circ \pm 5^\circ$, как показано на Рис. 7.

Он автоматически соединяется с коленом-основанием, уплотнение напорного соединения обеспечивается своим весом и профилем уплотнения.



Рис. 8 Верхний кронштейн для двух направляющих с резиновыми вставками для исключения шума.



Рис. 9 Промежуточный кронштейн направляющих; необходим, если длина направляющих превышает 6 м. Промежуточный кронштейн направляющих устанавливается на вертикальной напорной трубе при помощи хомута из нержавеющей стали.

3.3. ПОГРУЖНЫЕ КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ НАСОСЫ ДЛЯ МОНТАЖА В СУХОМ МАШИННОМ ЗАЛЕ

Погружные канализационные насосы для установки в жилых зонах обеспечивают снижение капитальных затрат, снижение затрат на монтаж и обслуживание в сравнении с обычными насосами сухого исполнения.

Погружные канализационные насосы первоначально разрабатывались для применений, в которых насосная станция погружается в перекачиваемую жидкость. Они широко используются в станциях с сухими машинными залами, где накопительный резервуар располагается отдельно от сухого насосного помещения.

Погружные насосы обладают особыми преимуществами в сравнении с обычными установками в сухих помещениях как для монтажника, так и для конечного пользователя. Компактный дизайн, универсальность монтажа и устойчивость к повреждениям от затоплений – решающие факторы для их использования в составе новых насосных станций, а также для модернизации существующих объектов.

Как правило, электродвигатели обычных насосных агрегатов сухого исполнения в составе больших насосных станций устанавливаются выше проточной части и соединяются с ней при помощи валов.

Такая конструкция требует серьезных трудозатрат при обслуживании и может привести к избыточной вибрации насоса, двигателя и несущей конструкции. Как правило, сухие помещения установки насосов подвержены затоплению из-за непредсказуемой погоды. Погружные насосы Grundfos для установки в сухом машинном зале требуют специфических принадлежностей для монтажа. Монтаж осуществляется с помощью стойки со скользящими направляющими для горизонтальной установки или опоры/фундамента для вертикальной установки.

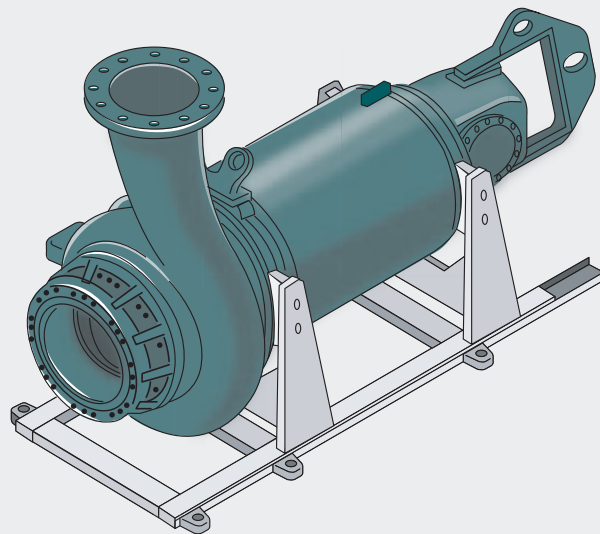


Рис. 10 Погружной канализационный насос со стойкой и скользящими направляющими для стационарной горизонтальной установки.

Скользкие направляющие упрощают проверку рабочего колеса без отсоединения насоса с всасывающей и напорной магистралей. Электродвигатель вместе с валом ротора и рабочим колесом можно отсоединить от проточной части и вернуть на место с помощью направляющих.

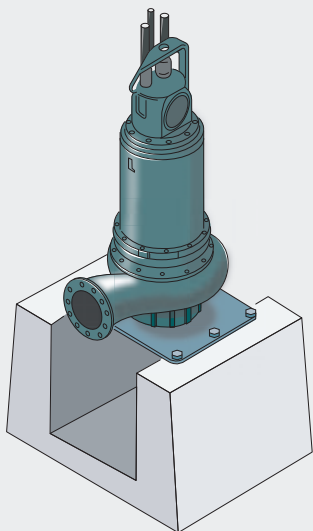


Рис. 11 Погружной канализационный насос для сухой установки с плитой-основанием и бетонным фундаментом для стационарной вертикальной установки.

Вертикальные насосы для сухой установки присоединяются к всасывающей и напорной трубам болтами при помощи фланцевых соединений.

3.4. ФУНДАМЕНТЫ

3.4.1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Следующие рекомендации по проектированию бетонных фундаментов для канализационных насосов высокой мощности являются указаниями по монтажу насосов в бетонных насосных станциях.

Все оборудование является источником вибраций в результате вращения с высокой скоростью в случае дисбаланса вращающейся части. Источник вибраций в насосах — это гидравлические пульсации, преимущественно, генерируемые лопатками

рабочего колеса, в проточной части насоса. В процессе функционирования одноканальных насосов, чаще всего используемых для перекачивания сточных вод, возникает гидравлическая пульсация, которая вызывает вибрации.

Жесткий фундамент абсолютно необходим в процессе перекачки сточных вод, когда существует риск частичной или полной блокировки рабочего колеса из-за дисбаланса. В таких ситуациях оборудование будет подвергаться сильной вибрации выше допустимого уровня, и важно, чтобы фундамент и несущий каркас были достаточно прочными, чтобы выдерживать перегрузки в течение короткого времени.

Строительство фундамента начинается с устройства прочного основания. Наиболее предпочтительно строить фундамент на плотном грунте. Бетон — лучший материал для строительства фундаментов благодаря его дешевизне.

Масса бетонного фундамента достаточна для поглощения любых динамических и статических усилий, описанных выше. Институт гидравлики в Справочнике стандартов 1 рекомендует, чтобы масса бетонного фундамента была в 3–5 раз больше массы оборудования, которое на нем установлено.

Если насосный агрегат установлен не на бетонном фундаменте, а, например, на стальной конструкции, стойка со скользящими направляющими по всей длине должна опираться на прочные стальные балки. Она также должна быть установлена как можно ближе к основным конструктивным элементам, другим балкам и окружающим стенам.

Необходимо произвести расчет стальной конструкции на прочность, чтобы свести к минимуму деформацию опорной плиты и вибрацию во время работы.

Институт гидравлики также рекомендует в Справочнике стандартов 2 монтировать насосные агрегаты непосредственно к бетонному полу, если пол соответствует критериям фундамента.

Если это условие выполняется, в фундамент можно установить анкерные болты, как показано на Рис. 12. Это позволит обеспечить прочность монтажа.

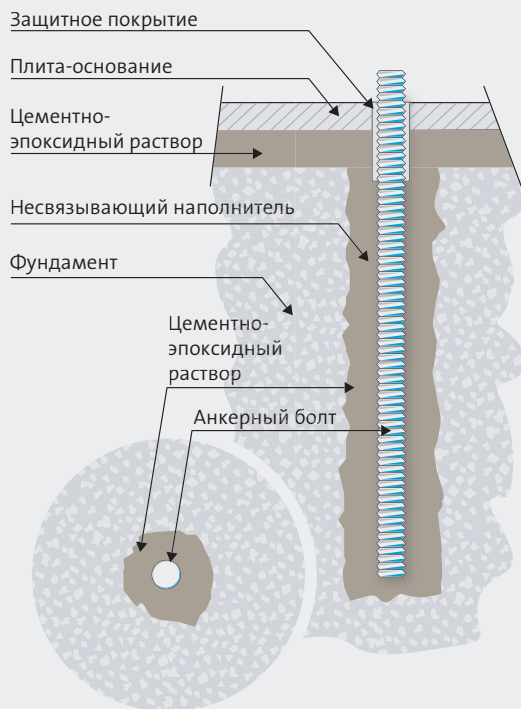


Рис. 12 Резьбовой анкерный болт в фундаменте.

3.4.2. ФУНДАМЕНТ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПОГРУЖНЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСОВ В СУХОМ МАШИННОМ ЗАЛЕ

Если пол не соответствует критериям фундамента, например, для горизонтальной установки погружных канализационных насосов в сухом машинном зале необходимо построить новый фундамент в качестве независимого основания, не соприкасающегося с окружающими строительными конструкциями (см. Рис. 13). Стойку со скользящими направляющими необходимо надежно прикрепить к независимому фундаменту. Для отделения фундамента от твердого грунта и других строительных конструкций необходимо использовать материал Sylomer.

Sylomer — это специальный полиуретановый эластомер, используемый для поглощения вибраций в строительстве и машиностроении.

Перед заливкой бетона материалом Sylomer необходимо застелить дно и боковые стенки котлована. Фундамент необходимо построить так, чтобы материал Sylomer не соприкасался с поверхностью пола.

Материал Sylomer необходимо выбирать в зависимости от массы фундамента, чтобы поддерживать низкую собственную частоту в пропорции к минимальной частоте вращения насоса. (Собственная частота < 0,8 x об/мин).

По общему правилу, принятому в промышленности, фундамент должен быть на 7,6–15,2 см (от 3 до 6 дюймов) длиннее и шире плиты основания, которая будет установлена для горизонтально установленного насоса одностороннего всасывания. Для насоса Grundfos плитой-основанием служит стойка со скользящими направляющими.



Рис. 13 Сухой горизонтальный монтаж погружного канализационного насоса Grundfos со стойками и скользящими направляющими.

3.4.3. ФУНДАМЕНТ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО МОНТАЖА ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ В СУХОМ МАШИННОМ ЗАЛЕ

Вертикальная сухая установка погружных канализационных насосных агрегатов, когда насос и двигатель соединены напрямую, изображена на Рис. 14. Размер и масса фундамента должны быть максимальными, чтобы обеспечить высокую прочность.

Если новый насосный агрегат устанавливается взамен старого, существующий фундамент необходимо полностью демонтировать и обеспечить новый бетонный фундамент на твердом грунте или основании.

В некоторых случаях сложно построить фундамент в 3–5 раз большей массы, чем масса насосного оборудования. Поэтому новый бетонный фундамент необходимо усилить, соединив его с полом фундаментными болтами, и тем самым сделать пол активной частью фундамента.

Пол и бетонный фундамент должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать массу насоса с трубопроводами и арматурой, массу жидкости, а также усилия, создаваемые насосом.

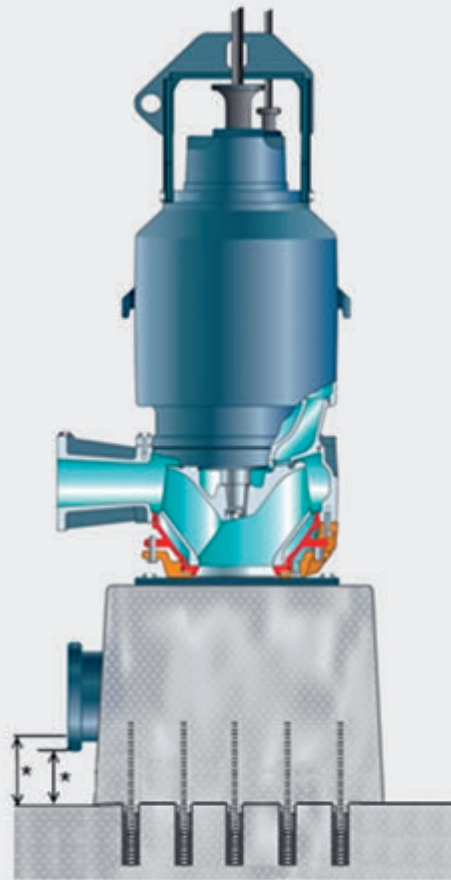


Рис. 14 Вертикальный сухой монтаж погружного канализационного насоса Grundfos на бетонном фундаменте, соединенном фундаментными болтами с полом.

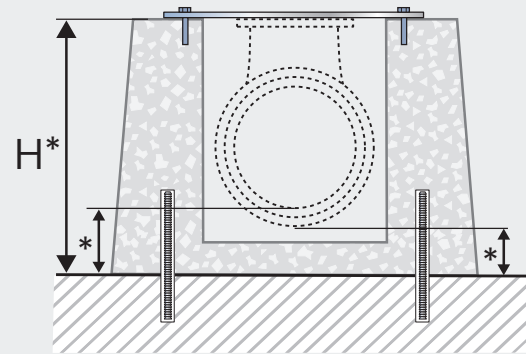


Рис. 15 Бетонный фундамент с плитой-основанием на минимальном необходимом расстоянии для монтажа трубопровода и колена всасывающего патрубка.

Расстояние между двумя основаниями должно быть достаточным, чтобы установить колено всасывающего фланца и монтажные болты. Суммарная высота фундамента должна быть максимально низкой, но достаточной для центровки трубопроводов, также между коленом всасывающего патрубка и полом машинного зала должно быть достаточно свободного места. См. более подробно на Рис. 14, 15 и 16.

Длина и ширина бетонного фундамента должны быть достаточными, чтобы соответствовать строительным стандартам и местным нормативам.

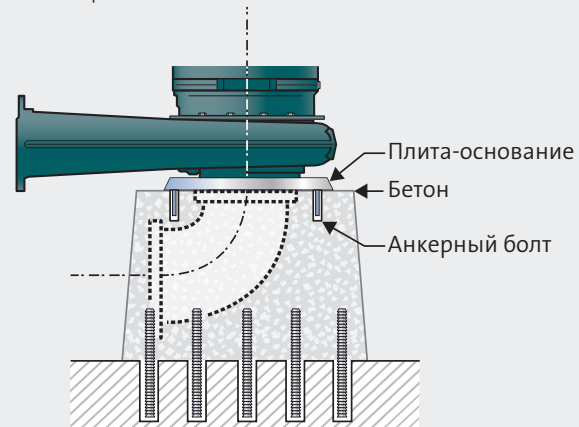


Рис. 16 Фундамент с плитой-основанием и анкерными болтами и стяжка между фундаментом и плитой-основанием.

Анкерные болты заделываются в бетонный фундамент. Для правильного расположения болтов и их фиксации в нужном положении на время заливки фундамента можно подготовить шаблон.

Для окончательного позиционирования анкерных болтов используются трубчатые муфты. Эти муфты должны быть длиннее болтов не менее чем в три раза, и их длина должна составлять не менее 10 диаметров. На Рис. 17 показан анкерный болт с втулкообразной муфтой.

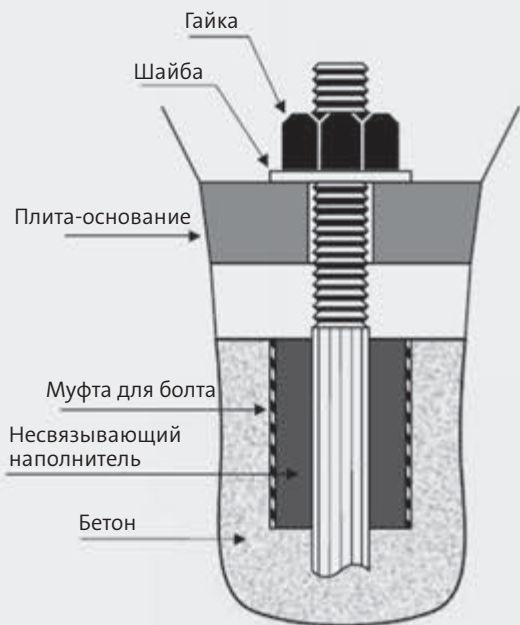


Рис. 17 Анкерный болт и втулкообразная муфта.

4. Условия эксплуатации погружных канализационных насосов

4.1. НАСОСЫ SL И НАСОСЫ S ДО ТИПОРАЗМЕРА 70

Насосы без охлаждающего кожуха предназначены только для погружного монтажа.

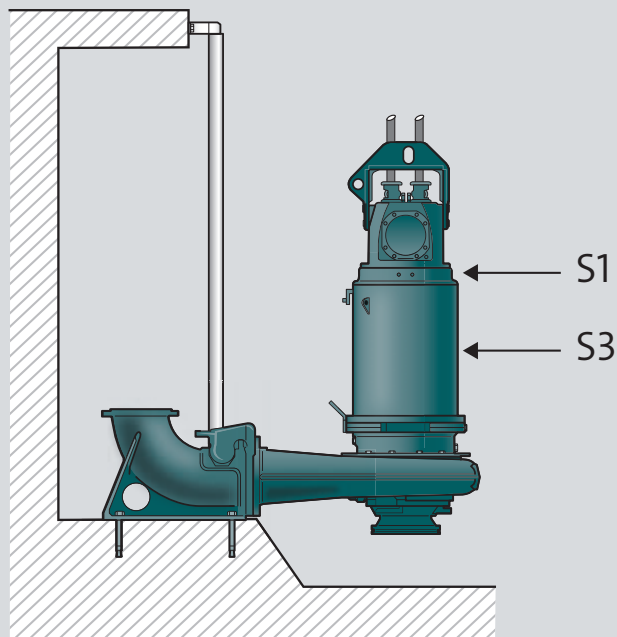


Рис. 18 Уровни останова режимов S1 и S3.

Эти насосы предназначены для непрерывной работы на уровне S1, если насос погружен полностью до верха электродвигателя.

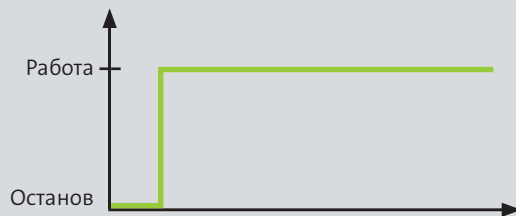


Рис. 19 Непрерывная работа.

Насосы SE и насосы S с охлаждающим кожухом относятся к типу S1 для погружной установки до верха корпуса насоса.

Насосы SL, SE и S до типоразмера 70 рассчитаны на не более 20 пусков в час. Насосы SL и насосы S без кожуха охлаждения двигателя относятся к типу S3 для погружной установки до середины двигателя, а при кратковременных циклах работы — до верха корпуса насоса. В соответствии с требованиями стандарта IEC60034-1 аббревиатура S3 предполагает 40% работы, т.е. работа в течение 4 минут с последующим перерывом на 6 минут (см. Рис. 20).

Взрывозащищённые насосы всегда должны быть погружены полностью.

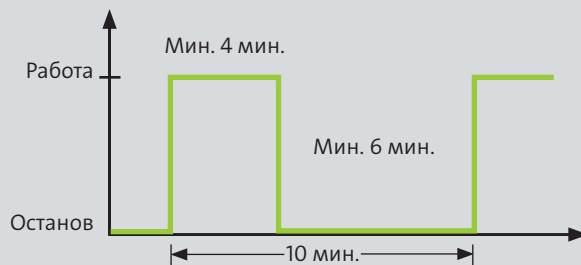


Рис. 20 Работа в повторно-кратковременном режиме.

4.2. НАСОСЫ SE

Насосы с кожухом охлаждения двигателя и замкнутой системой охлаждения в составе погружной и сухой установки. Эти насосы рассчитаны на непрерывную работу в режиме S1, максимум 20 пусков в час при погружении до верхней точки корпуса насоса.

4.3. НАСОСЫ S ТИПОРАЗМЕРОВ 62, 66 И 70 С ОХЛАЖДАЮЩИМ КОЖУХОМ В СОСТАВЕ ПОГРУЖНОЙ И СУХОЙ УСТАНОВКИ

Эти насосы рассчитаны на непрерывную работу в режиме S1, максимум 20 пусков в час при погружении до верхней точки корпуса насоса.

4.4. НАСОСЫ СЕРИИ S ТИПОРАЗМЕРА 72 БЕЗ ОХЛАЖДАЮЩЕГО КОЖУХА В СОСТАВЕ ПОГРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Эти насосы рассчитаны на непрерывную работу в режиме S1 при полном погружении в жидкость до верхней точки двигателя при температуре не более 40 °С. Двигатель рассчитан максимум на 15 пусков в час и кратковременные циклы работы (прибл. 5 минут) при уровне воды до середины двигателя с обязательной системой контроля и защиты.

Взрывозащищённые насосы без кожуха охлаждения во время работы должны быть полностью погружены в перекачиваемую жидкость.

4.5. НАСОСЫ СЕРИИ S ТИПОРАЗМЕРОВ 72, 74 И 78 С ОХЛАЖДАЮЩИМ КОЖУХОМ В СОСТАВЕ ПОГРУЖНОЙ И СУХОЙ УСТАНОВКИ

Эти насосы рассчитаны на непрерывную работу в режиме S1, максимум 15 пусков в час для типоразмера 72 и не более 10 пусков в час для типоразмеров 74 и 78.

Минимальный уровень воды — верх корпуса насоса для погружной установки.

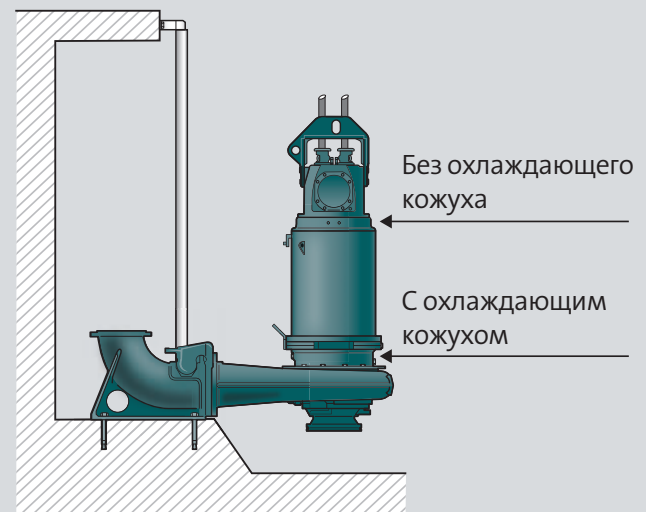


Рис. 21 Необходимый уровень воды для непрерывной работы насосов без охлаждающего кожуха и с охлаждающим кожухом.

5. Условия эксплуатации насосов для сухой установки

Насосы для сухой установки устанавливаются в сухом машинном зале, отделенном от резервуара бетонной стеной.

Двигатель насоса закрыт и является водонепроницаемым, что исключает его повреждение в случае заполнения места установки водой.

5.1. УРОВНИ ПУСКА

В насосных станциях с насосами сухой установки уровень пуска в резервуаре должен быть установлен выше уровня корпуса насоса, чтобы гарантировать заполнение корпуса насоса и охлаждающего кожуха водой до начала работы.

Для горизонтально установленных насосов обычно нет специальных требований к уровням пуска, если всасывающая труба снабжена эксцентриковым переходником для предотвращения образования воздушных карманов (см. Рис. 22).

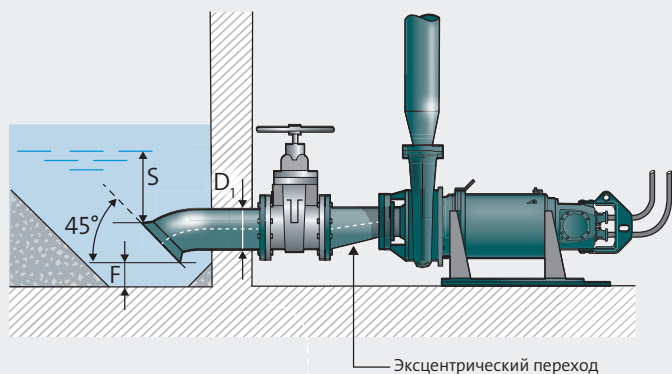


Рис. 22 Горизонтальная сухая установка погружного канализационного насоса с охлаждающим кожухом и всасывающий трубопровод с эксцентрическим переходом на всасывающей трубе.

Для вертикальных насосов уровень пуска можно изменить в соответствии с границей, показанной на Рис. 23.

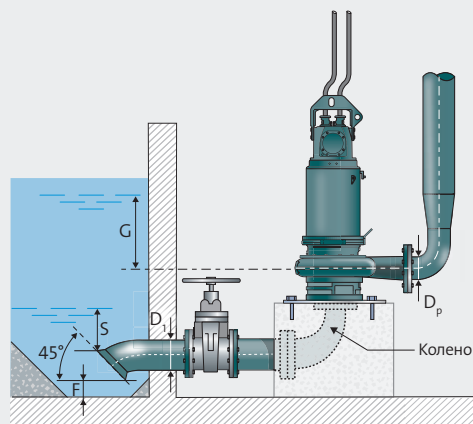


Рис. 23 Вертикальная сухая установка погружного канализационного насоса с охлаждающим кожухом.

5.2. МИНИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ОСТАНОВА

На Рис. 22 и 23 буквой S обозначен минимальный уровень останова. Минимальное расстояние S выше всасывающей трубы должно быть соблюдено для предотвращения образования завихрений на всасе и, таким образом, для предотвращения подсоса воздуха. Воздух в перекачиваемой жидкости может вызвать вибрации, кавитацию и снижение КПД насоса.

5.3. МИНИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ПУСКА

Буквой G обозначен минимальный уровень пуска канализационного погружного насоса, установленного вертикально в сухом машинном зале, если не предпринято других мер для заполнения корпуса насоса перекачиваемой жидкостью перед запуском. Возможна установка вакуумного насоса для подсоса жидкости внутрь корпуса насоса (на напорной стороне необходимо установить запорный клапан) или (после первого пуска) обратный клапан в напорном трубопроводе, который предназначен для предотвращения утечки жидкости из корпуса насоса в периоды останова.

Погружные канализационные насосы, предназначенные для сухой вертикальной или горизонтальной установки необходимо монтировать на стационарный бетонный фундамент. См. раздел 3.4. «Фундаменты» выше.

6. Система трубопроводов

В составе сухой установки рекомендуется устанавливать переход между всасывающей трубой и насосом. В горизонтальных установках необходим эксцентрический переход с прямой верхней частью (шелыгой). Таким образом, можно избежать скопления воздуха во всасывающей трубе и предотвратить возникновение шума и нарушений во время работы (см. Рис. 22).

Убедитесь, что трубопровод смонтирован без чрезмерных напряжений, на всасывающий фланец не должны передаваться усилия от трубопровода. Используйте свободные фланцы, чтобы облегчить установку и предотвратить возникновение напряжений на фланцах и болтах. Запрещается установка в трубопроводе эластичных элементов или сильфонов; эти элементы запрещается использовать в качестве средств выравнивания трубопровода.

Минимальный уровень останова $S = D1$

Минимальное расстояние между дном резервуара и нижней частью всасывающей трубы $F = 0,5 \times D1$

Минимальный уровень пуска $G = Dp$



[4]

НАСОСЫ ПОГРУЖНОЙ И СУХОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

1. Общие сведения

В промышленном применении на устойчивость металлов и сплавов к коррозии в агрессивной среде влияет множество параметров. Материалы и покрытия всех типов постепенно разрушаются под воздействием коррозии или эрозии. Кроме того, в агрессивной среде эрозия может ускорить коррозию насоса. Это необходимо учитывать во время выбора насоса для агрессивных сред и расчета ожидаемого срока службы насоса.

2. Причины коррозии

Коррозия — это разрушение металла, вызванное реакцией с окружающей средой. Коррозия насоса вызывает потерю металла и возникает в различных формах от общего разъедания поверхности до сильного локального разъедания, что, в конечном счете, может привести к отказу насоса.

Коррозию насоса могут вызывать различные компоненты перекачиваемой жидкости и определенные окружающие условия.

К ним относятся:

- Уровень pH.
- Окислители (например, кислород).
- Температура.
- Концентрация растворенных веществ (например, хлоридов).
- Биологическая активность.
- Рабочие условия (например, скорость, очистка и отключения).
- Химические вещества.



Рис. 1 Один из двух насосов SE, используемых при производстве сыра для перекачивания сточных вод, содержащих химические вещества с различными значениями pH в результате CIP-мойки.



Рис. 2 Один из двух насосов серии S, используемых в производстве стекловаты для перекачивания воды с высоким содержанием абразивных частиц.

В ситуациях, когда металлические детали подвергаются воздействию факторов окружающей среды, нержавеющая сталь считается более стойкой к коррозии, чем чугун. Нержавеющая сталь содержит хром, что способствует формированию поверхностной пассивной невидимой оксидной пленки, которая предотвращает возникновение коррозии и защищает металл.

3. Правильный выбор материала для обеспечения стойкости к коррозии

Следующие графики приведены в качестве общего руководства по выбору материалов насосов для конкретного применения, в зависимости от значения pH, концентрации хлора и износа. Оптимальный вариант насоса необходимо выбрать в результате сравнения нескольких графиков.

Для окончательного определения характеристик и выбора насоса необходимо иметь точные характеристики среды и значения отклонений.

Компания Grundfos может помочь в выборе материала насоса в соответствии с перекачиваемой средой.

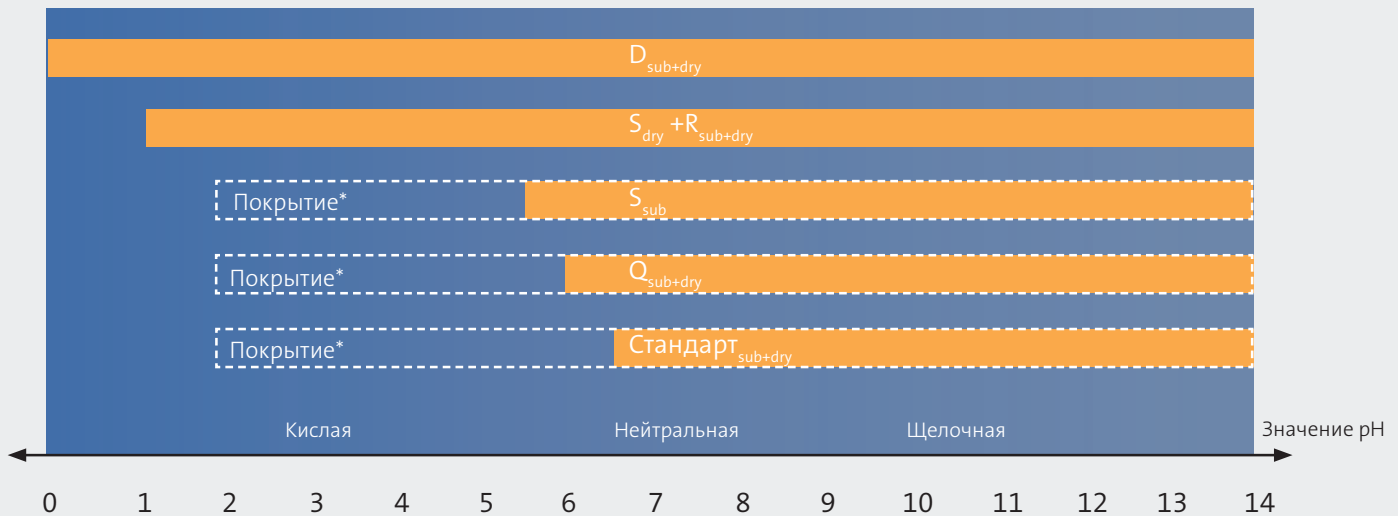


Рис. 3 Выбор материала насоса для конкретного применения.

$_{sub}$ = погружная установка

$_{dry}$ = сухая установка

* Зависит от характеристик покрытия

pH

Значение pH — это хороший индикатор вероятности возникновения коррозии, однако для оценки среды одного значения pH не достаточно, так как для окончательного выбора насоса необходимо учитывать состав и отклонения.

4. Выбор насоса из четырех базовых вариантов

(мощность от 1,1 до 520 кВт)

В дополнение к чугуну выберите один из следующих четырех вариантов насосов серий S, SL и SE из нержавеющей стали.

Вариант Q

Рабочее колесо из нержавеющей стали в соответствии с EN 1.4408. Улитка и корпус электродвигателя из чугуна (SL, S) или с кожухом из нержавеющей стали (SE).



Вариант S

Гидравлические части из нержавеющей стали в соответствии с требованиями EN 1.4408, вал — в соответствии с повышенными требованиями EN 1.4462. Корпус насоса из чугуна (S) или с кожухом двигателя из нержавеющей стали (SE).



Вариант R

Все детали, находящиеся в соприкосновении с жидкостью, выполнены полностью из нержавеющей стали в соответствии с требованиями EN 1.4408, вал — в соответствии с повышенными требованиями EN 1.4462.



Вариант D

Все детали, находящиеся в соприкосновении с жидкостью, полностью из нержавеющей стали, наиболее важные детали — в соответствии с повышенными требованиями EN 1.4517 для литых деталей и EN 1.4539 для штампованных деталей.



DIN / EN	AISI / ASTM
1.4408	ANSI 316/A351 CF8M
1.4462	UNS S32205
1.4517	ASTM A890 1B
1.4539	AISI 904L

Рис. 4 Соответствие между стандартами DIN/EN и AISI / ASTM.

5. Сертификация материалов

Серый чугун изготовлен в соответствии с требованиями EN1561:1997.

Литая нержавеющая сталь изготовлена в соответствии с требованиями EN10283:2010.

Установление соответствия другим стандартам, таким как AISI/ASTM, является обязательным, так как продукты изготавливаются в соответствии со стандартами EN/DIN.

6. Типовые применения в агрессивных средах

Различные варианты исполнений предназначены для работы в агрессивных средах, в которых насос подвергается риску образования коррозии, эрозии или того и другого одновременно.

Варианты применений для водозабора и перекачки сточных вод, слабоминерализованной воды, воды из открытых источников.

- Забор воды из открытых источников.
- Опреснительные установки.
- Охлаждение электростанций и промышленных предприятий.
- Технологическая вода для разведения рыбы.
- Флот и работы на шельфе.

6.1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СТОЧНЫЕ ВОДЫ

- Сточные воды с переменными значениями pH, химическим составом, температурой и содержанием абразивных частиц, например, на предприятиях текстильной и химической промышленности.
- Технологическая вода от CIP-промывки и SIP-стерилизации, например, в фармацевтической или пищевой промышленности и производстве напитков.

6.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАСОСОВ В ПРИМОРСКИХ РАЙОНАХ

- Попадание морской воды в системы сточных вод влечет за собой повышение концентрации хлоридов.
- Осушение сельскохозяйственных угодий в прибрежных районах приводит к попаданию в системы соленой воды.

6.3. СТОЧНЫЕ ВОДЫ

- Сточные воды с высоким содержанием сероводорода.
- Сточные воды и предварительно очищенные сточные воды с высоким содержанием окислителей.
- Сточные воды с растворенными агрессивными химическими веществами.
- Сточные воды с высоким содержанием абразивных частиц, таких как песок и абразивная крошка.
- Ил, дренажная и фильтрационная вода, содержащая агрессивные элементы.

7. Насосы из нержавеющей стали, используемые для перекачки слабоминерализованной и морской воды

Чтобы свести к минимуму риск образования ржавчины, насос должен непрерывно работать, т.е. продолжительность периодов простоя не должна превышать 6–8 часов. В таких агрессивных условиях стойкость к коррозии может быть ограниченной. Для оценки конкретных условий работы обратитесь в компанию Grundfos.

Для защиты от коррозии деталей из чугуна и нержавеющей стали можно использовать растворимый алюминиевый анод. Алюминиевые аноды хорошо работают в морской воде, но необходимая защита необходима в слабоминерализованной воде. Алюминиевые аноды не работают в кислых и щелочных средах.

8. Рекомендуемое исполнение на основе температуры жидкости и содержания хлоридов (мг/л)

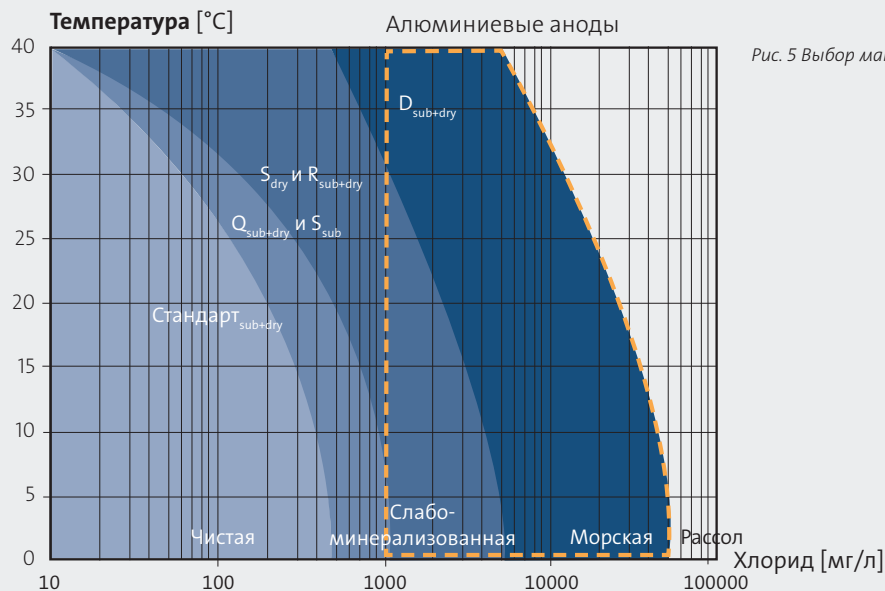


Рис. 5 Выбор материала насоса для различных типов воды.

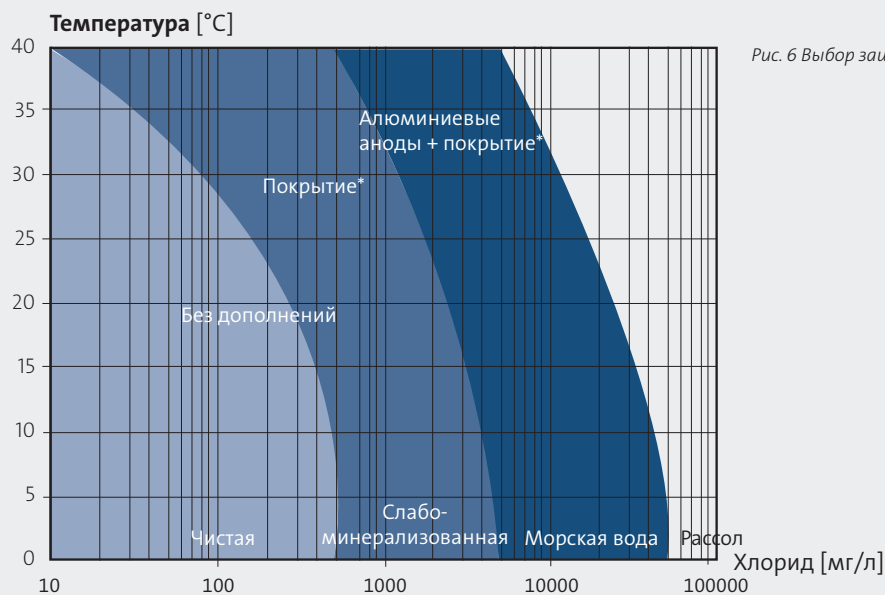


Рис. 6 Выбор защиты насоса для различных типов воды.

9. Стойкость к эрозии

Эрозионный износ определяется многими параметрами, такими как геометрия, размеры, острота, состав и содержание абразивных частиц. Это означает, что материалы, из которых изготовлен насос, в некоторых применениях могут реагировать не так, как показано на следующем графике. В сочетании с агрессивной жидкостью скорость эрозии может значительно возрасти.

Важная информация об этих графиках

Компания Grundfos считает эти графики рабочими, их можно использовать в качестве руководства для предварительного выбора характеристик насосов.

Информация, приведенная на графиках, основана на опыте и открытых источниках информации, которые мы считаем относительно точными.

Отклонения из-за специфического состава среды могут привести к возникновению эрозии в отличие от результатов, показанных на графиках, ответственности за которую компания Grundfos не несет.

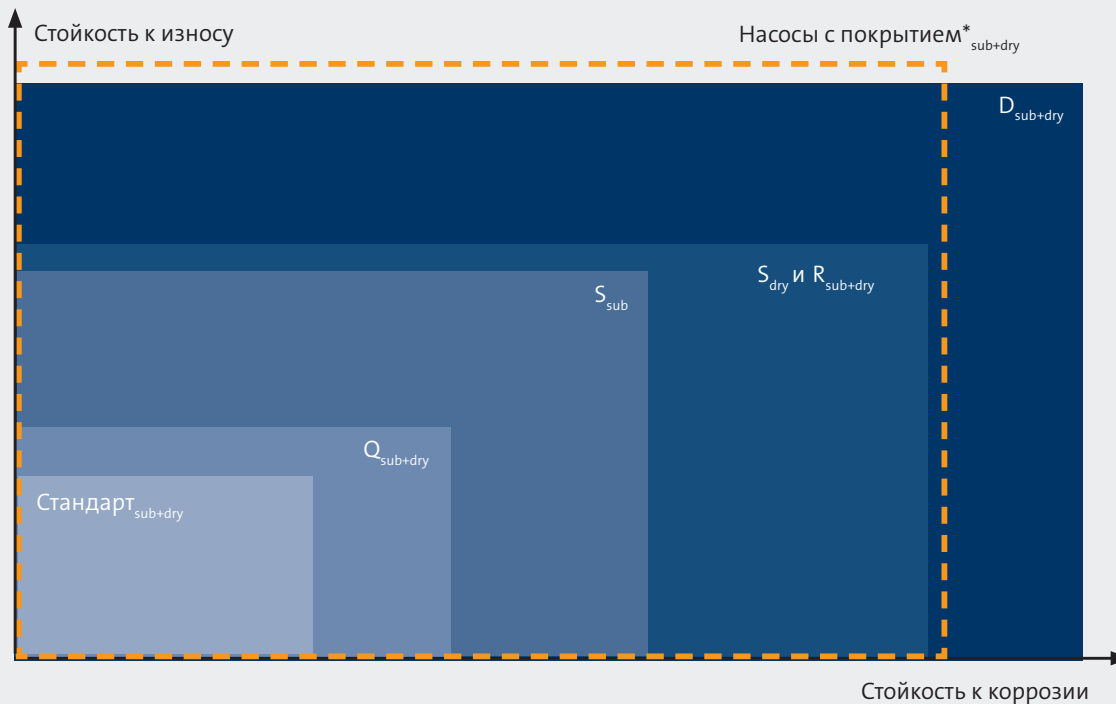


Рис. 7 Выбор насоса в пропорции между стойкостью к износу и стойкостью к коррозии.



[5]

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСА, СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

1. Введение

Оптимизация насосной системы водоотведения — это больше, чем выбор наиболее энергоэффективных насосов и конструкции насосной станции для безаварийной работы без подсоса воздуха, вибраций и кавитации.

В процессе подготовки новой насосной станции или перед модернизацией существующей насосной станции важно учитывать особенности системы в целом, чтобы выбрать лучшие насосы со схемой управления, приводами, распределительным устройством, органами управления со средствами контроля и удаленного управления.

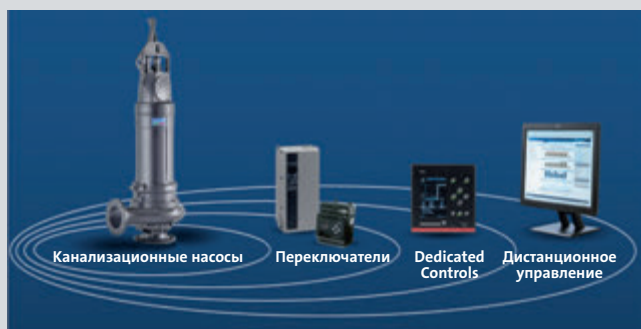


Рис. 1. Готовая система водоотведения и канализации с насосом, частотным преобразователем, электронной защитой двигателя, контроллером насоса и системой дистанционного управления.

2. Блоки и шкафы управления LC 231 и LC 241



Рис. 2. Блоки и шкафы управления LC 231 и LC 241.

Системы серии LC предназначены для управления одно или двух насосными канализационными и дренажными установками, или установками, работающими на наполнение резервуара.

Допускают выбор алгоритма управления в зависимости от применения (откачивание или наполнение). Контроль до пяти уровней в резервуаре. Настройка системы производится или с панели контроллера или при помощи прямого подключения через Bluetooth к смарт-устройству с установленным приложением Grundfos GO Remote без дополнительного оборудования.

Встроенный мастер первого запуска проведёт Вас по основным настройкам, что позволит оперативно ввести систему в эксплуатацию. Интуитивно понятный интерфейс пользователя даёт возможность оперативного наблюдения за системой и ее перенастройки при изменении условий эксплуатации.

В штатном режиме система работает по уровням пуска и останова насосов. Также предусмотрен контроль уровня «сухого хода» и аварийно-высокого уровня. В случае алгоритма откачивания, при достижении аварийно-высокого уровня, все насосы будут запущены, при наполнении же наоборот, будут остановлены.

2.1. БЛОК УПРАВЛЕНИЯ LC231

Компактное устройство управления со встроенной электронной защитой электродвигателя. Доступно в двух вариантах:

- Блок управления одним насосом с номинальным потребляемым током до 12 А.
- Блок управления двумя насосами с номинальным потребляемым током каждого до 9 А.

Поставляются в пластиковом корпусе для внутреннего настенного монтажа. Способ пуска насосов только методом прямого включения «DOL». Возможно как однофазное, так и трехфазное подключение.

Входы/выходы LC231:

- 2 релейных выхода (перекидной контакт);
- 2 цифровых входа;
- 2 настраиваемых цифровых входа/выхода;
- 2 настраиваемых цифровых (они же аналоговые) входа/выхода.

2.2. ШКАФ УПРАВЛЕНИЯ LC241

Полноценное НКУ с расширенным функционалом и возможностью добавления опций. Доступно в двух вариантах:

- Шкаф управления одним насосом с номинальным потребляемым током до 59 А.
- Шкаф управления двумя насосами с номинальным потребляемым током каждого до 59 А.

Поставляются во внутреннем (пластиковый или металлический корпус) и уличном (пластиковый корпус) исполнениях для подвесного монтажа как для однофазного, так и для трехфазного подключения. Доступны варианты со способами пуска насосов методом прямого включения (DOL), по схеме «звезда-треугольник» (SD) или при помощи устройства плавного пуска (SST). Доступны опции.

LC231 и LC241 поставляются с разнообразными принадлежностями и допускают установку модуля передачи данных (CIM), что обеспечивает проводную и беспроводную связь посредством ряда стандартных протоколов связи, а также полную интеграцию с системами SCADA и другими системами верхнего уровня.

Входы/выходы LC231:

- 2 релейных выхода (перекидной контакт);
- 4 цифровых входа;
- 1 настраиваемый цифровой (он же аналоговый) вход/выход.

2.3. БАЗОВЫЕ ФУНКЦИИ

- Прямое подключение через Bluetooth к смарт-устройству с установленным приложением Grundfos GO Remote без дополнительного оборудования.
- Защита насоса и системы.
- Чередование насосов по наработке (двух насосные системы) и в случае аварии одного насоса.
- Встроенная электронная защита электродвигателя и измерение силы тока (LC231).
- Защита от заклинивания.
- Защита с помощью ПИН-кода.
- Ограничение количества автоматических повторных запусков насосов.
- Индикация напоминания о необходимости техобслуживания.
- Журнал аварийных сигналов и предупреждений (20 событий).

- Журнал функциональных данных.
- Одно или трехфазное сетевое питание (LC231).
- Пуск насосов по схемам прямого включения, «звезда-треугольник» или через УПП (LC241).
- Алгоритмы опорожнения и заполнения резервуара в одном решении.
- Настраиваемые входы и выходы (CIO).

2.4. ОБЗОР КОНФИГУРАЦИЙ

	Блок управления LC231	Шкаф управления LC241
Использование с 1 или 2 насосами	●	●
1 фаза, 220 В перем. тока (50/60 Гц)	●	●
Пусковые и рабочие конденсаторы для 1-фазных систем (только LC241)		●
3 фазы, 380 В перем. тока (50/60 Гц)	●	●
Прямой пуск	●	●
Пуск «звезда-треугольник»		●
Пуск с устройством плавного пуска		●
Защита электродвигателя	Встроенная электронная	Отдельный аппарат на DIN-рейке
Защита от перегрева	●	●
Дополнительные входы/выходы		Опция
Поддержка модулей передачи данных (CIM) Grundfos*	●	●
Пластиковый корпус	●	
Пластиковый или металлический корпус		●
Измерение силы тока	Встроенное	Опция
Встроенный зуммер	●	●
Поддержка Grundfos GO посредством Bluetooth Smart	●	●
Производство по заказу с дополнительными опциями		●
Обновление прошивки через USB	●	●

* Поддерживаемые модули: CIM 150 Profibus, CIM 200 Modbus RTU, CIM 260 3G/4G, CIM 500 Modbus TCP / ProfiNet.

3. Система Dedicated Controls

Шкаф управления Control DC на базе системы Dedicated Controls — это система управления от 1 до 6 канализационных или дренажных насосов Grundfos.

Такие функции как автоматическая оптимизация энергопотребления, профилактические функции предотвращения блокировки и настраиваемые пользователем входные и выходные сигналы являются стандартными, например, сбор данных для профилактического обслуживания и ремонта насосов, трубопроводов и колодцев.

Система Dedicated Controls рассчитана на установку в коммерческих зданиях или коммунальных канализационных системах, включающих до шести насосов и дополнительную мешалку. Также возможно расширенное управление и сбор данных.

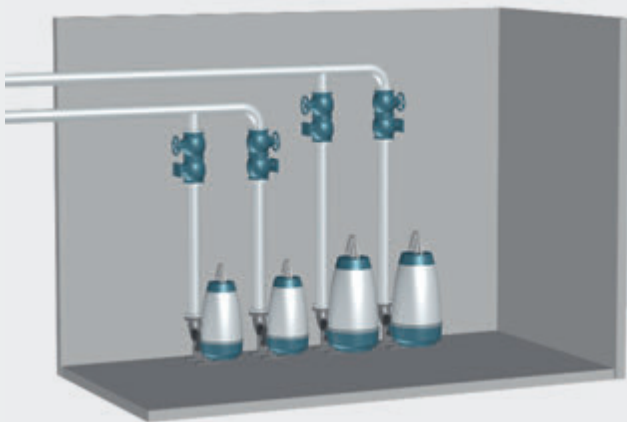


Рис. 3. Насосы канализационной станции, объединенные в группы, могут быть оснащены двигателями различной мощности, соединены с общесплавной напорной системой, в которой более мощные насосы работают после сильных ливней.

3.1. КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ DEDICATED CONTROLS

Основные компоненты системы Dedicated Controls:

- Блок управления CU362.
- IO 351В до трех модулей (общий модуль ввода/вывода).
- MP 204 на каждый насос (опция).
- IO 113 до шести модулей защиты (опция).
- SM113 до шести плат датчиков (опция).
- CUE на каждый насос (в случае E-системы).

3.2. ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ DEDICATED CONTROLS

Система Grundfos Dedicated Controls выполняет следующие функции:

Базовые функции

- Пуск / останов насоса
- Чередование работы насосов
- Обнаружение переполнения
- Измерение переполнения
- Подача аварийных сигналов и предупреждений
- Задержка пуска и останова
- Выбор языка

Расширенные функции

- Пользовательские функции
- Группы насосов и чередование работы групп
- Различные уровни пуска (ограничение образования осадка)
- Комбинированные аварийные сигналы
- Ежедневное опорожнение
- Откачка пены
- Защита от блокировки (известковые отложения)
- Мешалка или промывочный клапан
- Максимальное количество работающих насосов
- Измерение расхода насоса
- Измерение расхода системы
- Расчет расхода насоса
- Расчет расхода системы



Рис. 4. Устройство управления CU362.

Упрощенное локальное или дистанционное управление

Устройство управления CU362 — это контроллер и удобная панель управления в едином блоке. В состав панели управления входит девять кнопок и большой графический ЖК-дисплей.

Состояние системы отображается на дисплее устройства CU362. Фактические состояние насосов, мешалки и измерительных датчиков отображаются на экране дисплея. См. Рис. 4. На дисплее возможно отображение справки для отдельных экранов и пунктов меню контроллера.

Общие сведения о средствах связи

Связь с системой Dedicated Controls можно установить несколькими способами. Беспроводное дистанционное управление возможно из любой точки мира при помощи ПК или мобильного телефона.

Dedicated Controls может интегрироваться в системы управления верхнего уровня при помощи коммуникационного интерфейсного модуля (CIM) с использованием нескольких протоколов связи. Совместима с системой Grundfos Remote Management при помощи проводных или беспроводных сетей GPRS/GSM.

4. Модули защиты

Каждый насос в системе Dedicated Controls можно защитить и контролировать при помощи различных модулей ввода/вывода и защиты.

- IO 351B
- MP 204
- IO 113 и SM 113

4.1. ОСНОВНОЙ МОДУЛЬ ВВОДА/ВЫВОДА IO 351B



Рис. 5. Модуль IO 351B для двух насосов.

Модуль IO 351B предназначен для обмена цифровыми и аналоговыми сигналами с остальной электрической системой при помощи шины GENIbus.

На каждые два насоса в установке идет один модуль IO 351B. Модуль используется как для нерегулируемых, так и для регулируемых при помощи преобразователей частоты насосов.

Модуль также выполняет функции модуля ввода/вывода для обмена сигналами с коммуникационным и контрольным оборудованием других внешних устройств.

4.2. ЭЛЕКТРОННАЯ ЗАЩИТА ДВИГАТЕЛЯ MP 204



Рис. 6. Интеллектуальная электронная защита двигателя MP 204.

Блок Grundfos MP 204 осуществляет комплексную защиту насосов, а также контроль энергопотребления.

Будучи универсальным устройством для всех ситуаций, MP 204 предназначен для защиты любого электродвигателя (в частности, электродвигателя насоса), он работает в диапазоне токов от 3 до 999 А, а также в диапазоне напряжений от 100 до 480 В переменного тока. Время его настройки не превышает двух минут.

Кроме того, настройку модуля MP 204 можно выполнять при помощи системы Grundfos GO. Для этого требуется мобильный интерфейс (MI 301) для смартфона. Более подробную информацию о системе Grundfos GO можно посмотреть на сайте компании Grundfos.

Блок MP 204 предназначен для защиты двигателей насосов от пониженного и повышенного напряжения, и других отклонений сети питания, чтобы гарантировать непрерывную равномерную работу насоса. Также осуществляется защита двигателей насосов

от перегрева, который возникает в результате таких отклонений и снижает срок службы насоса. В дополнение к надежности, обеспечиваемой защитой двигателя, MP 204 также работает как устройство контроля энергопотребления, т.е. вы можете снимать показания для последующей оптимизации.

Функции MP 204

- Контроль напряжения
- Контроль тока
- Контроль несимметрии тока
- Контроль последовательности чередования фаз
- Контроль коэффициента мощности ($\cos \phi$)
- Контроль мощности
- Контроль расхода электроэнергии
- Контроль сопротивления изоляции
- Контроль температуры узла насоса при помощи датчика Pt100/Pt1000, PTC или Tempson.

4.3. МОДУЛЬ ИО 113



Рис. 7. Модуль IO 113.

Модуль IO 113 — это модуль ввода/вывода, разработанный для организации связи между системой Dedicated Controls и канал-зационным насосом Grundfos в стандартном исполнении или с модулем SM 113 для насосов в сенсорном исполнении.

Модуль IO 113 в стандартном исполнении предназначен для выполнения следующих функций после подключения к насосам серий SL и SE, снабженных датчиками и двигателями мощностью до 11 кВт:

- контроль утечки в корпус статора;
- контроль температуры обмоток;
- контроль содержания воды в промежуточной масляной камере;
- останов насоса в случае аварийного сигнала;
- измерение сопротивления изоляции статора;
- удаленный контроль насоса через коммуникационный интерфейс RS-485, GENIbus.

Модуль IO 113 поставляется как с коммуникационным интерфейсом, так и без него. Модуль IO 113, оснащенный коммуникационным интерфейсом, допускает подключение модуля расширения SM 113.

4.4. МОДУЛЬ SM 113



Рис. 8. Модуль SM 113.

Модуль SM 113 используется для сбора и передачи данных дополнительных датчиков, таких как датчики температуры подшипников и обмотки статора, содержания воды в воздухе и уровня вибрации.

Модуль можно установить внутри насоса или в корпус шкафа управления на DIN-рейку, в зависимости от типа насоса. Для каждого насоса требуется свой модуль IO 113 (с SM 113 в случае наличия расширенного набора датчиков в насосе).

5. Датчики и канал связи

Насосы SL и SE с двигателями мощностью до 11 кВт выпускаются в четырех вариантах.

	Насос в стандартном исполнении	Насос в стандартном исполнении с датчиками	Взрывозащищенный насос (Ex)	Взрывозащищенный насос (Ex) с датчиками
Термовыключатель или PTC в обмотке	●	●	●	●
Реле влажности в корпусе статора		●		●
Датчик воды в масле (WIO)		●		●
Pt1000 в обмотке электродвигателя		●		●
Сопrotивление изоляции двигателя		●		●
Модуль IO 113		●		●

Рис. 9. Типы датчиков и модулей, необходимых для четырех вариантов насосов SL и SE.

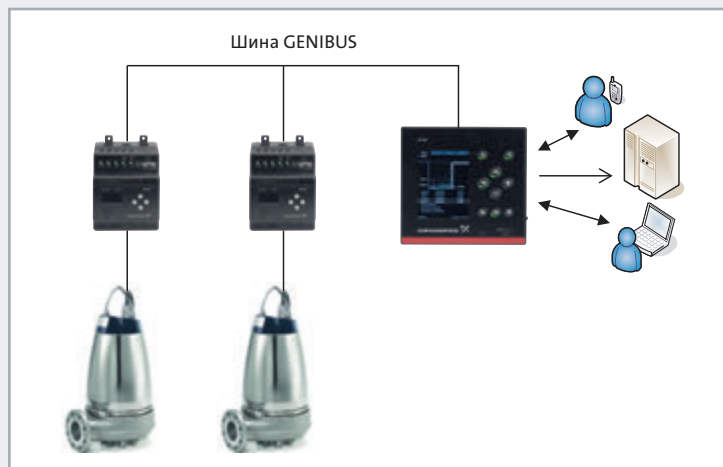


Рис. 10. Обзор системы с модулями управления Grundfos для двух насосов SL или SE в стандартном исполнении с двигателями мощностью до 11 кВт.

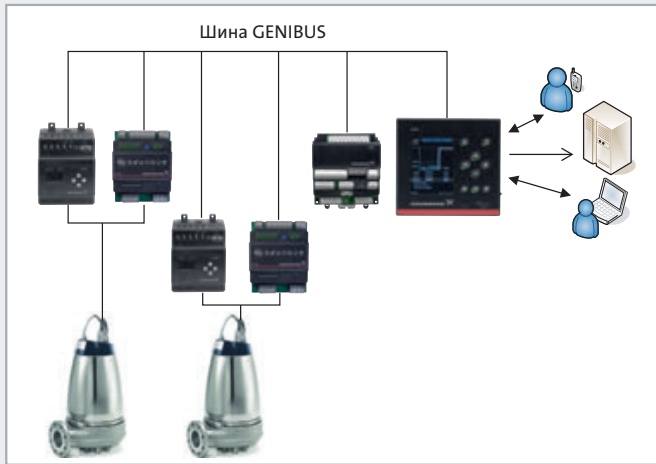


Рис. 11. Полный обзор системы с модулями управления Grundfos для двух насосов SL или SE, сенсорное исполнение, мощность двигателя до 11 кВт.



Рис. 13. Полный обзор системы с модулями управления Grundfos для двух насосов SL, SE и S, сенсорное исполнение, мощность двигателя от 9 до 520 кВт.

Связь между контроллером, мобильным телефоном, персональным компьютером и глобальной системой удаленного управления Grundfos

	Насос в стандартном исполнении	Насос, сенсорное исполнение 2	Насос, сенсорное исполнение 1	Взрывозащищенный насос (Ex) в стандартном исполнении	Взрывозащищенный насос (Ex), сенсорное исполнение 2	Взрывозащищенный насос (Ex), сенсорное исполнение 1
Термовыключатель или РТС в обмотке	●	●	●	●	●	●
Реле влажности в верхнем отсеке двигателя	●	●	●	●	●	●
Реле влажности в нижней части корпуса статора				●	●	●
Реле утечки в камере утечки выше уплотнительной камеры	●	●	●			
Pt1000 в обмотке электродвигателя		●	●		●	●
Pt1000 в верхнем подшипнике			●			●
Pt1000 в нижнем подшипнике			●			●
Датчик вибрации PSV3			●			●
Модуль IO 113			●			●
Модуль SM 113			●			●

Система Dedicated Controls предназначена для управления стандартными насосами и взрывозащищенными насосами с термовыключателями или датчиками РТС, установленными в обмотках статора, без модуля IO 113 и без электронного защитного модуля двигателя MP 204. В этом случае требуется обычная защита двигателя.

5.1. ДАТЧИКИ И МОДУЛЬ СВЯЗИ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ SL, SE И S

Насосы серий SL и SE с двигателями мощностью от 9 до 11 кВт и насосы серии S с двигателями мощностью до 520 кВт выпускаются в четырех исполнениях.

Функции IO 113 и SM 113:

- контроль утечек в корпус двигателя;
 - контроль температуры обмоток статора;
 - останов насоса в случае аварийного сигнала;
 - измерение сопротивления изоляции обмоток статора.
- Удаленный контроль насоса через коммуникационный интерфейс RS-485, GENIBus.

Рис. 12. Типы датчиков и модулей, необходимых для различных исполнений насосов SL, SE и S. Датчик воды в воздухе (WIA) в невзрывозащищенные насосы не устанавливается.

6. Преобразователь частоты (ПЧ) CUE



Рис. 14. Преобразователь частоты CUE.

Grundfos CUE имеет один из наиболее обширных и универсальных модельных рядов преобразователей частоты для насосов, присутствующих на рынке, и доступен к заказу в диапазоне мощности от 0,55 до 250 кВт. Модельный ряд преобразователей частоты CUE выпускается на несколько вариантов входного напряжения питания, 2 степеней защиты IP 20/21 (Nema 1) / IP 54/55 (Nema 12) и в не менее чем 24 вариантах выходной мощности. Каковы бы ни были требования, всегда можно выбрать вариант решения на базе имеющегося преобразователя частоты CUE.

6.1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС

CUE обеспечивает быструю и простую настройку и ввод в эксплуатацию в сравнении со стандартным частотным преобразователем общего назначения, поскольку для запуска требуется всего несколько настроек. Просто введите параметры для выполнения конкретной задачи, такие как характеристики двигателя, модельный ряд насоса, функцию управления (например, постоянное давление), тип и установленное значение датчика, и преобразователем CUE будет автоматически выполнена настройка всех необходимых параметров; т.е. время линейного нарастания, минимальная скорость, постоянные значения контроллера, возможные функции и т.п. После завершения настройки перед запуском структура меню преобразователя CUE соответствует показанной на Рис. 16.

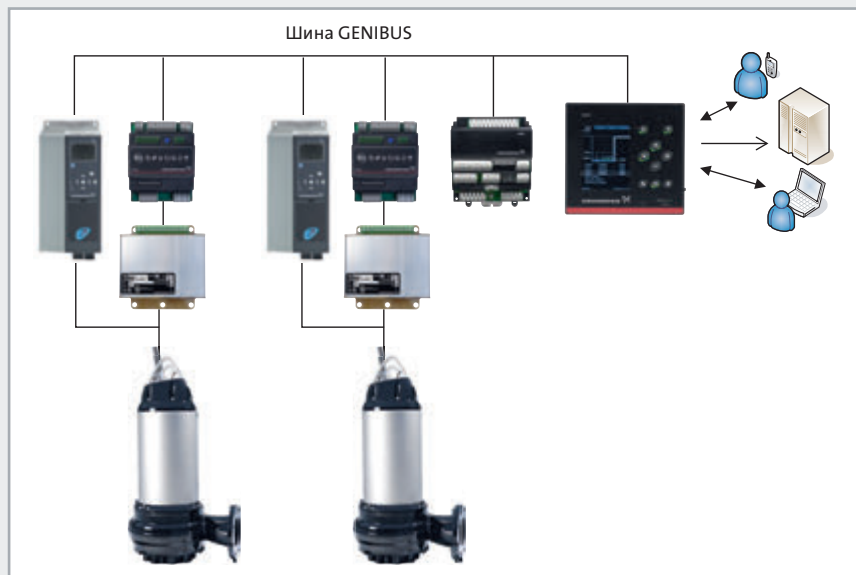


Рис. 15. Полный обзор системы с модулями управления Grundfos, включая преобразователь частоты CUE, для двух насосов SL, SE или S, исполнение с датчиками, с двигателями мощностью до 520 кВт.



Рис. 16. Структура меню преобразователя CUE.

6.2. АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЯ

Во время запуска преобразователь CUE осуществляет автоматическую проверку и выбор правильного направления вращения насоса. Если направление вращения неправильное, преобразователь CUE автоматически выполняет изменение направления, таким образом, ручное переключение обмоток двигателя не обязательно.

6.3. ФУНКЦИЯ ОСТАНОВА

Преобразователь частоты CUE имеет подключаемую функцию останова (по умолчанию не активна), которая отвечает за перевод насоса в режим запуск/останов в случае низкого расхода в системе поддержания постоянного давления или низкого притока в системе опорожнения при поддержании постоянного уровня. Предназначена для исключения длительной работы насоса на минимальных частотах, и снижения тем самым риска перегрева воды в насосе и повреждения уплотнения вала.

6.4. ПОСТОЯННОЕ ДАВЛЕНИЕ С ФУНКЦИЕЙ ИЛИ БЕЗ ФУНКЦИИ ОСТАНОВА

С функцией останова (возможна только при наличии гидроаккумулятора на выходе насоса): напор сохраняется постоянным при высоком расходе, при низком расходе ПЧ переходит в режим запуска/останова, поддерживая давление на выходе в заданном коридоре.

Без функции останова: давление сохраняется постоянным независимо от расхода.

6.5. ПОСТОЯННЫЙ УРОВЕНЬ С ФУНКЦИЕЙ ИЛИ БЕЗ ФУНКЦИИ ОСТАНОВА

С функцией останова: уровень жидкости сохраняется постоянным при высоком расходе (или притоке). Операция включения/выключения выполняется при низком расходе (или притоке).

Без функции останова: уровень жидкости сохраняется постоянным независимо от расхода (притока).

6.6. ЗАЩИТА ОТ «СУХОГО» ХОДА

Преобразователь CUE осуществляет защиту от «сухого» хода, один из дискретных входов можно выделить для подключения датчика «сухого» хода.

6.7. КОНТРОЛЬ ПОДШИПНИКОВ ДВИГАТЕЛЯ

Преобразователь CUE выполняет контроль времени эксплуатации подшипников двигателя и выдаёт сигнал предупреждения о необходимости замены подшипников. Эту функцию можно оптимизировать путем добавления устройства измерения температуры подшипников (необходим дополнительный модуль ввода/вывода MCB 114), что позволяет преобразователю частоты отключить насос в случае перегрева подшипников.

6.8. ДАТЧИКИ

CUE поддерживает подключение следующих аналоговых датчиков (4–20 мА):

- Датчики давления — до 25 бар
- Датчики температуры
- Датчики перепада давления
- Датчики перепада температуры
- Расходомеры
- Панель потенциометров для внешней настройки установленного значения

6.9. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ CUE

- Антиблокировка
- Автоматическая оптимизация энергопотребления
- Проверка удельного энергопотребления
- Частота ШИМ-модуляции
- Контроль напряжения
- Контроль тока
- Контроль последовательности чередования фаз
- Контроль мощности
- Контроль расхода электроэнергии
- Контроль крутящего момента
- Обратный ход
- Запуск и останов промывки
- ПИД-регулирование

6.10. ВОЗМОЖНОСТИ

- Полный обзор состояния насоса
- Изменение установленного значения, сброс настроек и пуск/останов насоса
- Доступ к полному журналу аварийных сигналов/предупреждений
- Оптимизация программы обслуживания и ремонта
- Снижение потребления электроэнергии в системе
- Возможность интеграции в системы управления верхнего уровня по стандартным протоколам, проводным и беспроводным каналам связи (требуется блок CIU)
- Соединение VNC для миграции интерфейса панели ПЧ в веб-браузер.

6.11. ШЛЮЗЫ

Преобразователь CUE снабжен стандартным интерфейсом RS485 и поддерживает протокол GENIbus. При необходимости возможна поставка шлюзов (блоки CIU) для преобразования в стандартные протоколы коммуникационных шин.

6.12. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ БЕЗ ФИЛЬТРОВ

В случае длинных кабелей, для защиты работающего от ПЧ CUE электродвигателя от больших перепадов напряжения, возможно применение выходных фильтров. Электродвигатель насоса Grundfos, если он правильно подобран по мощности и имеет достаточное охлаждение, будет иметь приемлемый срок службы и без использования выходного фильтра. Тем не менее, в ряде случаев, применение выходного фильтра необходимо. На выходе частотных преобразователей без выходного фильтра возникает напряжение, форма которого значительно отличается от идеальной синусоидальной из-за переходных процессов при ШИМ-модуляции. Влияние переходных процессов возрастает с увеличением длины кабеля между ПЧ и двигателем, что приводит к снижению срока службы двигателя.

Всегда необходимо помнить о том, что применение выходного фильтра, в любом случае, улучшает условия эксплуатации электродвигателя и продлевает срок его эксплуатации.

6.13. ВЫХОДНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Всеми ПЧ CUE осуществляется подача на клеммы двигателя напряжения несинусоидальной формы. В некоторых случаях требуется или желательно фильтровать выходное напряжение, чтобы привести его к синусоидальной форме, потому что:

- это снижает скорость нарастания dU/dt и пиковое значение напряжения, подаваемого на двигатель;
- это снижает уровень шума, возникающего в обмотках двигателя;
- это позволяет использовать соединительные кабели большой длины.

7. Частотно-регулируемый привод

Всё чаще встречаются канализационные системы, в которых применяется регулирование скорости вращения насосов при помощи ПЧ. В процессе выбора решения для регулировки скорости необходимо учитывать два основных фактора:

- Длина кабеля от ПЧ до насоса.
- Напряжение питания ПЧ и насоса.

Импульсы высокого напряжения возникают, если насос подключен к ПЧ кабелем длиной свыше 25 м. Это физический феномен, который связан с зарядной емкостью на землю в выходных кабелях. Это актуально для всех ПЧ, независимо от производителя.

Выходной фильтр предназначен для снижения пиковых напряжений и тем самым для снижения стрессовой нагрузки на изоляцию двигателя. Выходной фильтр должен применяться:

- при длине кабеля от ПЧ до насоса более 25 метров;
- если напряжение питания выше 440 В.

Величина напряжения питания оказывает сильное влияние на фактический уровень пикового напряжения. Различные уровни напряжения питания требуют различных решений для снижения стрессовой нагрузки на системы изоляции двигателей.

В случае длинного кабеля и высокого напряжения питания, к насосам, подключенным к частотным преобразователям, предъявляются следующие требования:

Общие условия

Все двигатели, работающие от частотных преобразователей, должны быть защищены от бросков напряжения и критической скорости нарастания коммутационного напряжения (dU/dt) в соответствии с IEC60034-17.

Напряжение питания	Длина кабеля < 25 м	Длина кабеля > 25 м
Менее 240 В	Фильтр не требуется	Рекомендуется синусный фильтр
380–440 В	Фильтр не требуется	Рекомендуется синусный фильтр
440–500 В	Рекомендуется синусный фильтр	Требуется синусный фильтр
Более 500 В	Требуется синусный фильтр	Требуется синусный фильтр

Выходные фильтры также называются индуктивно-емкостными или резистивно-индуктивно-емкостными фильтрами.

7.1. ПОКАЗАНИЯ К УСТАНОВКЕ ВЫХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ РАБОТЕ НАСОСА ОТ ПЧ

Напряжение питания 3 x 200–240 В

Установка выходных фильтров не требуется в случае управления от ПЧ насосами с напряжением питания до 240 В. Такие двигатели обычно рассчитаны на напряжение 200–240 В при подключении типа «треугольник» и на напряжение 380–415 В при подключении типа «звезда».

Напряжение питания 3 x 380–440 В

Если напряжение питания насоса не превышает 440 В при включении обмоток по схеме «треугольник», а длина кабеля от ПЧ до насоса не превышает 25 метров, то установка выходного фильтра не требуется. В этих двигателях используется система изоляции, которая выдерживает импульсы напряжения от ПЧ при недлинном кабеле.

Напряжение питания 3 x 440–500 В

Если длина кабеля не превышает 25 метров, то установка выходного фильтра не требуется, но рекомендуется. Если длина кабеля больше 25 метров, то фильтр необходим.

Напряжение питания 3 x 500 В и выше

Необходимо использование выходного фильтра.

Необходимо всегда применять синусные фильтры в случае управления от ПЧ насосами с напряжением питания 3 x 220 («треугольник»)/3 x 380 («звезда») вольт при подключении их к напряжению 3 x 380 вольт по схеме «звезда».

7.2. ТРЕБОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КАБЕЛЕЙ

В соответствии с Директивой комитета ЕС об электромагнитной совместимости изготовители ПЧ могут требовать замены кабелей двигателей насосов на кабели, соответствующие требованиям электромагнитной совместимости и имеющие соответствующий сертификат. Для погружных насосов выбор ПЧ может осуществляться с учетом или без учета требования электромагнитной совместимости кабелей.

Можно отказаться от использования кабелей, отвечающих требованию электромагнитной совместимости, при наличии фильтров подавления излучения в составе ПЧ.

7.3. ПОДШИПНИКОВЫЕ ТОКИ

В некоторых случаях частотное управление приводит к возникновению токов в подшипниках двигателей большой мощности с короткозамкнутым ротором с воздушным охлаждением, которые вызывают разрушение подшипников. Возможно, что двигатели погружных насосов меньше подвержены таким токам, поскольку они хорошо заземлены трубопроводом и погружены в воду, и таким образом защищены. Это предположение подтверждается опытом работы Grundfos: на двигателях погружных насосов до сих пор не было разрушения подшипников. Применение изолированных подшипников может привести к ощутимому увеличению стоимости насоса.

8. Взаимодействие между устройствами внутри системы

Взаимодействие между устройствами CU 362, IO 351B, IO 113, MP 204 и CUE осуществляется при помощи шины Grundfos GENIbus.

9. Взаимодействие с внешними устройствами

Система Grundfos Dedicated Controls может осуществлять информационный обмен со следующими внешними устройствами:

- ПК
- мобильный телефон (команды SMS)
- системы SCADA/BMS.



Рис. 16. Устройство CU 362 с возможностью взаимодействия с внешними устройствами.

Коммуникационный канал и протокол обмена данными

Систему Dedicated Controls можно снабдить встроенным коммуникационным интерфейсным модулем CIM. Коммуникационный модуль используется в зависимости от протокола связи и коммуникационного канала.

Система Dedicated Controls поддерживает следующие модули Grundfos CIM:

- CIM 060 — для связи с приложением Grundfos GO
- CIM 260 GSM — Modbus RTU по сетям GSM
- CIM 200 Modbus RTU — проводная шина Modbus
- CIM 150 Profibus DP — связь шины Profibus с ПЛК или системой SCADA
- CIM 500 Ethernet IP — проводное соединение Ethernet (Modbus TCP, Profinet)

[6]

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

1. Общие сведения

Чтобы определить конструктивные требования к насосной станции, необходимо учесть требуемую производительность, выбрать канализационные насосы необходимой мощности, количество насосов и тип их установки. Кроме того, при планировании монтажных работ необходимо учитывать конструкцию резервуара, трубопроводной системы с клапанами, вентиляцию и гидравлическую часть.

Проектирование гидравлической части начинается с подводящего трубопровода в насосную станцию, далее, при необходимости, продолжается расчетом габаритов подземного резервуара и фактическим расположением насосов и заканчивается системой напорного трубопровода.

Правильная конструкция подземного резервуара является критически важной для обеспечения оптимальных условий эксплуатации насосов и предотвращения затопления или заиливания приемного резервуара и образования поверхностного слоя пены. Неправильная конструкция приемного резервуара может оказать отрицательное влияние на условия эксплуатации, а также привести к снижению производительности и уменьшению срока службы насоса.

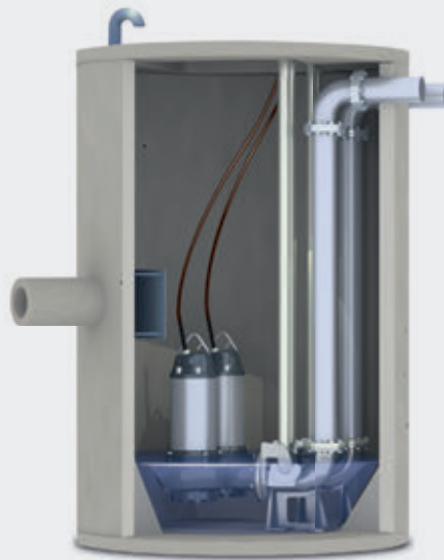
В технической документации канализационных насосов Grundfos указываются размеры насосов и принадлежностей, необходимых для монтажа. Эти справочные значения необходимы для проектирования, в особенности, для выбора габаритных размеров насосной станции.

Успешное проектирование насосной станции — сложная задача. Кроме выбора минимального расстояния между насосами и между всасывающим патрубком насоса и основанием или размеров основания, на данном этапе также осуществляется проектирование пространства между подводящим трубопроводом и насосом (насосами). Для обеспечения оптимальных эксплуатационных характеристик насоса необходимо учесть следующие общие факторы.

Рис. 1 Цилиндрическая бетонная насосная станция с экраном перед подводящей трубой и двумя погружными канализационными насосами на автоматической трубной муфте.

2. Круглые в плане КНС с производительностью одного насоса до 315 л/с

- Расстояние от подводящего трубопровода до дна колодца должно быть достаточным, чтобы обеспечить эффективный объем подземного резервуара на цикл работы насоса и объемом ниже уровня останова.
- Экран, установленный перед подводящей трубой, может служить демпфером потока и тем самым препятствовать образованию завихрений и подсоса воздуха в насос.
- Расстояние между насосами должно быть достаточным, чтобы обеспечить минимальное расстояние между корпусами насосов, равное диаметру всасывающего фланца насоса.
- Расстояние до стенок должно быть равным диаметру входа в насос и достаточным, чтобы предотвратить образование участков застоя и отложений.
- От стенок в направлении насоса необходимо обеспечить уклон, чтобы направить осаждающиеся загрязнения во всас насоса.
- Глубина должна быть достаточной, чтобы не допустить образования устойчивых депрессионных воронок на поверхности и в некоторых случаях обеспечить отведение тепла от двигателя (условия охлаждения).



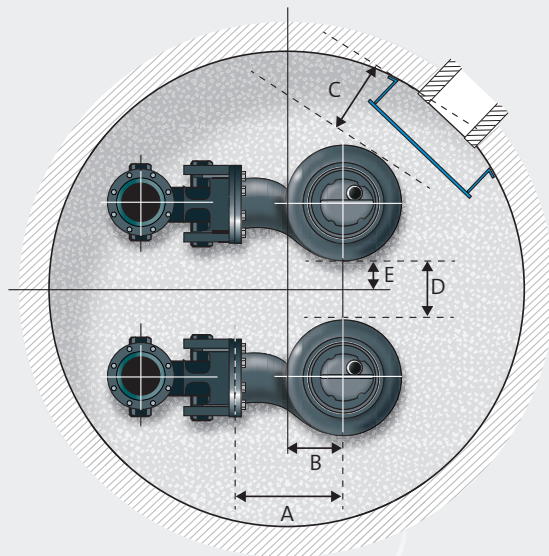
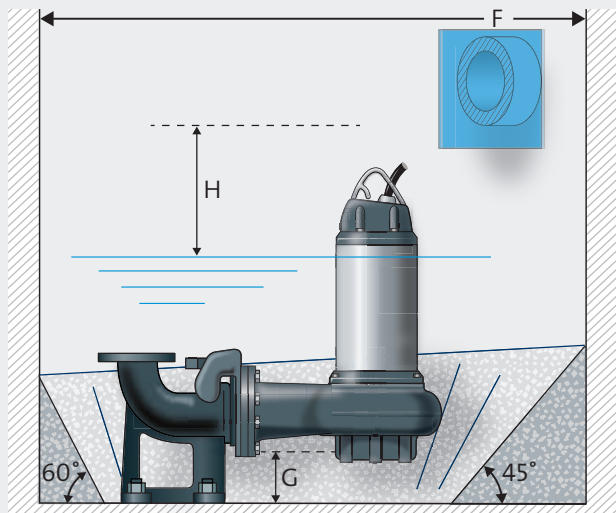


Рис. 2 Рекомендации по выбору размеров круглых в плане канализационных насосных станций.

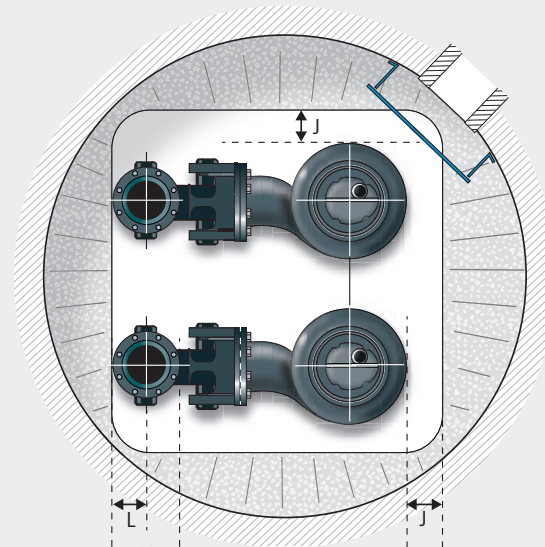


Рис. 3 Рекомендации по устройству уклонов круглых в плане КНС.

- A = Диаметр улитки
- B = $\leq A/2$
- C = Расстояние до стенки 0,25 x A или не менее 100 мм
- D = Диаметр всасывающего патрубка или не менее 100 мм
- E = D/2
- F = Диаметр резервуара. Минимальный диаметр резервуара должен соответствовать типу резервуара, см. рис. 2.
- G = Минимальное расстояние от дна резервуара до всасывающего фланца – не менее диаметра всасывающего фланца.
- H = Расстояние от лотка подводящего трубопровода до максимального уровня пуска (не менее 100 мм)
- J = Расстояние от корпуса насоса до уклона, равно диаметру всасывающего фланца (не менее 100 мм)
- K = Диаметр всасывающего фланца
- L = K/2

Ссылка:

национальные стандарты США для центробежных насосов для расчета конструкции всаса насоса. Институт гидравлики.

2.1. КВАДРАТНЫЕ И ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ В ПЛАНЕ КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ С ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 315 Л/С НА НАСОС

Геометрия прямоугольных насосных станций является не самым подходящим решением для перекачивания жидкостей, содержащих твердые частицы, но в случае обеспечения уклонов дна резервуара и при частой очистке, эксплуатация таких станций допускается.

Цель данного раздела — дать рекомендации для проектирования квадратной или прямоугольной в плане канализационной насосной станции, чтобы свести к минимуму или исключить заиливания приемного резервуара.

КНС должна быть спроектирована таким образом, чтобы не допустить заиливание трубопроводов, путём обеспечения минимально необходимых скоростей движения жидкости (например, 1,0 м/с и выше), чтобы подводить загрязнения во всасывающую часть насоса и способствовать тщательному перемешиванию жидкости в резервуаре для предотвращения образования осадка во время работы насосов.



Рис. 4 Квадратная в плане железобетонная насосная станция с экраном перед подводящим трубопроводом и тремя погружными канализационными насосами с коленом-основанием в системе с автоматической трубной муфтой на бетонном основании.

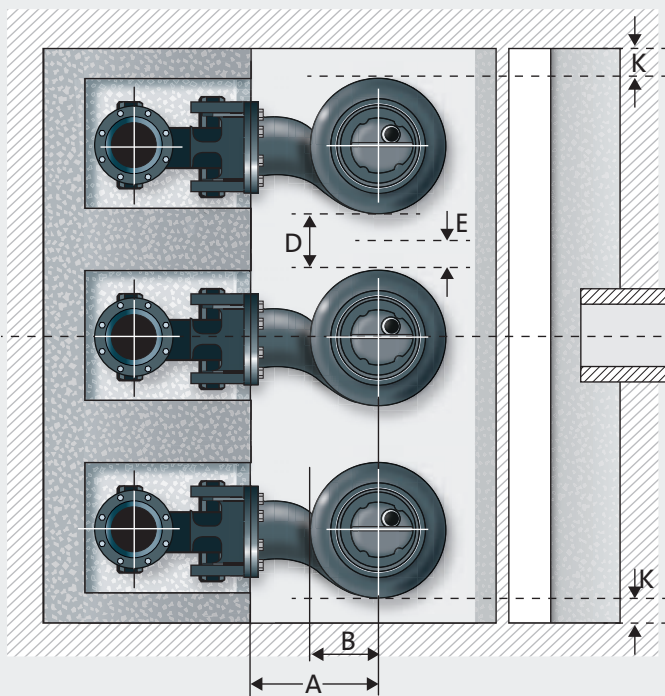
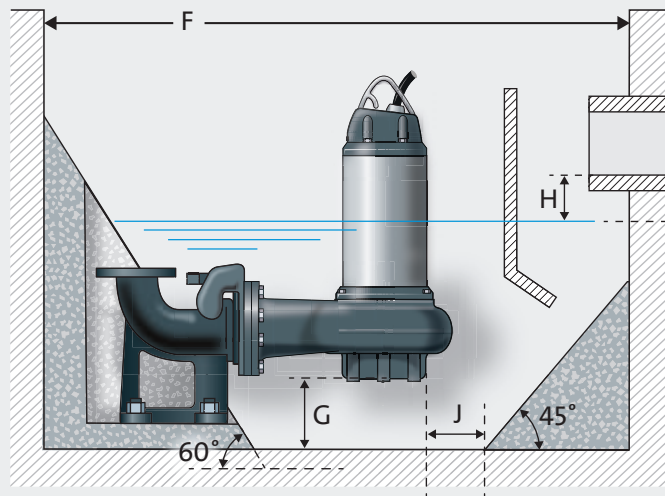


Рис. 5 Рекомендации по выбору размеров квадратных и прямоугольных в плане канализационных станций.

- A = Диаметр улитки
 B = $\leq A/2$
 C = Расстояние до стенки 0,25 x A или не менее 100 мм
 D = Диаметр всасывающего фланца (не менее 100 мм)
 E = D/2
 F = Ширина резервуара. Минимальная ширина резервуара должна соответствовать его типу, см. Рис. 5.
 G = Минимальное расстояние от дна резервуара — это минимальный диаметр подводящего трубопровода до спирали
 H = Расстояние от лотка подводящего трубопровода до верхнего уровня жидкости и максимального уровня пуска или не менее 100 мм

Ссылка:

национальные стандарты США для центробежных насосов для расчета конструкции всаса насоса. Институт гидравлики.

2.2. РАСПОЛОЖЕНИЕ ПОДВОДЯЩЕГО ТРУБОПРОВОДА КНС

Больше всего проблем в процессе эксплуатации насосов возникает из-за подсоса воздуха в насос и увеличения содержания воздуха в сточной воде, возникающего при образовании брызг в приёмном резервуаре.

Воздух в сточных водах сохраняется продолжительное время, т.к. пузырьки воздуха прилипают к содержащимся в жидкости твёрдым частицам.

Положение подводящего трубопровода насосной станции важно для эффективной и безаварийной работы насоса. Подводящий трубопровод должен располагаться выше максимального уровня пуска насосов, чтобы гарантировать неподтопление станции.

Если подводящий трубопровод находится намного выше уровня запуска, поступающий поток будет демпфирован рассекателем, например, экраном, и уровень сточных вод будет снижен. Экран предназначен для предотвращения подсоса воздуха, когда уровень стоков в резервуаре приближается к уровню останова насоса.

В квадратных в плане КНС подводящий трубопровод должен находиться на стене, противоположной вертикальным напорным трубам. В круглых в плане КНС подводящий трубопровод дол-

жен располагаться в пределах сектора 120° со стороны, противоположной вертикальным напорным трубам, и, как правило, скорость потока на подводящем трубопроводе не должна превышать 2 м/с (Примечание: данные рекомендации противостоят аналогичным требованиям РФ, конкретно СП 32.13330.2012).

2.3. РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ВСАСЫВАЮЩИМ ФЛАНЦЕМ НАСОСА И ДНОМ ПРИЕМНОГО РЕЗЕРВУАРА

Назначение приёмного резервуара — усреднение неравномерности притока ливневых или хозяйственно-бытовых стоков для обеспечения оптимальных условий подачи в насос. Минимальное расстояние от дна резервуара до всасывающего фланца насоса должно быть не меньше его диаметра.

Чтобы обеспечить такое расстояние, колено-основание системы с автоматической трубной муфтой в некоторых случаях необходимо установить на бетонное основание. Расстояния указаны в габаритных чертежах каталога для каждого конкретного канализационного насоса Grundfos.

3. Уклон дна подземного резервуара

Одной из проблем, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации насосных станций сточных вод, является накопление ила и твердых частиц различной плотности на дне резервуара. Чтобы этого избежать, требуется устройство уклона от дна к стенкам колодца под углом от 45° до 60°.

Уклон играет важную роль для обеспечения оптимальных рабочих условий. Такая конструкция препятствует образованию мертвых зон и сводит к минимуму риск образования застойных зон, где могут скапливаться отложения.

Уменьшенный диаметр дна способствует повышению скорости воды вблизи уровня останова резервуара, что облегчает всасывание твердых частиц и взвешенного мусора.

4. Необходимый объем резервуара

Зачастую, чтобы обеспечить достаточный объем, выбирают переразмеренные резервуары и получают противоположный результат.

Оптимальные рабочие условия достигаются, когда эффективный объем резервуара и объем между уровнями останова и пуска рассчитан правильно, кроме того, обеспечен уклон.

Одним из основных недостатков слишком большого объема подземного резервуара является образование застойных зон, что в свою очередь приводит к отложению осадка с неприятным запахом и блокировке насоса.

Во время расчета размеров резервуара необходимо учесть шесть основных факторов:

- Пиковый приток.
- Производительность насоса.
- Максимально допустимая частота пусков.
- Эффективный объем резервуара.
- Диаметр колодца (круглых в плане КНС).

Затем можно определить расстояние между уровнями пуска и останова.

5. Приток

Чтобы исключить ошибки в процессе оценки и расчетов, необходимо использовать значение притока, которое обычно предоставляется организациями или консультантами. Приток сточных вод имеет часовую и суточную неравномерность и зависит от происхождения сточных вод. Приток ливневых стоков непостоянен и сильно зависит от внешних условий, тогда как приток хозяйственно-бытовых стоков более упорядочен.

6. Производительность насоса

Если пиковый приток установлен равным 29 л/с, необходимая производительность насоса вычисляется путем умножения на 1,05, что означает, что нам нужен насос, который способен работать с производительностью 30 л/с при пиковой нагрузке, чтобы гарантировать, защиту от затопления колодца (согласно требованиям законодательства РФ, при расчете производительности насосов и определении объемов приёмных резервуаров КНС, используется максимальный при 5% обеспеченности коэффициент неравномерности притока сточных вод: п. 5.1.7 СП 32.13330.2012).

Во время выбора насоса важно учесть максимальное число пусков в час, чтобы гарантировать готовность насоса к работе во время наиболее высокой дневной нагрузки. Эмпирическое правило: чем у насоса больше пусков в час, тем лучше.

7. Частота пусков и эффективный объем резервуара

В насосной станции объем сточных вод включает в себя объем от дна резервуара до нижнего уровня останова насоса и эффективный объем выше этого уровня. Эффективный объем меняется при использовании насоса и при изменении притока. Частота пусков насосов зависит от доступного эффективного объема и притока.

Частота пусков Z — это функция соотношения между Q_{in}/Q и V_h , где:

Q_{in} = приток (л/с)

Q = производительность насоса (л/с)

V_h = эффективный объем между уровнями пуска и останова (m^3)

$$Z_{max} = \frac{Q \times 3,6}{4 \times V_h} \quad (Z_{max} = \text{макс. количество пусков в час})$$

Отсюда получаем V_h :

$$V_h = \frac{Q \times 3,6}{4 \times Z_{max}}$$

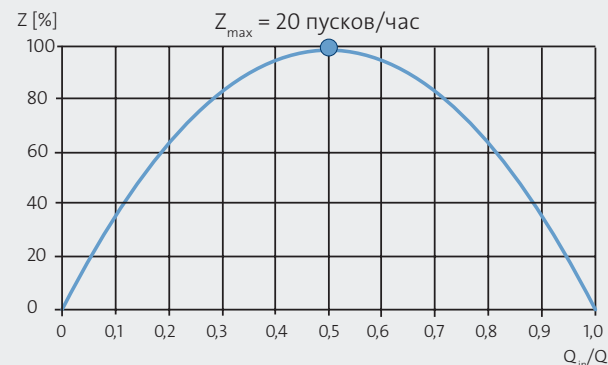


Рис. 6 Кривая частоты пусков Z для одного насоса как функция соотношения между расходом на входе Q_{in} и производительностью насоса Q .

Примечание. Если максимальный приток равен производительности насоса, насос работает непрерывно. Количество пусков Z_{max} наибольшее, если приток равен половине производительности насоса.

Большинство двигателей Grundfos рассчитаны на не более 20 пусков в час.

Максимальное количество пусков в час	
Насосы серий SL и SE	20 пусков в час
Насосы серии S модель 62	20 пусков в час
Насосы серии S модель 66	20 пусков в час
Насосы серии S модель 70	20 пусков в час
Насосы серии S модель 72	15 пусков в час
Насосы серии S модель 74 и 78	10 пусков в час

Рис. 7 Максимальное количество пусков в час для канализационных насосов Grundfos.

8. Расчет эффективного объема — параллельный режим работы

Перед началом расчета эффективного объема важно знать, насосы будут работать параллельно или попеременно. В напорных системах с двумя насосами, работающими попеременно, а во время пикового поступления воды — параллельно, необходимо получить требуемую производительность путем совместной работы двух насосов. Другими словами, насосы, работающие одновременно, должны быть способны перекачивать 30 л/с при пиковой нагрузке.

Пример

$Q = 30$ л/с

$Z_{max} = 20$ пусков/час

Необходимый минимальный эффективный объем между пуском и остановом:

$$V_h = \frac{30 \times 3,6}{4 \times 20} = 1,35 \text{ м}^3$$

9. Расчет эффективного объема — попеременный режим работы

Для получения эффективного объема в системе с двумя насосами, работающими попеременно, необходимая производительность насоса рассчитывается по той же формуле, но на основании производительности только одного насоса, а не двух, работающих параллельно.

Во время выбора мощности насосов необходимо учитывать, что каждый насос должен быть способен сам обеспечивать 100% производительность, чтобы гарантировать необходимое резервирование в случае отказа одного из насосов, что означает, что насосы в этом примере будут мощнее, чем насосы, работающие параллельно.

В нормальных условиях каждый насос запускается 10 раз в час, и если один насос не работает, другой запускается 20 раз в час.

10. Диаметр колодца для круглых в плане КНС

Правильный выбор диаметра колодца необходим для обеспечения оптимальных рабочих условий. Необходимый диаметр определяется на основе количества насосов и дополнительного пространства, необходимого для трубопроводов и пр. Если вернуться к примеру с двумя насосами, работающими параллельно, для этой системы потребуется диаметр колодца 2 м или радиус 1 м.

11. Расстояние между уровнями пуска и останова круглых в плане КНС

Наконец, мы готовы рассчитать высоту между уровнем пуска и уровнем останова или эффективную высоту круглого насосного колодца. Нам известно, что эффективный объем равен $1,35 \text{ м}^3$ и что радиус колодца — 1 м.

Теперь, чтобы рассчитать эффективную высоту, используем следующую формулу. В результате получим эффективную высоту 0,43 м.

$$H_{\text{эффектив.}} = \frac{1,35}{1 \times \pi} = 0,43 \text{ м}$$

Теперь уровень пуска 1 можно установить в колодце в соответствии с рекомендацией изготовителя насоса. Зачастую уровень пуска 1 необходимо устанавливать в верхней части двигателя. Поэтому уровень останова должен находиться на 0,43 м ниже уровня пуска 1. Для насосных агрегатов с кожухом охлаждения можно установить общий уровень останова в верхней части корпуса насоса, а уровень пуска 1 необходимо установить на 0,43 м выше. Для двух насосов, работающих параллельно, уровень пуска 2 устанавливается на 0,1 м выше уровня пуска 1, а уровень подачи аварийного сигнала устанавливается на 0,1 м выше уровня пуска 2. Для двух насосов, работающих параллельно, необходимо установить третий резервный насос (в РФ количество резервных насосов устанавливается в зависимости от категории надежности КНС: п. 8.2.1, СП 32.13330.2012).

Для двух насосов, работающих параллельно, уровень подачи аварийного сигнала необходимо установить на 0,1 м выше уровня пуска 1, а уровень пуска 2 необходимо установить на 0,1 м выше уровня подачи аварийного сигнала.

Правильный выбор расстояния между уровнями пуска и останова очень важен. Если расстояние слишком большое, уменьшается количество циклов работы насоса, возможно отложение осадка в резервуаре, поскольку вода находится в колодце слишком долго. Осадок может вызвать блокировку во время пуска, также возможно скопление ядовитых газов. Засоры такого рода — это одна из наиболее распространенных причин незапланированных простоев.



Рис. 8 Два насоса с индикацией уровней пуска и останова.

12. Расстояние между уровнями пуска и останова в квадратных в плане КНС

Если использовать пример с двумя насосами, работающими параллельно, который приведен выше, для такой системы потребуется площадь дна 2×2 м.

Чтобы рассчитать расстояние между уровнем пуска и уровнем останова, т.е. эффективную высоту квадратного в плане колодца, используем тот же эффективный объем, что и для круглой в плане КНС, $1,35 \text{ м}^3$.

Теперь, чтобы рассчитать эффективную высоту, используем следующую формулу. В результате получим эффективную высоту $0,34$ м.

$$H_{\text{эффектив.}} = \frac{1,35}{2^2} = 0,34 \text{ м}$$

Насосные станции с более чем двумя насосами, как правило, используются в объединенных напорных системах, для повышения производительности или для обеспечения резерва на случай непредвиденного резкого повышения нагрузки, например, во время сильного дождя (в РФ системы хозяйственно-бытовой и дождевой наружной канализации, как правило, отдельные, и количество рабочих насосов зависит от требуемой производительности системы).

13. Конструкция резервуара прямоугольных в плане КНС с тремя и более насосами

Для насосных станций с тремя и более насосами и увеличенного притока может понадобиться прямоугольная конструкция. Чтобы гарантировать хорошие гидравлические условия, в прямоугольном резервуаре возле стенок необходим уклон, аналогичный уклону, квадратной в плане КНС.



Рис. 9 Прямоугольная бетонная насосная станция с экраном перед подводящей трубой и тремя погружными канализационными насосами с коленом-основанием в системе с автоматической трубной муфтой на бетонном основании.

14. Объем приемного резервуара в КНС с общим количеством насосов больше трех

Существует несколько способов расчета эффективного объема резервуара для прямоугольных в плане КНС с тремя и более одинаковыми насосами.

Суммарный необходимый объем резервуара зависит от схемы пусков и остановов насосов и компоновки напорной трубопроводной системы, которая может быть снабжена отдельными напорными трубами или общим коллектором, где трение в напорной системе повышается квадратично по мере увеличения количества работающих насосов.

15. Насосные станции с отдельными напорными трубами

Выбор насосов зависит от пикового притока, располагаемого объема приемного резервуара и пр. в соответствии с принятой на месте практикой.

Для насосных станций с несколькими одинаковыми насосами и отдельными напорными трубами насосы могут работать в соответствии со следующими шаблонами.

Согласно рабочей схеме 1 запуск насосов осуществляется в порядке повышения притока. Если приток выше, чем производительность работающего насоса (насосов), будет запущен следующий насос, останов выполняется в обратном порядке. Другими словами, если работает несколько насосов и приток снижается, последний запущенный насос будет остановлен после снижения уровня воды до уровня останова этого насоса и т.д.

Согласно рабочей схеме 2 насосы также запускаются в порядке повышения притока, но в отличие от схемы 1 все насосы согласно схеме 2 будут работать параллельно до наступления общего уровня останова вместе со снижением притока.

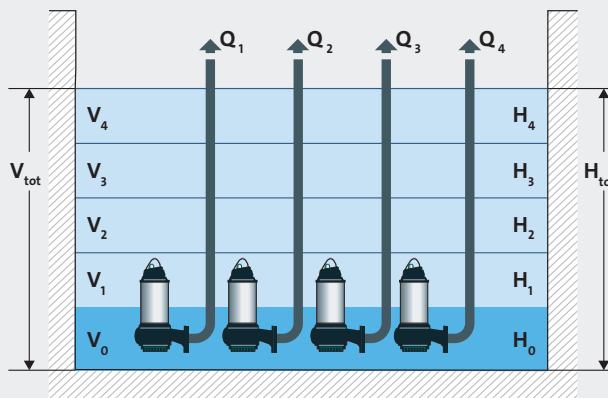


Рис. 10 Схема для четырех насосов с четырьмя уровнями пуска и останова и уровнем воды ниже уровня останова.

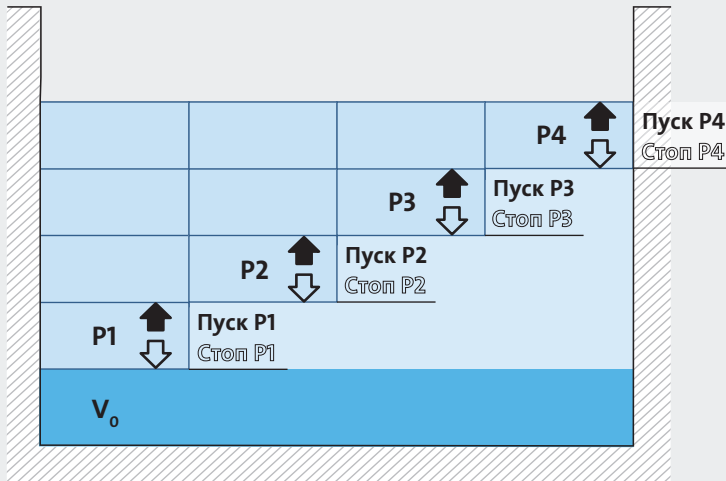


Рис. 11 Графическое изображение рабочей схемы 1 с последовательным пуском и остановом четырех насосов.

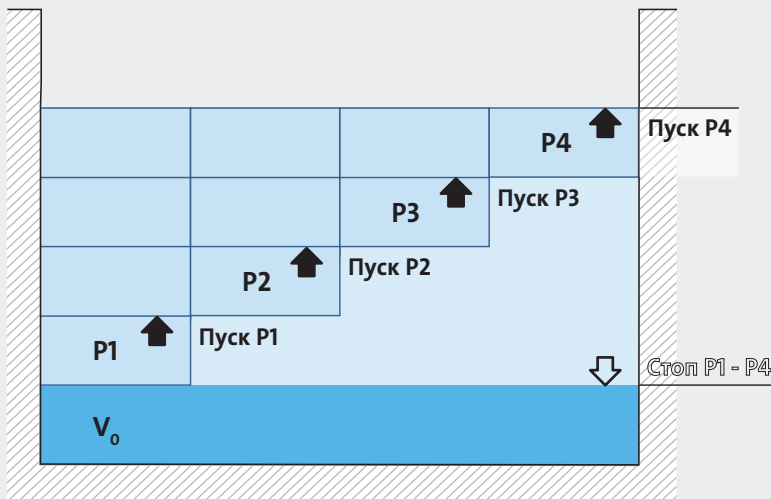


Рис. 12 Графическое изображение рабочей схемы 2 с последовательным пуском четырех насосов и общим остановом.

Чтобы обеспечить равномерную нагрузку на насосы, они должны работать попеременно, т.е. первый запущенный насос должен запускаться последним после выполнения цикла.

16. Расчет объема резервуара

В соответствии со следующей формулой можно рассчитать суммарный объем резервуара насосной станции с четырьмя одинаковыми погружными насосами с отдельными напорными трубами и необходимой производительностью 340 л/с на насос, включая резервный насос (324 л/с x 1,05).

$$V_{\text{tot},n} = V_0 + (n \times H) \times S$$

где:

$V_{\text{tot},n}$ = Суммарный объем

V_0 = Объем от самого низкого уровня останова до дна резервуара

n = Количество насосов

H = Высота эффективного объема

S = Площадь плоского дна

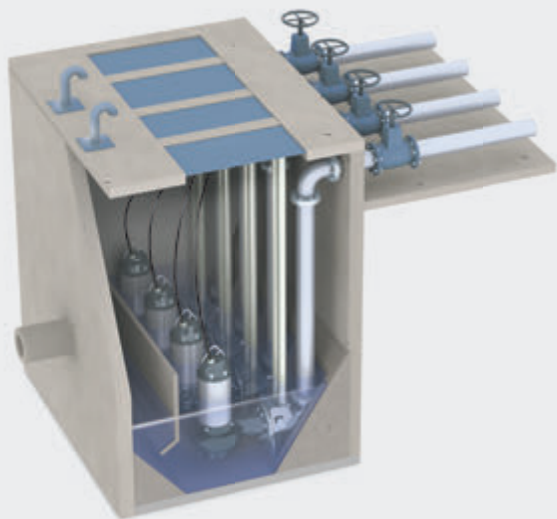


Рис. 13 Четыре одинаковых погружных канализационных насоса, установленных на автоматической трубной муфте с направляющими и отдельными напорными трубами. Насосная станция снабжена экраном перед подводящим трубопроводом.

Пример:

Q = 340 л/с

Z_{max} = 20 пусков/час

В соответствии со следующей формулой необходимый эффективный объем для одного насоса равен 15,3 м³.

$$V_h = \frac{340 \times 3,6}{4 \times 20} = 15,3 \text{ м}^3$$

Длина насосной станции в плане рассчитывается с использованием необходимого расстояния между четырьмя насосами и необходимого пространства до боковых стенок. Ширина насосной станции рассчитывается с учетом минимального необходимого расстояния от центра насоса до стенки перед насосом плюс расстояние от центра насоса до стенки позади колена-основания для системы с направляющими. В этом расчете расстояние от фланца колена до стенки, заканчивающейся прямоугольным участком 5,5 x 4,8 м (26,4 м²), будет равно 200 мм.

Теперь рассчитаем эффективную высоту для одного насоса:

$$H_{\text{эффектив.}} = \frac{15,3}{26,4} = 0,58 \text{ м}$$

В этом примере мы выбрали канализационный насос Grundfos с высоким напором типа S2.120.250.1000.6. Колено-основание должно быть установлено на бетонном фундаменте высотой 150 мм, уровень останова устанавливается немного выше корпуса насоса, что даст нам в результате 600 мм от уровня останова до дна резервуара.

Теперь рассчитаем объем от дна до уровня останова:

$$26,4 \text{ м}^2 \times 0,6 \text{ м} = 15,8 \text{ м}^3$$

Суммарный объем резервуара равен 77 м³ в соответствии с формулой:

$$V_{\text{tot},n} = (0,6 \text{ м} + 2,32 \text{ м}) \times 26,4 \text{ м}^2$$

$$\text{Эффективный объем резервуара: } (77 \text{ м}^3 - 15,8 \text{ м}^3) = 61 \text{ м}^3$$

$$\text{Общая высота: } (0,6 \text{ м} + 2,32 \text{ м}) = 2,9 \text{ м}$$

$$\text{Суммарная эффективная высота: } (0,58 \text{ м} \times 4) = 2,32 \text{ м}$$

17. Объем резервуара для четырех рабочих насосов и одного резервного

С помощью следующей формулы можно рассчитать объем резервуара насосной станции с пятью одинаковыми погружными насосами, один насос из которых является резервным.

$$V_{\text{tot},n} = V_0 + (n-1) \times H \times S$$

Как и в предыдущем примере, насосы установлены в системе при помощи автоматической муфты с трубными направляющими и отдельными напорными трубами. Необходимая производительность — 340 л/с на насос, включая резерв (324 л/с x 1,05).

В этом примере суммарный объем резервуара будет больше, чем в примере без резервного насоса. Дополнительный объем возникает из-за дополнительной длины станции, которая дает дополнительный объем от уровня останова до дна. Эффективный объем резервуара между уровнем пуска и уровнем останова для насосов будет аналогичным, но при меньшей высоте.

Длина насосной станции изменится с 5,5 м до 6,8 м из-за необходимого пространства для дополнительного пятого насоса.

Необходимое пространство — ширина корпуса насоса
891 мм x 1,5 = 1,3 м

Ширина насосной станции останется неизменной 4,8 м.
Далее площадь прямоугольного пространства будет
6,8 м x 4,8 м = 32,6 м²

Теперь рассчитаем эффективную высоту для одного насоса:

$$H_{\text{эффектив.}} = \frac{15,3}{32,6} = 0,47 \text{ м}$$

Объем от плоского дна до уровня останова:

$$32,6 \text{ м}^2 \times 0,6 \text{ м} = 19,6 \text{ м}^3$$

Суммарный объем резервуара равен 81 м³ в соответствии с формулой:

$$V_{\text{tot},n} = (0,6 \text{ м} + 1,88 \text{ м}) \times 32,64 \text{ м}^2$$

$$\text{Эффективный объем резервуара: } (81 \text{ м}^3 - 19,6 \text{ м}^3) = 61 \text{ м}^3$$

$$\text{Общая высота: } (0,6 \text{ м} + 1,88 \text{ м}) = 2,5 \text{ м}$$

$$\text{Суммарная эффективная высота: } (0,47 \text{ м} \times 4) = 1,9 \text{ м}$$

18. Последовательность циклов и объемы

Цикл — это пуск и останов насоса. Частоту циклов необходимо ограничить, чтобы предотвратить возникновение повреждений и возможные неисправности. Критический параметр — время между остановом и последующим перезапуском отдельного насоса, а не продолжительность работы насоса после пуска.

Конструкция резервуара должна обеспечивать достаточный объем для безопасного выполнения цикла. Объем, необходимый для минимального времени цикла, зависит от допустимого количества пусков двигателя, количества и производительности насосов и порядка, в котором работают насосы.

Последовательность циклов насоса, называемая «циклическим чередованием работы», основана на рабочем шаблоне 3, где первый запускаемый насос является первым насосом для останова. Логика состоит в последовательном чередовании работы насосов, это позволяет свести к минимуму объем резервуара, необходимый для выполнения цикла данным количеством насосов за минимальное необходимое время.

В насосных станциях с тремя и более насосами панели управления можно программировать в соответствии с логикой «первый на включение / первый на выключение» для увеличения времени цикла для каждого отдельного насоса. Это позволит снизить необходимый эффективный объем резервуара, поскольку приток составляет не менее 50 процентов номинальной пропускной способности насоса.

Ниже приведен алгоритм вычисления времени рабочего цикла одного насоса. Учтите, что наименьшее время цикла получается тогда, когда значение Q_{in} равно 50 процентам производительности насоса:

Q_{in} = Приток

Q_p = Производительность насоса

V_n = Эффективный объем между уровнями пуска и останова

Время работы насоса = $V_n / (Q_p - Q_{in})$

Время останова насоса = V_n / Q_{in}

Время цикла = время работы насоса + время останова насоса.

Чередование запусков первого насоса достаточно для насосных станций ливневых вод, в которых работает больше одного насоса. По окончании сезона дождей включение будет выполняться редко и на короткое время.

Рабочий шаблон 3 в сочетании с последовательным чередованием пусков и остановов требует наименьшего суммарного циклического объема.

Суммарный циклический объем резервуара равен $15,3 \text{ м}^3$ в соответствии с формулой:

$$V_t = Q_p t_c / (4n)$$

где:

V_t = Суммарный циклический объем

Q_p = Суммарная производительность насоса

t_c = Минимальное допустимое время цикла, сек.
(3 600 / за макс. кол-во запусков в час)

n = Суммарное количество одинаковых насосов

В процессе циклического чередования необходимый эффективный объем для одного насоса равен объему, который необходим без чередования, поделенный на общее количество насосов в цикле, n :

Если вернуться к предыдущему примеру с пятью одинаковыми погружными насосами, где один насос является резервным, а каждый насос обладает производительностью 340 л/с, минимальный эффективный объем на насос, работающий в циклической последовательности, равен $3,8 \text{ м}^3$ ($15,3 \text{ м}^3 / 4$).

Теперь рассчитаем высоту для эффективного объема одного насоса: $3,8 \text{ м}^3 / 32,64 \text{ м}^2 = 0,12 \text{ м}$

Высота объема от уровня останова до плоского дна станции равна 0,6 м

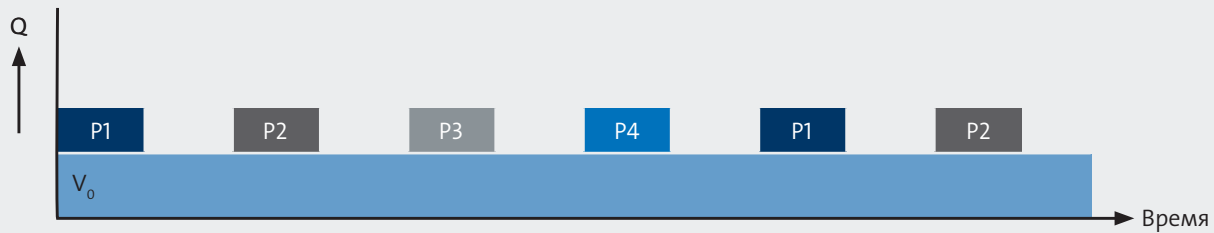
Суммарный объем резервуара равен 35,3 м³ в соответствии с формулой:

$$V_{tot, n} = V_0 + ((n-1) \times H) \times S$$

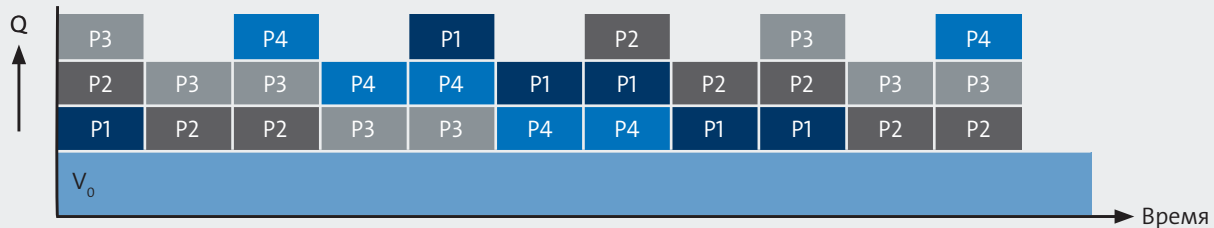
Эффективный объем резервуара: 35,3 м³ – 19,6 м³ = 15,7 м³

Общая высота: 0,6 м + 0,48 м = 1,08 м

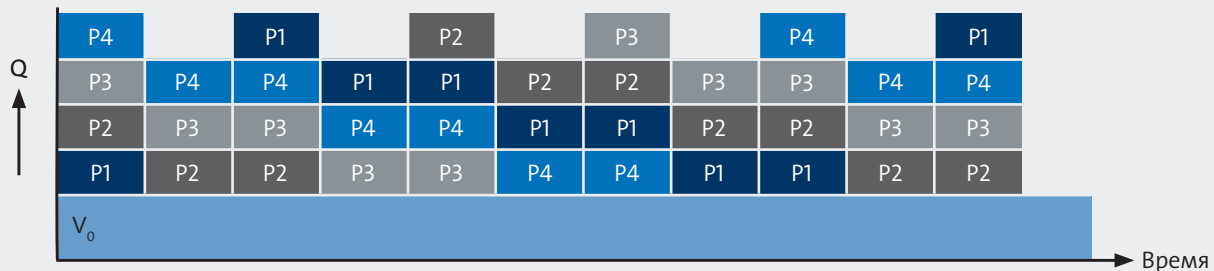
Суммарная эффективная высота: 0,12 м x 4 = 0,48 м



Насосы будут работать 1/8 времени цикла, если $Q_p =$ равно 2 x Q_{in}



Если значение Q_{in} превышает производительность двух насосов, но меньше, чем производительность трех насосов, насосы работают 5/8 времени цикла.



Если значение Q_{in} превышает производительность трех насосов, но меньше, чем производительность четырех насосов, насосы работают 7/8 времени цикла.

19. Схема работы 3

Как и в схемах работы 1 и 2, объем, необходимый для каждого насоса в соответствии со схемой работы 3, будет меняться в зависимости от характеристик напорной системы. При этих объемах условие минимального допустимого времени цикла будет выполняться, только если сравнительный расход на всасе каждого насоса будет равен строго 50% производительности этого насоса. При всех прочих значениях притока время цикла будет больше минимального. На рисунке выше показана последовательность насосов с циклическим чередованием запусков.

20. Наименьший уровень останова насоса

Рекомендуется, чтобы нижняя часть всасывающего патрубка находилась на одной линии с поверхностью суммарного циклического объема для сведения к минимуму глубины конструкции насосной станции и, таким образом, ограничения затрат на строительные работы. Если существуют ограничения на размер станции, уровень останова можно опустить в соответствии с ограничениями. Эта высота соответствует максимальному статическому напору насоса.

21. Насосные станции с общей напорной трубопроводной системой

Для схемы работы 1 суммарный эффективный объем резервуара для четырех одинаковых насосов насосной станции с коллектором и общей напорной трубой можно легко рассчитать, если известна производительность насоса и размеры насосной станции.

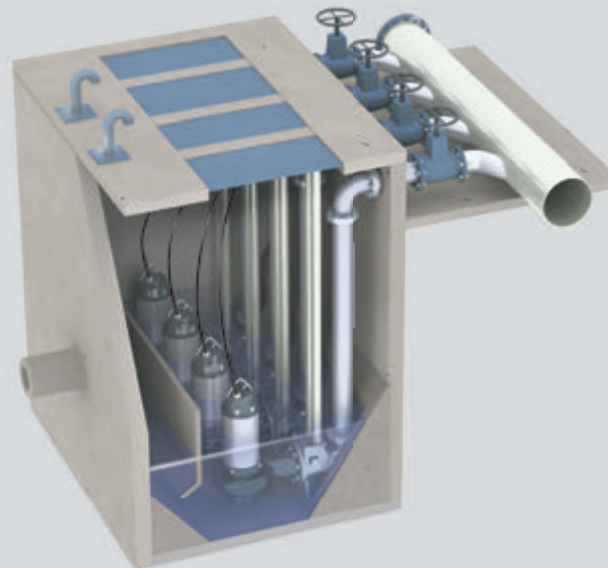
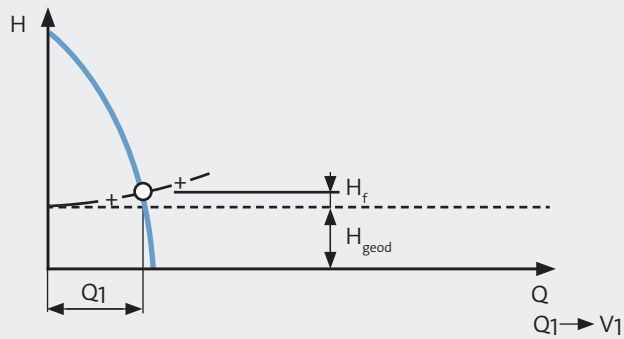


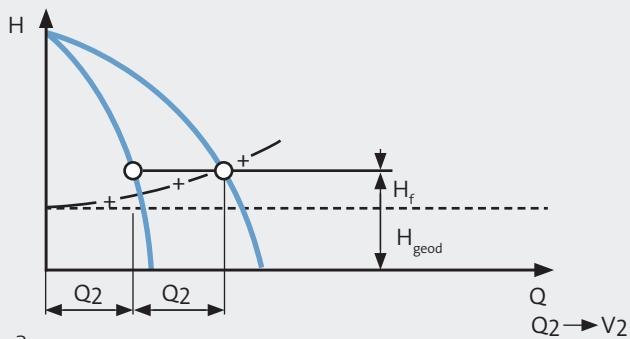
Рис. 14 Четыре одинаковых погружных канализационных насоса, установленных в системе на автоматической трубной муфте с направляющими и общей напорной трубой. Насосная станция снабжена экраном перед подводящим патрубком.

Просто прибавьте объем, который каждый насос может перекачивать через общую напорную трубу, с учетом того, что трение в трубопроводной системе будет увеличиваться с увеличением количества работающих насосов.

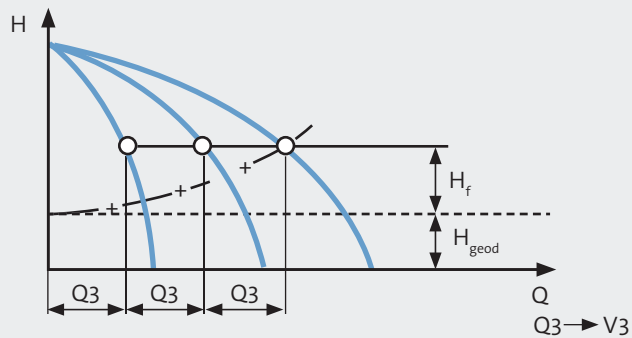
С повышением трения в напорной трубе расход воды, исходящей из насосов, будет снижаться, а напор насосов будет повышаться. В дальнейшем суммарный эффективный объем резервуара будет складываться из частичных объемов плюс объем между нижним уровнем останова и плоским дном (V_0).



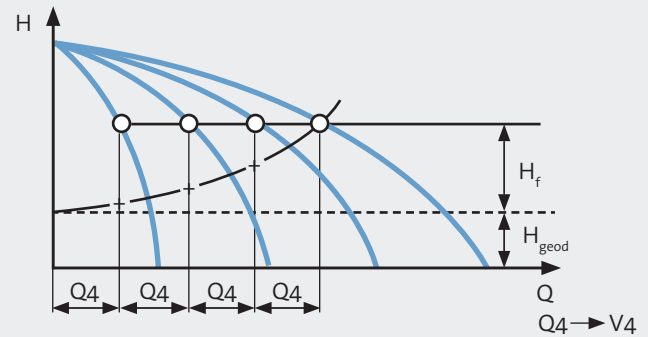
Запущен один насос.



Запущено два насоса.



Запущено три насоса.



Запущено четыре насоса.

Пример:

Производительность одного насоса — 340 л/с, максимальное допустимое количество пусков одного насоса в час — 20. Эффективный объем первого насоса — 15,3 м³ в соответствии со следующей формулой:

$$V_h = \frac{340 \times 3,6}{4 \times 20} = 15,3 \text{ м}^3$$

Q1 = 340 л/с	V1 = 15,3 м³
Q2 = 317 л/с	V2 = 14,3 м³
Q3 = 283 л/с	V2 = 12,7 м³
Q4 = 226 л/с	V2 = 10,2 м³

Объем V_0 рассчитан в соответствии со значением 15,8 м³

Суммарный объем резервуара равен 68,3 м³ в соответствии с формулой:

$$V_{tot} = V_0 + V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Эффективный объем резервуара: 68,3 м³ – 15,8 м³ = 53 м³

Площадь прямоугольного участка дна насосной станции равна 5,5 м x 4,8 м (26,4 м²)

Высота между разными уровнями пуска рассчитывается путем деления отдельных объемов на площадь дна.

$$H_{\text{eff1}} = 0,58 \text{ м}$$

$$H_{\text{eff2}} = 0,54 \text{ м}$$

$$H_{\text{eff3}} = 0,48 \text{ м}$$

$$H_{\text{eff4}} = 0,39 \text{ м}$$

Наименьший уровень останова равен 0,6 м над дном насосной станции, суммарная высота подземного резервуара при заданном объеме — 2,6 м.

The background image shows a complex industrial facility, likely a pump station or water treatment plant. It features numerous vertical pipes, large horizontal tanks, and various mechanical components. The lighting is warm and yellowish, creating a sense of an industrial interior. The overall scene is a detailed view of heavy machinery used in water management.

[7]

ПОДБОР НАСОСОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КНС НАРУЖНЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

1. Общие сведения

Подземный приёмный резервуар канализационной насосной станции должен быть рассчитан на образование равномерного потока в направлении всасывающего фланца насоса с предотвращением образования на поверхности перекачиваемой жидкости устойчивых депрессионных воронок и полным отсутствием завихрений как в глубине, так и на поверхности. Поток должен быть равномерно распределен и изолирован от всех возможных мест подсоса воздуха в корпуса насосов, а также образования осадка под насосами и слоя пены на поверхности воды. Информацию по проектированию можно найти в нескольких источниках, например, Институт гидравлики США и Британская ассоциация по гидромеханическим исследованиям опубликовали такие руководства.

Специалисты Grundfos применяют модели Вычислительной гидродинамики (CFD) для точного отображения потоков жидкости и давления в любой точке приёмного резервуара во время пикового притока и гарантируют самоочистку насосной станции в любых рабочих условиях.

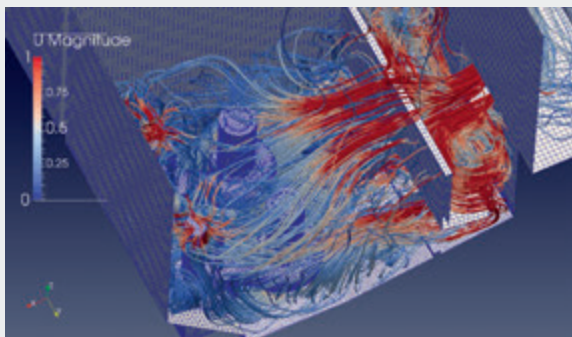


Рис. 1 Как решить задачу обработки потока при пиковой нагрузке и в то же время гарантировать самоочистку. Мы используем CFD для виртуального моделирования различных рабочих условий, таких как:

- Равномерный поток
- Минимальное образование воронок
- Завихрения
- Возможные места подсоса воздуха
- Образование осадка

Линии обтекания на модели (Рис. 1) показывают пути движения потока от приёмной камеры в направлении насоса. Цвет линии обтекания зависит от величины скорости потока.

Как и в примере, мы использовали CFD-моделирование для исследования потока на всасывающем фланце насоса. Целью CFD-модели является отображение путей движения потока в подземном приемном резервуаре для трех погружных канализационных насосов, работающих параллельно, и рабочих уровней воды в соответствии с указаниями стандартов насосов ANSI/HI, с целью определения неблагоприятных условий потока.

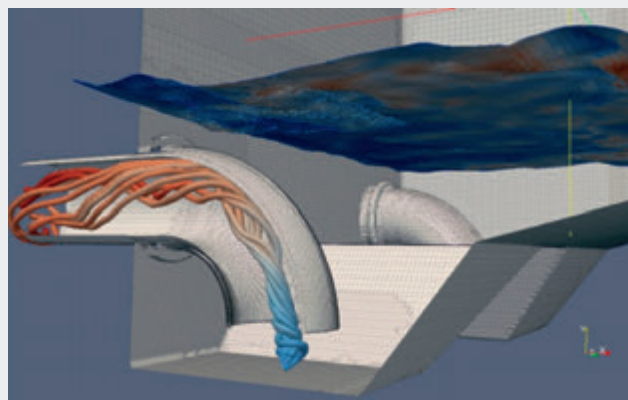


Рис. 2 При помощи модели CFD мы можем показать процесс образования воронок на всасе.

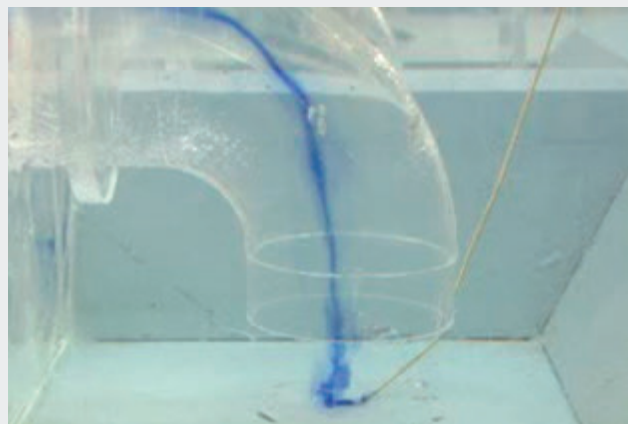


Рис. 3 Мы гарантируем, что результаты испытаний на физической модели совпадают с результатами CFD-моделирования.

2. Проектирование насосной станции Grundfos

Компания Grundfos использовала улучшенные CFD-модели во многих проектах по всему миру, включая объекты противопожарной защиты.

Используя свой опыт в проектировании насосных станций наружных систем водоотведения с чрезвычайно большим содержанием загрязнений и ила, мы применили более совершенные решения при проектировании насосных станций, которые доказали свою эффективность в предотвращении заиливания подземного приемного резервуара. Это означает, что мы можем моделировать и находить проблемы, связанные с потоком в обычных насосных станциях и рекомендовать конструктивные усовершенствования, а также моделировать усовершенствованную конструкцию до начала монтажа.

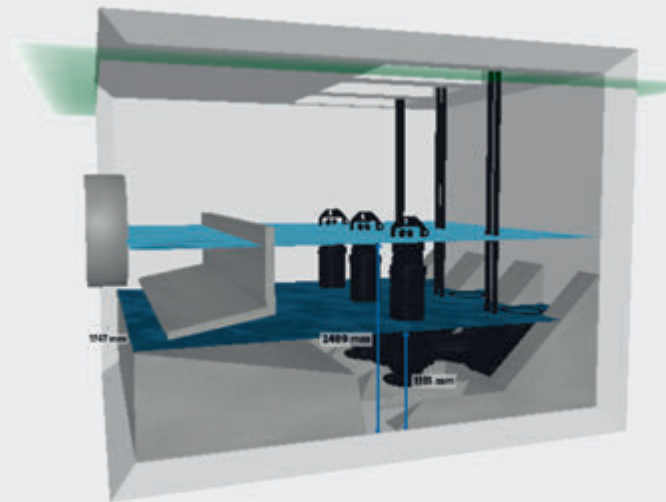
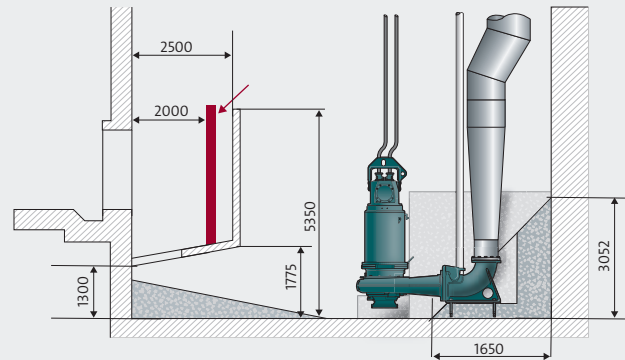


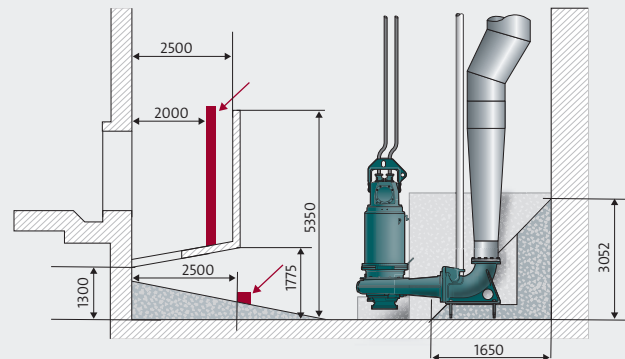
Рис. 4 Пример конструктивного решения насосной станции Grundfos с тремя погружными канализационными насосами, рассчитанного при помощи приложения Grundfos Pit Creator и представленного на объемной схеме в формате CAD.

2.1. ОБЪЕМНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

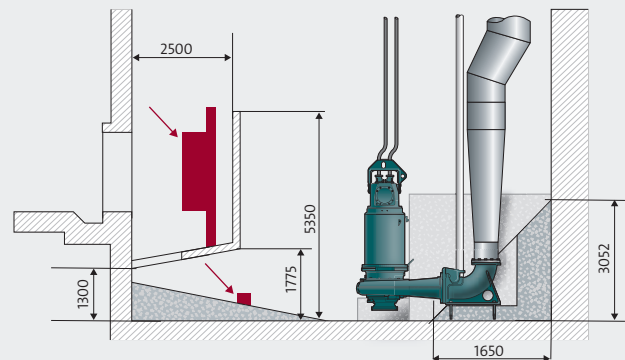
Для насосной станции большой мощности с тремя погружными канализационными насосами, входящими в состав стандартной насосной станции, в результате CFD-моделирования рекомендованы следующие изменения для улучшения условий работы насосов. Эти улучшения показаны на Рис. 5.



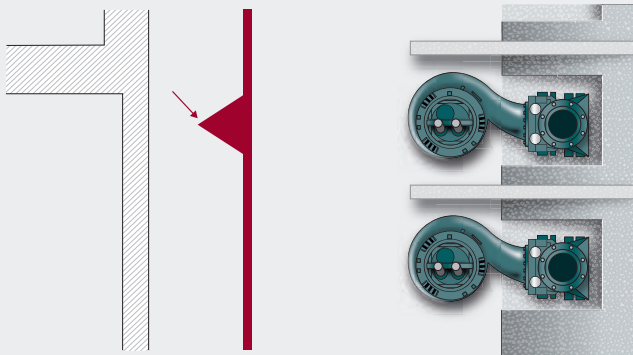
1. Передвинуть перегородку на 500 мм назад.



2. Установить рассекатель ниже перегородки, чтобы равномерно распределить воду по приёмному резервуару.



3. Установить на перегородке разделитель потока по оси насоса № 2 длиной 1 м под углом 60 градусов.



4. Разделитель потока, вид сверху.

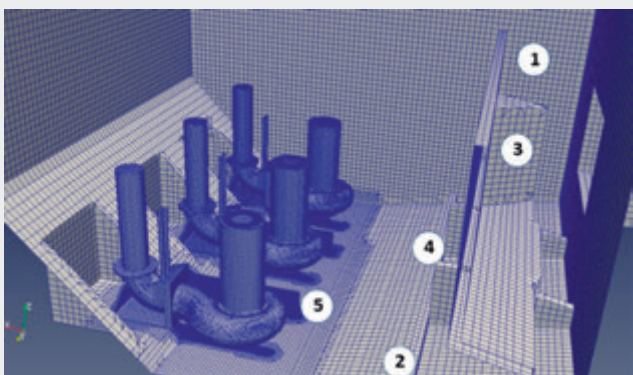


Рис. 5 Изменения, внесенные в проект, на основе CFD-анализа и рекомендаций Grundfos.

1. Уменьшение расстояния между входом в насос и перегородкой.
2. Рассекатель потока ниже приёмной камеры в направлении насосов.
3. Разделитель потока на перегородке.
4. Разделитель потока ниже приёмной камеры.
5. Увеличенная глубина с дополнительным уклоном для увеличения скорости в направлении насосов.

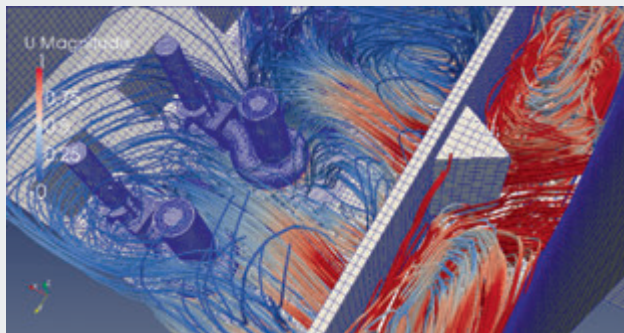


Рис. 6 Наш CFD-анализ для насосной станции после внесения изменений, на успокоение потока. Очевидно, что разделитель потока, установленный на перегородке, распределяет приток более равномерно по входам во все три насоса.

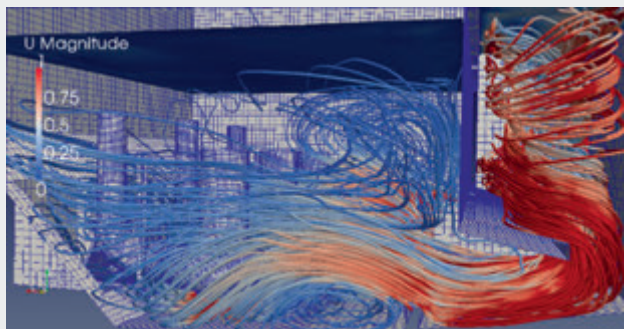


Рис. 7 Устройство рассечения потока рассеивает энергию поступающего потока и изменяет его конфигурацию непосредственно в направлении насосов, что делает более равномерным всасывание, что отражено в таблице.

В соответствии со стандартами насосов ANSI и HI угол завихрений в приёмном резервуаре не должен превышать 5° , на короткий период допускается угол не более 7° . Углы завихрений рассчитаны путем деления тангенциальной скорости на усредненную по площади осевую скорость, плоскость измерения располагалась непосредственно перед входом в лопаточное пространство рабочих колес. Из следующей таблицы видно, что максимальный угол завихрений в последнем изменении Н улучшен для всех насосов.

Вариант моделирования	Насос №	Максимальный угол завихрений
(D)	Один	6,7
	Два	5,8
	Три	6,6
(G)	Один	11
	Два	5,3
	Три	12

Рис. 8 Значения углов завихрений перед улучшением конструкции приёмного резервуара.

Вариант моделирования	Насос №	Максимальный угол завихрений
(H)	Один	4,9
	Два	3,6
	Три	5,1

Рис. 9 Значения углов завихрений после улучшения конструкции приёмного резервуара.



Рис. 10 Вид приёмного отделения после внесения изменений с рассекателем потока, разделителем потока ниже приёмной камеры и увеличенной глубиной с дополнительным уклоном для увеличения скорости в направлении насосов.

Для применений с высоким содержанием органических твердых веществ или взвеси можно разработать собственную насосную станцию при помощи приложения Grundfos Pit Creator.

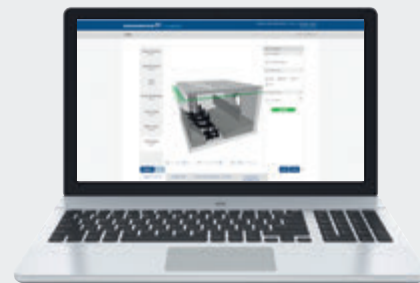
2.2. ПРИЛОЖЕНИЕ GRUNDFOS PIT CREATOR

Приложение Grundfos Pit Creator позволяет за минуты разрабатывать собственные проекты насосных станций на основании требуемой производительности насосов и их количества.

- Производительность насоса можно рассчитать в разделе подбора в Grundfos Product Center.
- Насосы могут быть одинаковыми или разными по мощности, разделенными на две группы с учетом резервирования.

Приложение Pit Creator — это 8-шаговый инструмент для проектирования гидравлически оптимизированных бетонных насосных станций. Кроме того, приложение Pit Creator сводит к минимуму количество бетона, необходимого для постройки и уменьшает площадь, занимаемую насосной станцией. В результате работы в приложении Pit Creator можно получить 2-мерные и объемные CAD-чертежи, которые далее можно обработать для получения окончательных строительных чертежей.

Чтобы получить доступ к приложению Grundfos Pit Creator обратитесь на сайт www.grundfos.ru и в приложение Grundfos Product Center. Здесь необходимо зарегистрироваться и ввести электронный адрес и пароль.



Разработайте собственную насосную станцию за восемь простых шагов

1. Выбор типа насоса

Введите номер типа насоса → Выберите 1 или 2
 Введите количество насосов в соответствии с типами и введите количество резервных насосов → Выберите насосы нажатием кнопки start search (начать поиск) и введите необходимый расход и напор → Выберите тип насоса. Если выбрано 2 типа насоса, для насоса типа 2 процедура аналогична.

2. Компоновка станции

Выполняется расчет насосной станции и отображение на объемном чертеже в формате CAD вместе со следующей информацией: Длина, ширина, глубина, занимаемая площадь, объем грунта для извлечения, объем бетона и суммарный гидравлический объем.

3. Подводящий патрубок

Введите внутренний диаметр подводящего трубопровода, и толщина бетонной КНС будет задана вместе с верхней отметкой КНС, нулевой отметкой, оси подводящего трубопровода, нулевой отметкой до всасывающего фланца и нулевой отметкой до осевой линии впускной трубы.

4. Расположение насосов

Введите положение насосов в соответствии с одним из следующих компонентов:

- Верхний кронштейн направляющих труб
- Автоматическая муфта на напорной линии
- Подъемный кронштейн

Системой выполняется выбор диаметра автоматической муфты на напорной линии, при необходимости можно прибавить дополнительное расстояние между насосами. Определяется последовательность насосов с указанием расхода. Последовательность можно изменить.

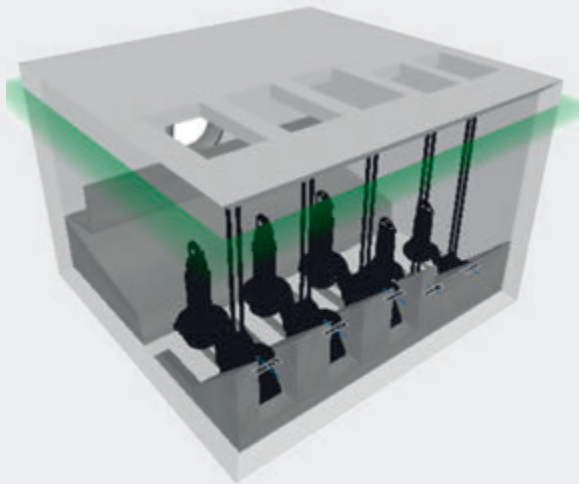


Рис. 11 Pit Creator создает объемный CAD-чертеж в результате ввода 2 групп насосов и положения насосов относительно подъемного кронштейна.

5. Доработка

Системой осуществляется выбор толщины бетонных стен изнутри и снаружи, которую можно изменить. Можно выбрать скаты между насосами и разделителями ниже насосов.

6. Уровень воды

Система выбирает уровень пуска и останова вместе с максимальным количеством пусков в день для выбранного насоса. При необходимости можно выбрать дополнительное расстояние ниже впускной трубы до уровня пуска.

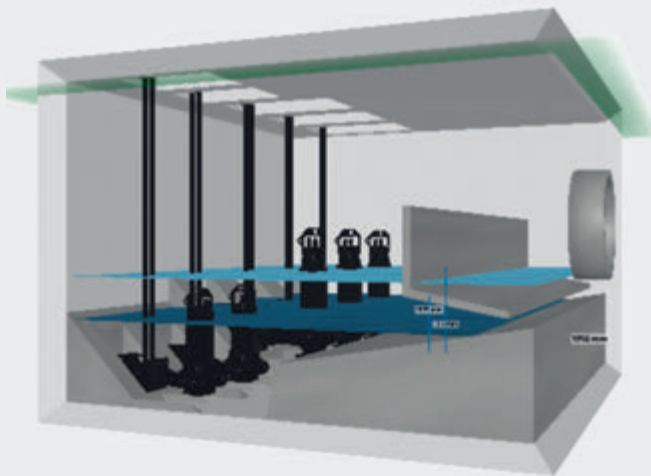


Рис. 12 Pit Creator отображает уровни пуска и останова насосов.

7. Документация по проекту CAD на выходе

Возможно создание полной документации по проекту вместе с чертежами CAD в нужном формате, а также отчета CFD-моделирования.

8. **CAD-файл** будет создан и будет опрaвлен на ваш электронный адрес.

3. Общие сведения о больших насосных станциях

Правильная конструкция резервуара для погружных насосов или погружных канализационных насосов сухой установки важна для обеспечения оптимальных условий и равномерного распределения сточных вод между насосами. Следующие примеры проектов простых насосных станций проверены при помощи CDF-моделирования. Проект предназначен для ежедневного сбора и транспортирования коммунальных сточных вод и ливневых вод, что означает отсутствие избыточного количества твердых органических материалов или взвеси.

На этом этапе разработки необходимо учесть поток воды, поступающей из подводящей трубы в резервуар и далее в направлении всаса насосов таким образом, чтобы поток достигал насосов с минимальным образованием воронок.

Примеры проектов приведены для поддержки инженеров, разработчиков и проектировщиков, которые используют погружные насосы и погружные канализационные насосы для сухой установки Grundfos в своих проектах систем управления ливневыми водами и сточными водами.

3.1. ПОДВОДЯЩАЯ КАМЕРА

Чтобы избежать возникновения завихрений и воронок на поверхности воды в резервуаре, напротив подводящей трубы установлена вертикальная перегородка, которая образует подводящую камеру для предотвращения возникновения разбрызгивания воды, которое приводит к попаданию воздуха внутрь насосов.

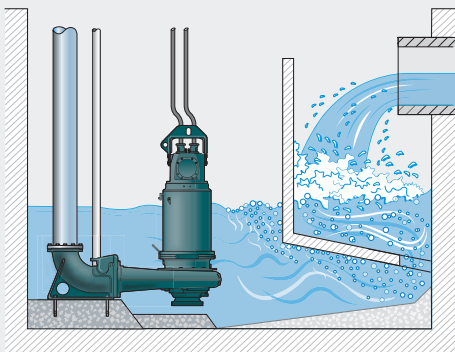


Рис. 13 Резервуар с подводящей камерой для предотвращения попадания воздуха в насос.

Открытый канал вдоль стенки внизу подводящей камеры предназначен для равномерного распределения воды между всеми насосами, снижения энергии воды и в то же время выделения из воды большей части воздуха.

Верхняя кромка перегородки должна быть немного выше центра подводящей трубы.

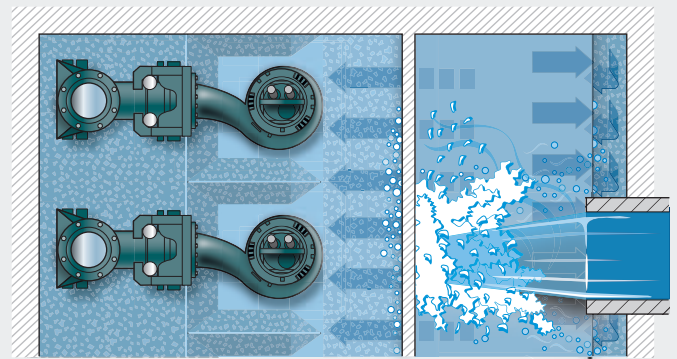


Рис. 14 Равномерное распределение сточных вод из подводящей камеры между всеми насосами, установленными в резервуаре с разделителями потока между насосами.

В резервуаре не должен скапливаться осадок, который вызывает появление неприятных запахов. Необходимо предотвратить образование участков застоя или участков с низкой скоростью потока, где может образовываться осадок. Дно с наклоном и скат помогут исключить образование осадка.

Пена на поверхности воды, плавающий ил и мелкий мусор могут скапливаться в любом сравнительно спокойном месте на поверхности сточных вод, насосы должны удалять этот материал.

Постоянное поддержание как можно более низкого уровня воды приведет к повышению скорости и образованию турбулентного потока, но воздух в насосы попадать не должен. Изменение скорости потока также поможет предотвратить отложение осадка на дне резервуара.

Приток зачастую поступает в резервуар со сравнительно большой высоты. Такое падение также происходит, когда уровень воды опускается до уровня останова. Поэтому путь между каналом на дне подводящей камеры и подводящим патрубком насоса должен быть достаточно длинным, чтобы воздух поднялся на поверхность и вышел из воды раньше, чем достигнет насосов. Если перегородка спроектирована и установлена правильно, энергия падающей воды может быть погашена до такой степени, чтобы внутри резервуара не возникало потока с большой скоростью.

Не допускается установка несущих конструкций, таких как колонны, стойки и другие опоры, под перегородкой и ниже подводящей камеры. Любая несущая структура ниже подводящей камеры, кроме разделителей потока, приводит к возникновению воронок, снижает эффективность работы насосов и может привести к возникновению вибраций в насосах и в трубопроводной системе.

3.2. ПОДВОДЯЩАЯ ТРУБА

Установка подводящей трубы по центру стенки напротив насосов не обязательна. Однако расположение ближе к центру предпочтительно. Торец трубы должен быть направлен на отбойник в резервуаре, чтобы как можно больший объем притока ударялся в отбойник перед тем, как попасть на дно подводящей камеры. Длина подводящей трубы должна быть достаточной, чтобы не допустить попадания более мелкого притока с низким уровнем воды непосредственно в канал на дне подводящей камеры.

Резервуар должен быть как можно меньше и проще, чтобы снизить затраты на строительство. Однако минимальный объем резервуара может быть указан по иным причинам, например, для обеспечения минимального времени задержки или чтобы гарантировать, что за час выполняется определенное количество пусков насоса.

3.3. КОНСТРУКЦИЯ КНС С ПОГРУЖНЫМИ НАСОСАМИ В ПОГРУЖНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Конструкция резервуара КНС с погружными насосами в погружном исполнении должна обеспечивать равномерный поток сточных вод в направлении ко всасывающей части насосов, без образования воронок и завихрений.

Если вместе со сточными водами в резервуар поступает воздух, он поднимается вдоль наклонной части приемного резервуара и выходит на поверхность вблизи отбойника.

Если на поверхности жидкости возникают депрессионные воронки, разделители потока, установленные ниже входа во всасывающую часть насоса, обеспечивают равномерный поток на всасе.

Воронки на всасе могут стать причиной значительного изменения рабочих условий для насоса и привести к изменениям производительности, мощности и КПД.

Присутствие воздуха в насосе может вызвать снижение подачи насоса и неравномерную нагрузку на рабочее колесо, что приведет к возникновению шума и вибраций с последующим физическим повреждением.

Поскольку вода находится в постоянном движении, риск скопления отложений минимальный, если выполнены рекомендации по выбору размеров насосной станции. Если по какой-то причине необходима насосная станция большей мощности, расстояние от впускной камеры до насосов (A_{\min} на Рис. 16) может быть увеличено без риска скопления осадка.

3.4. НИЖНИЙ УРОВЕНЬ ВОДЫ

Нижний уровень воды в насосной станции, т. е. нижний уровень останова насосов, должен быть таким, чтобы открытый канал впускной камеры всегда находился под водой (G) при условии, что он находится не ниже, чем верх корпуса насоса.

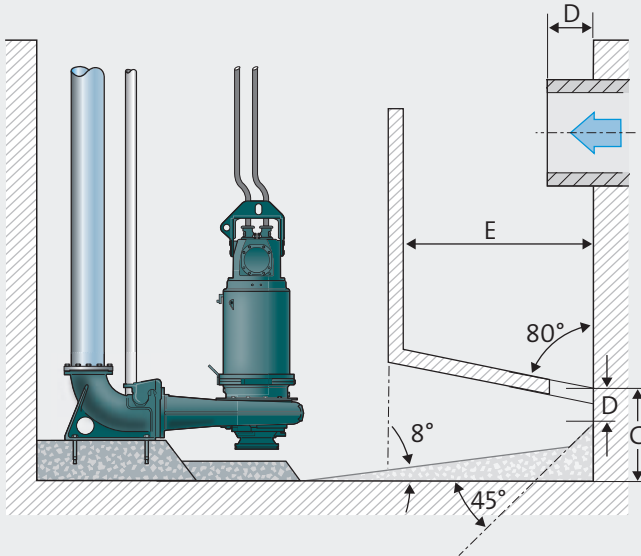


Рис. 15 Нижний уровень воды в резервуаре.

3.5. ВЫБОР РАЗМЕРОВ РЕЗЕРВУАРА

Размер рабочей станции определяется количеством насосов, подлежащих установке, производительностью насосов и размером насосов.

На Рис. 16 выделены размеры A, B, C, D, E и G.

Все размеры на Рис. 18 выбраны в зависимости от производительности насоса в л/с.

Насосная станция, разработанная в соответствии с рекомендациями, меньше, чем обычная насосная станция. Конечно, производительность насоса должна соответствовать пиковому притоку, чтобы свести к минимуму риск затопления, как было сказано выше. Поэтому при проектировании необходимо учесть все важные критерии эксплуатации, в том числе уровни пуска и останова в соответствии с рабочими шаблонами 1, 2 или 3.

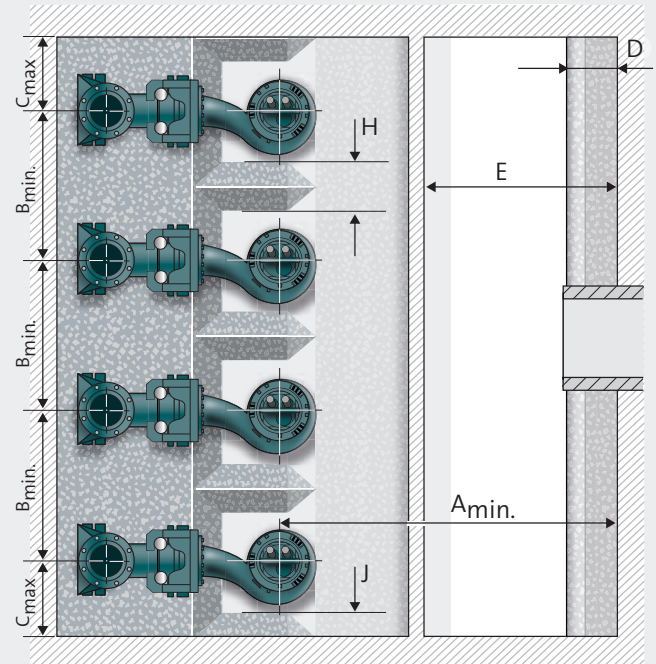


Рис. 16 Насосная станция с минимальными габаритами.

На Рис. 15 и 16 показана насосная станция с погружными канализационными насосами в горизонтальной проекции и в виде плана-схемы. Поток в резервуаре и возможные завихрения просчитаны и оценены на моделях вычислительной гидродинамики (CFD).

3.6. ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Все размеры указаны в миллиметрах.

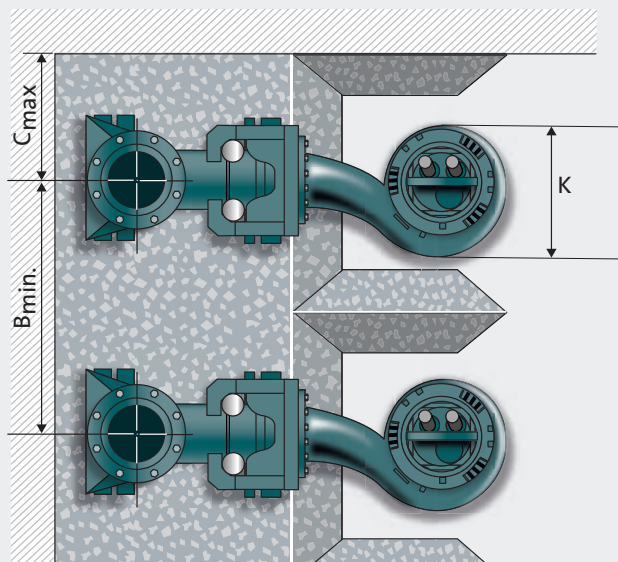


Рис. 17 Расстояние между насосами.

$$B_{\min.} = 1,5 \times K \quad C_{\max.} = 0,8 \times K$$

G, Нижний уровень останова насосов

H, Разделители потоков между насосами ≥ 200 мм

J, Боковой скат ≥ 100 мм

Размеры A, D и E — это функция производительности одного насоса в л/с, которая указана на Рис. 18.

Все размеры погружных насосов и канализационных насосов для сухой установки Grundfos, включая необходимую высоту бетонного основания для колена-основания системы с автоматической трубной муфтой, указаны в каталоге конкретного насоса.

Производительность насоса, л/с	A _{min}	D	E
100	1 600	210	1 100
110	1 650	219	1 125
120	1 750	228	1 150
130	1 800	237	1 175
140	1 900	246	1 200
150	1 950	255	1 225
160	2 020	264	1 250
170	2 090	273	1 275
180	2 160	282	1 300
190	2 230	291	1 325
200	2 300	300	1 350
220	2 400	314	1 380
240	2 500	328	1 410
260	2 600	342	1 440
280	2 700	356	1 470
300	2 800	370	1 500
320	2 880	382	1 520
340	2 960	394	1 540
360	3 040	406	1 560
380	3 120	418	1 580
400	3 200	430	1 600
450	3 400	455	1 650
500	3 600	480	1 700
550	3 800	502	1 750
600	4 000	524	1 800
650	4 125	546	1 840
700	4 250	568	1 880
750	4 375	590	1 920
800	4 500	612	1 960
850	4 650	634	2 000
900	4 800	656	2 034
950	5 000	678	2 067
1 000	5 250	700	2 100
1 100	5 500	730	2 150
1 200	5 750	760	2 200
1 300	6 000	790	2 250
1 400	6 250	820	2 300
1 500	6 500	850	2 350

Рис. 18 Таблица размеров насосных станций, в которых может быть установлено до четырех рабочих насосов и один резервный насос.

ПРИМЕР 1**Насосная станция с высоко расположенной вертикальной общей впускной камерой**

Выступ подводящей трубы находится на высоком уровне. Поэтому в стоки во время падения в подводящую камеру будет примешиваться много воздуха. Из-за конструктивных особенностей впускной камеры воздух выделяется из воды до того, как она попадает в камеру всаса.

Высота боковых стенок в камере насоса должна доходить до середины насоса, чтобы предотвратить возникновение воздушных воронок между самым дальним насосом и боковой стенкой.

Напротив впускной трубы установлен вертикальный отбойник, который образует впускную камеру для предотвращения разбрызгивания воды в резервуаре и попадания воздуха внутрь насосов.

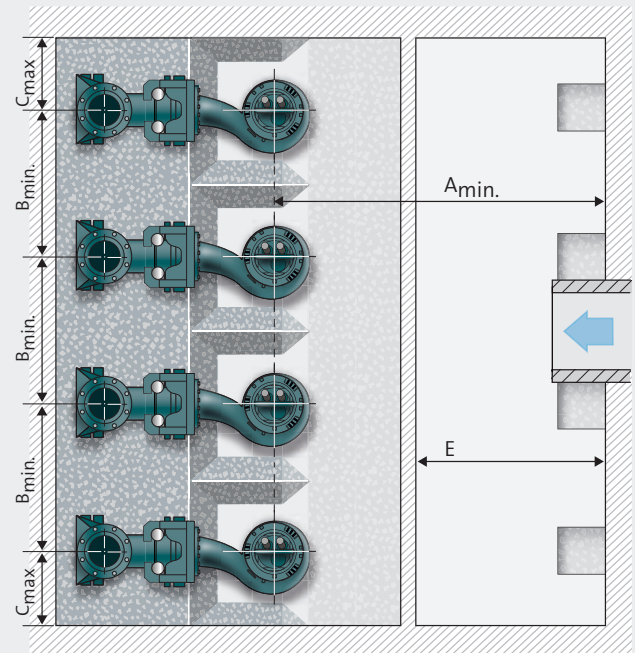
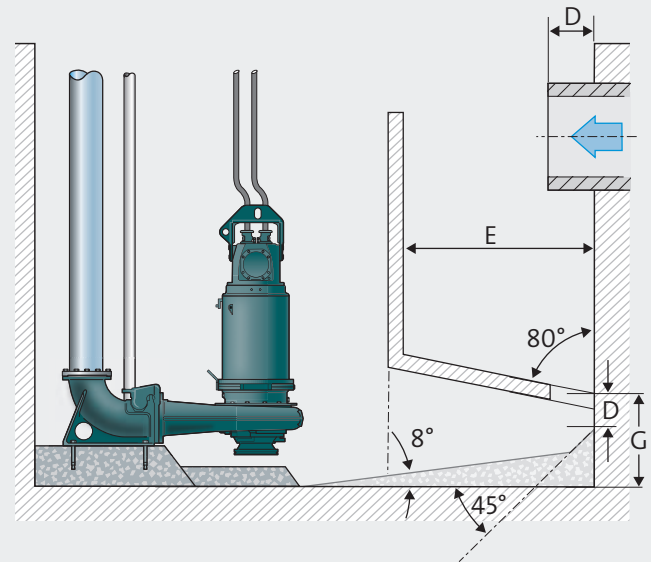


Рис. 19 Насосная станция с высокой вертикальной общей впускной камерой.

ПРИМЕР 2

Насосная станция с боковым подводным патрубком в нижней части впускной камеры

Квадратное отверстие во впускной камере, находящееся на осевой линии каждого насоса, необходимо для рассеивания впускного потока по всему резервуару и удаления воздуха из воды. В отличие от примера 1 в этом примере движение потока в насосной камере более неравномерное и возмущенное. Ширина впускной камеры в 1,25 раза больше диаметра впускной трубы, а высота перегородки составляет 0,75 диаметра впускной трубы.

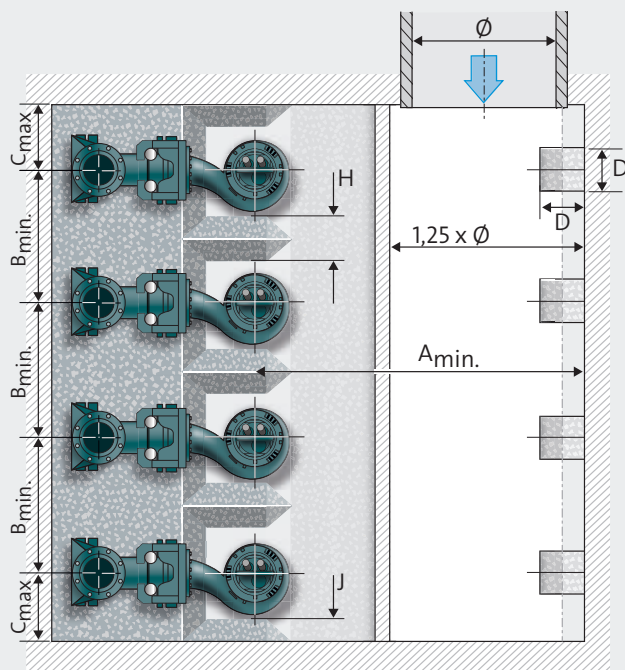
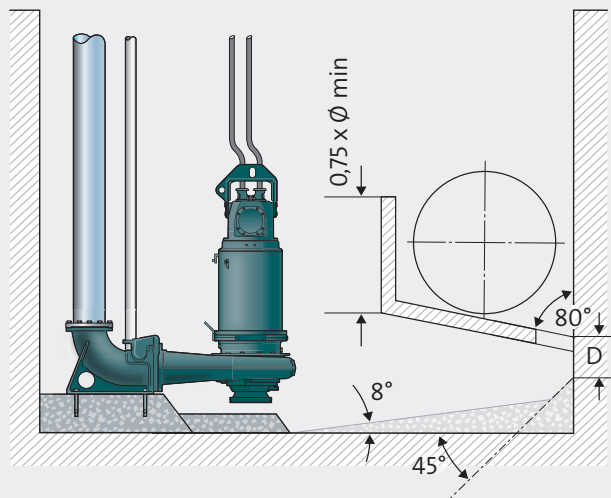


Рис. 20 Насосная станция с боковым подводным патрубком в нижней части впускной камеры.

ПРИМЕР 3

Насосная станция с боковым подводным патрубком в нижней части резервуара

Перегородка предназначена для разделения резервуара и образования впускной камеры, из которой вода поступает через квадратные отверстия размером $2D \times D$, расположенные в стороне от насосов. Размер рассчитывается так, чтобы скорость воды, проходящей через них, не превышала 1 м/с .

Это позволяет пропустить воду без образования воронок и без риска отложения осадка в направлении всасывающего патрубка насоса.

Перегородка должна доходить до середины корпуса статора насоса. В то же время стенка должна быть ниже верхнего уровня пуска насосов, чтобы откачивать ил, находящийся на поверхности воды.

Ширина впускной камеры в $1,25$ раза больше диаметра впускной трубы при условии, что максимальная скорость во впускной трубе не превышает 3 м/с . Расстояние от центра насосов до перегородки может составлять до $0,5$ размера A_{\min} .

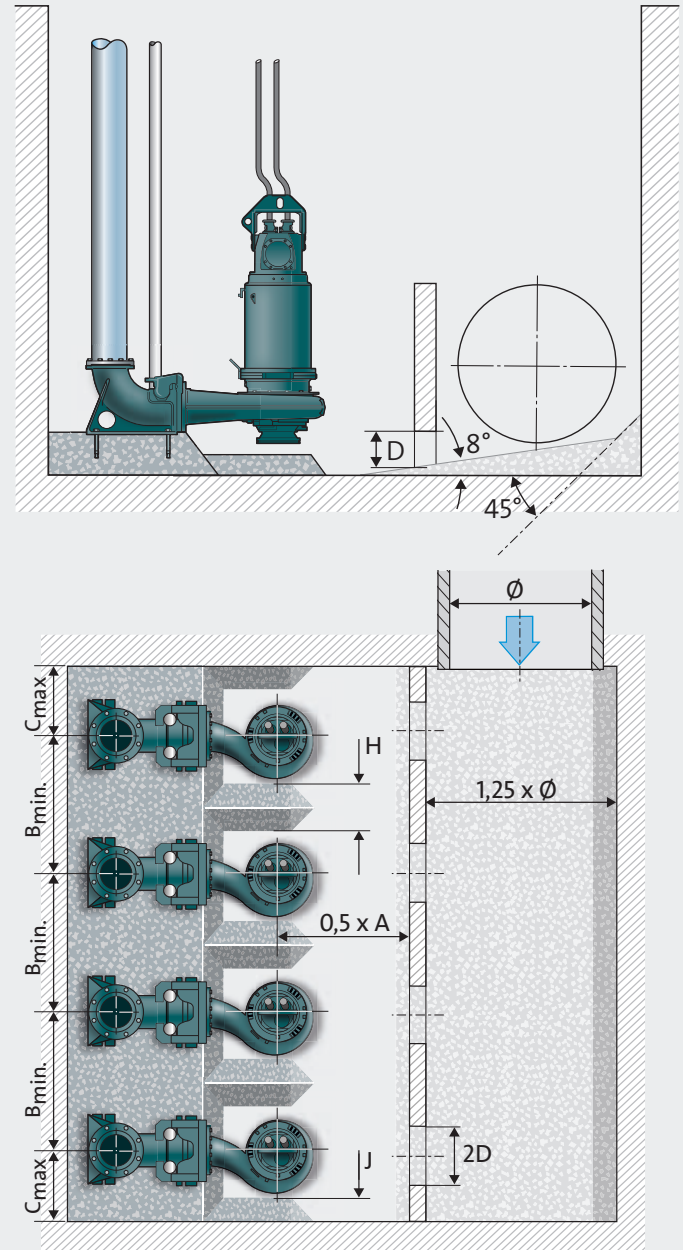


Рис. 21 Насосная станция с боковым подводным патрубком в нижней части резервуара.

ПРИМЕР 4

Насосная станция с подводным патрубком в направлении насосов в нижней части резервуара

Следующая простая компоновка резервуара обеспечивает равномерный поток воды, проходящий через насосы без возмущений. Угол между стенкой конического подводного патрубка и основанием может составлять от 60° до 75° . Расстояние от осевой линии насосов (A) до линии, на которой заканчивается подводный патрубок, составляет 0,5 размера A_{min} .

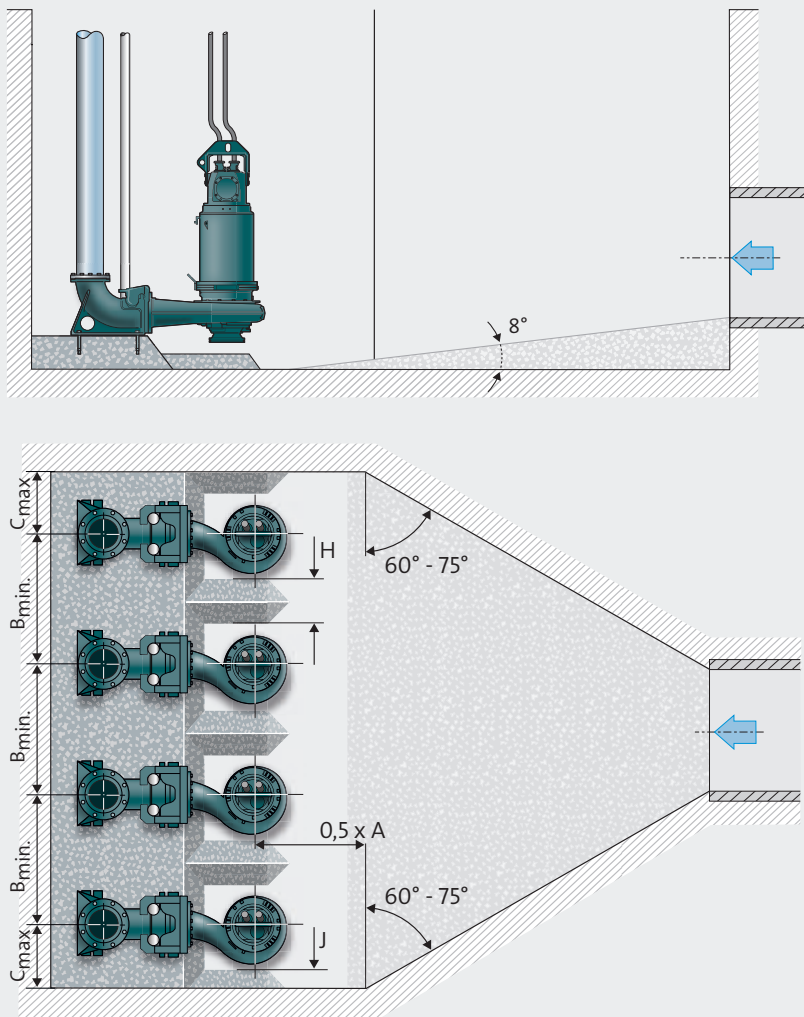


Рис. 22 Насосная станция с подводным патрубком в направлении насосов в нижней части резервуара.

4. Насосные станции для насосов сухой установки

Для нового насоса сухой установки или замены устаревшего компания Grundfos предлагает проектировщику насосной станции и конечному пользователю на выбор несколько вариантов насосов, разработанных с применением усовершенствованных технологических решений и широких производственных возможностей. Это могут быть погружные насосы с системой направляющих или погружные насосы для сухой установки в вертикальном или горизонтальном положении.

В сравнении с погружным монтажом установка в станциях с сухим колодцем не заполняется ливневыми или сточными водами, поскольку насосная камера обычно находится ниже нулевой отметки и отделена от резервуара. Обычная насосная станция сухой установки с насосами и двигателем с воздушным охлаждением всегда подвержена затоплению.

Чтобы решить эту проблему, обычный канализационный насос устанавливали в вертикальном положении в сухом помещении и непогружной двигатель с воздушным охлаждением устанавливали выше уровня земли и соединяли с насосом при помощи длинного вала.

Такой метод применялся в течение многих лет, чтобы во время затопления насос оставался работоспособным до полной очистки станции.

Погружные канализационные насосы Grundfos для сухой установки были разработаны специально для таких условий, когда насосный агрегат погружается в перекачиваемую жидкость, и они широко используются в станциях сухой установки, в которых резервуар отделен от сухого насосного помещения.

Погружные насосы для сухой установки обладают особыми преимуществами в сравнении с насосами для сухой установки с двигателями с воздушным охлаждением как для монтажника, так и для конечного пользователя. Компактный дизайн, универсальность в установке и стойкость к повреждениям от затоплений делают их идеальными для эксплуатации в составе новых насосных станций, а также для модернизации старых.

4.1. НАСОСЫ СУХОЙ УСТАНОВКИ И ВСАСЫВАЮЩИЕ ТРУБЫ

Расчет потерь на трение во всасывающей трубе с запорным клапаном для насосов сухой установки выполняется в соответствии с теми же указаниями, которые относятся к напорной трубопроводной системе для погружного насоса. Однако для насосов сухой установки минимальный уровень останова в резервуаре и, следовательно, погружение всасывающего патрубка является критическим и требует особого внимания во избежание попадания воздуха в трубопроводную систему.

В отличие от погружного насоса, корпус которого находится под водой, корпус насоса сухой установки находится высоко в насосном отделении, и перед запуском корпус насоса должен быть заполнен водой.

Скопившийся во всасывающем патрубке воздух вызывает шум в трубопроводной системе и кавитацию внутри насоса. В худшем случае воздух в корпусе насоса приведет к блокировке.

4.2. РЕЗЕРВУАР ДЛЯ НАСОСОВ СУХОЙ УСТАНОВКИ

Как правило, компоновка и габаритные размеры резервуара для насосов сухой установки в вертикальном или горизонтальном положении такие же, как у резервуара погружных насосов. Всасывающая труба с изгибом 90° и водоприёмной воронкой заменяет погружной насос в резервуаре.



Рис. 23 Два горизонтально установленных канализационных насоса Grundfos и два вертикально установленных канализационных насоса меньшей мощности с собственной напорной трубопроводной системой и всасывающими трубами в резервуаре.

Воронка на всасывающем трубопроводе (элемент конструкции всасывающего трубопровода) предназначена для обеспечения эффективного всасывания во время перекачивания. Конструкция воронки предназначена для снижения гидравлических потерь и предотвращения образования завихрений и скопления газов во время перекачивания сточных вод из нижней части резервуара. Всасывающая воронка должна располагаться как можно ближе ко дну резервуара, но так, чтобы между входом в неё и полом было расстояние 0,5 диаметра всасывающего трубопровода. Расстояние от оси всасывающей воронки до стенки КНС должно составлять 0,75 диаметра всасывающего трубопровода (Институт гидравлики 1998). Благодаря гладким обводам и правильно расположенным поперечным секциям жидкость вытекает из резервуара медленно.

Конструкция подводящего патрубка насоса

В дальнейшем подразумевается, что необходимая производительность каждого насоса известна. Конструкция подводящего трубопровода в резервуаре прямоугольного сечения и диаметра входа во всасывающую (водоприёмную) воронку рассчитывается на основе подачи насоса и скорости прохождения жидкости через вход в водоприёмную воронку. Габаритные размеры резервуара прямоугольного сечения, зависят от положения водоприёмной воронки и диаметра входа в неё, поэтому производительность насоса должна быть известна.

Стандартом Института гидравлики 2012 г. рекомендуется выбирать диаметр водоприёмной воронки на основании скорости входа в неё. Скорость на входе в воронку определяется как расход жидкости, проходящей через воронку (т. е. подача (производительность) насоса), поделённый на площадь сечения входа в водоприёмную воронку. Диаметр входа в водоприёмную воронку D обычно находится в диапазоне от $1,5d$ до $1,8d$, где d — диаметр всасывающего трубопровода.

Опыт показывает, что рекомендуемая скорость в водоприёмной воронке V может меняться следующим образом:

Для значений расхода менее 315 л/с скорость в водоприёмной воронке должна быть от 0,6 до 2,7 м/с.

Для значений расхода, равных или превышающих 315 л/с, но менее 1 260 л/с, скорость должна находиться в диапазоне от 0,9 до 2,4 м/с.

Для значений расхода, равных или превышающих 1 260 л/с, скорость должна находиться в диапазоне от 1,2 до 2,1 м/с.

Несмотря на то, что можно предложить и насосы с водоприёмными воронками с другими параметрами, опыт показывает, что скорость в водоприёмной воронке выше рекомендованного диапазона может стать причиной гидравлических проблем и должна быть проверена в процессе исследований на физической модели. Более низкие скорости приведут к нежелательному увеличению размеров воронок и, как следствие, резервуаров.

ПРИМЕР 1

Расчет скорости V жидкости, проходящей через воронку в насос производительностью 120 л/с через всасывающую трубу диаметром DN 250 со скоростью приблизительно 2,4 м/с.

Наружный диаметр воронки: $250 \text{ мм} \times 1,5 = 375 \text{ мм}$
Площадь воронки: $188^2 \times 3,14 = 111$
Скорость прохождения через воронку: $120 \text{ л/с} / 111 = 1,1 \text{ м/с}$

ПРИМЕР 2

Расчет скорости V жидкости, проходящей через воронку в насос производительностью 525 л/с через всасывающую трубу диаметром DN 500 со скоростью приблизительно 2,7 м/с.

Наружный диаметр воронки: $500 \text{ мм} \times 1,5 = 750$
Площадь воронки: $375^2 \times 3,14 = 442$
Скорость прохождения через воронку: $525 \text{ л/с} / 442 = 1,2 \text{ м/с}$

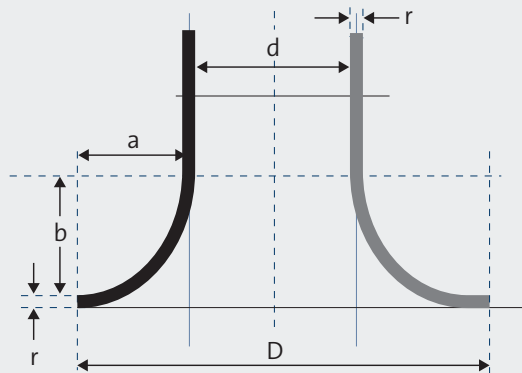


Рис. 24 Конструкция и размеры воронок.

Конструкция раструба

Типовая конструкция воронки на основе четверти эллипса.

Большая ось $a = (D/2 - r) - (d/2 + r)$

Меньшая ось $b = a \times 2$

Толщина материала = r

Диаметр раструба $D = d + 2a + 2r$

Оптимальный диапазон $D = d \times$ от 1,5 до 1,8

Пример:

Диаметр всасывающей трубы $d = 492$ мм

Толщина материала $r = 8$ мм

Большая ось a

$(738/2 - 8) - (492/2 + 8) = 254$ мм

Большая ось b

$254 \times 2 = 508$ мм

Раструб в резервуаре

X = Расстояние по горизонтали от воронки до задней стенки

C = Высота воронки над дном

d = Наружный диаметр всасывающей трубы

D = Наружный диаметр воронки

S = Высота поверхности воды над воронкой

Преимущества

Всас вблизи задней стенки; $X \geq d \times 0,75$

Раструб вблизи дна резервуара; $C \geq d / 2$

Большой объем воды, размер S большого значения, как минимум, больше, чем $D \times 1,5$

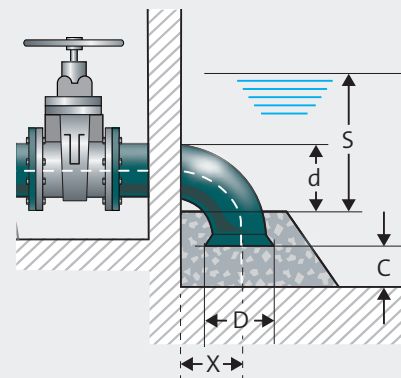


Рис. 25 Положение колена всасывающего трубопровода с водоприёмной воронкой для канализационных насосов сухой установки в вертикальном и горизонтальном положениях.

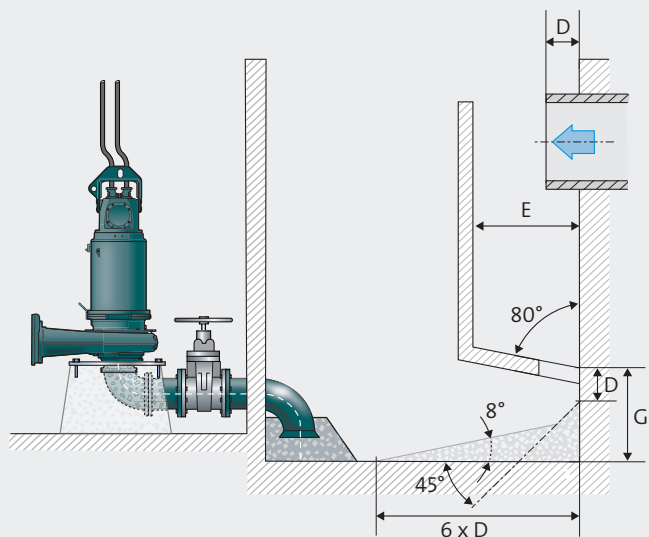


Рис. 26 Канализационный насос сухой установки в вертикальном положении со всасывающим трубопроводом и водоприёмной воронкой. На дне резервуара между всасывающими трубами установлены разделители потока.

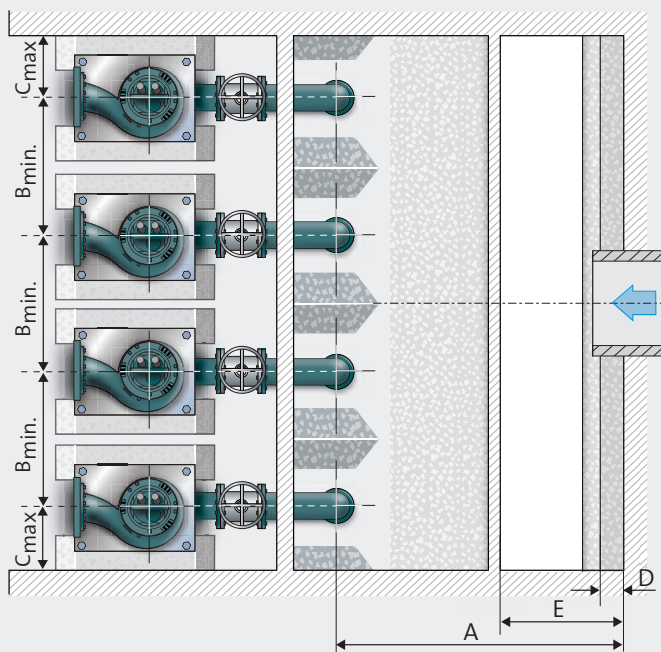


Рис. 27 Горизонтальная проекция насосного отделения и резервуара с всасывающими трубами и разделителями потока.

[8]

КОМПЛЕКТНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

1. Введение

В коммерческих, промышленных и коммунальных канализационных системах и системах отведения сточных вод в целом, готовая к эксплуатации комплектная насосная станция — это экономичная, гибкая и надежная альтернатива традиционным станциям, построенным из бетона. С помощью насосных станций Grundfos вы можете усовершенствовать и полностью адаптировать небольшую или более сложную систему сбора и транспортировки сточных вод.

Компания Grundfos предлагает широкий ассортимент полнофункциональных стандартных готовых к эксплуатации насосных станций в комплекте со всеми необходимыми трубопроводами, клапанами, датчиками уровня, органами управления и пр. В случае особых требований насосные станции могут изготавливаться по индивидуальному проекту.



Рис. 1 Насосная станция диаметром 1 800 мм на бетонном фундаменте для предотвращения всплытия. Сверху станции устанавливается панель управления.

Насосные станции для атмосферных, хозяйственно-бытовых или производственных сточных вод в стандартном исполнении комплектуются резервуарами диаметром до 3 м и длиной до 12 м. Изменение диаметра и длины делает их соответствующими практически любым требованиям.

2. Ассортимент продукции

Насосные станции типа PS.R.

изготавливаются из стойкого к коррозии полиэтилена.

Насосные станции типа PS.G.

изготавливаются из стойкого к коррозии полиэфира, армированного стекловолокном.

С помощью Конструктора КНС Grundfos станции можно комплектовать насосами, трубами, клапанами, органами управления и пр. Декларация рабочих характеристик подготовлена в соответствии с Приложением III Норматива (EU) № 305/2011 (Норматив проектирования оборудования).

Если оборудование изготавливается в виде готовой системы, на него должен быть нанесен знак соответствия требованиям ЕС в соответствии с Директивой по механическому оборудованию (2006/42/EC) EN ISO 12100:2010.

2.1. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ PS.R.



Рис. 2 Насосные станции PS.R. с двумя погружными канализационными насосами SE на автоматической трубной муфте.

Насосные станции PS.R. изготавливаются из полиэтилена, формованного центробежным способом (PE высокой плотности), и комплектуются напорными трубами и клапанами. Насосы поставляются отдельно. Трубы изготавливаются из полиэтилена (PE) или нержавеющей стали (AISI 304).

2.2. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ

Насосная станция оснащена увеличенным резервуаром. Отбортовка резервуара вместе с ребрами основного профиля предназначена для защиты станции от всплытия в местах с высоким уровнем грунтовых вод. В то же время увеличенный конусообразный резервуар способствует самоочистке и тем самым ограничивает отложение осадка и возникновение неприятного запаха.

Насосные станции PS.R. оснащены всем необходимым для безаварийного сбора и отведения сточных вод.

- Прочная конструкция
- Стойкость к воздействию сильных кислот и щелочей, а также растворителей
- Продуманная конструкция из стойкого к коррозии полиэтилена
- Все необходимые принадлежности, такие как трубы и клапаны, а также надежные контроллеры
- Крышка смотрового люка сверху с алюминиевой защитной решеткой

Таким образом, вы можете получить полностью укомплектованную насосную станцию, готовую к монтажу. Каждая деталь соответствует наиболее жестким требованиям к качеству и полностью соответствует другим компонентам.



Рис. 3 Висячий замок предназначен для запираения крышки люка, а защитная решетка состоит из двух частей и снабжена защитной петлей в основной секции.

2.3. ДИАМЕТР И ГЛУБИНА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ PS.R.

Диаметр резервуара станции — 1 700 мм, что позволяет устанавливать два погружных насоса в системе с автоматической муфтой на трубах от DN 50 до DN 100 из нержавеющей стали (AISI 304) или на полиэтиленовых (PE) трубах диаметром от D 63 до D 110 мм. Диаметр основной секции — 1 400 мм. Значения глубины станций указаны в таблице на Рис. 4.

Насосная станция PS.R диаметром 1 700 мм на два насоса			
Глубина мм	Труба, нерж. сталь	Труба, PE	Труба, PE
	DN 50 – DN 100	D 63 мм	D 75 – D 110 мм
2 000	x	x	x
2 500	x	x	x
2 840	x	x	x
3 000	x	x	x
3 170	x		x
3 340	x		x
3 500	x		x
3 670	x		x
3 840	x		x
4 000	x		x
4 170	x		x
4 340	x		x
4 500	x		x
4 670	x		x
4 840	x		x
5 000	x		x
5 170	x		x
5 340	x		x
5 500	x		x
5 670	x		x
5840	x		x
6 000	x		x

Рис. 4 Глубина монтажа насосных станций PS.R. с трубами из нержавеющей стали или полиэтилена.

2.4. СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ И КАМЕРА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

В приложении Конструктор КНС Grundfos предусмотрено три примера стандартного исполнения трубопроводных систем, если они не соответствуют вашим потребностям, обратитесь в компанию Grundfos для внесения изменений.



Рис. 5 DC, обвязка с общим выпускным патрубком.



Рис. 6 Обвязка GC с S-образным коленом и общим выпускным патрубком.



Рис. 7 Камера переключения VC (без клапанов внутри насосной станции).

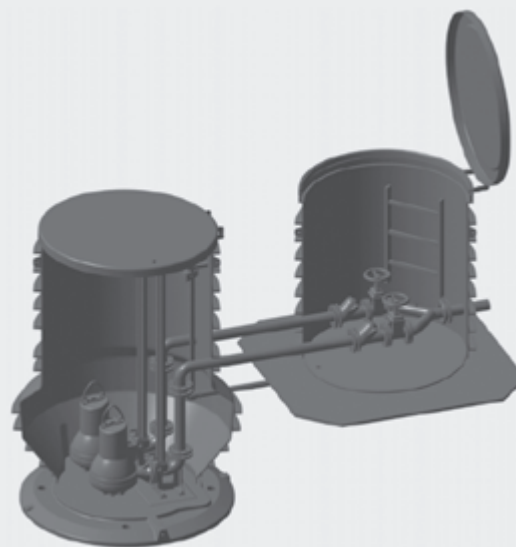


Рис. 8 Насосная станция PS.R. с камерой переключения.

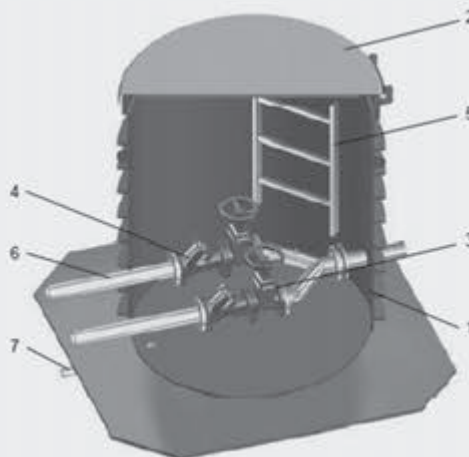


Рис. 9 Камера переключения к насосным станциям PS.R.

Габаритные размеры и спецификация материалов компонентов

Поз.	Компоненты	Материал
1	Камера переключения	Полиэтилен (РЕ высокой плотности)
2	Крышка	
3	Запорный клапан	Чугун с эпоксидным покрытием
4	Обратный клапан	Чугун с эпоксидным покрытием
5	Лестницы	Алюминий
6	Трубопроводы	Нержавеющая сталь
		РЕ
7	Дренажная труба	РЕ

Диаметр камеры переключения — 1 400 мм, высота камеры может быть 1 000 или 1 600 мм.

Нижняя панель размером 2 000 x 2 000 мм предназначена для предотвращения всплытия камеры. Камера переключения всегда снабжена дренажной трубой для отведения конденсата в насосную станцию.

3. Частота пусков

В насосной станции объем воды состоит из объема от дна до нижнего уровня останова насоса и объема выше этого уровня, который меняется в зависимости от времени использования насоса и притока.

Частота пусков насосов зависит от доступного объема воды выше уровня останова и притоком. Частота пусков Z зависит от соотношения между Q_{in}/Q и V_h ,

Q_{in} = приток [л/с]

Q = производительность насоса [л/с]

V_h = эффективный объем между уровнями пуска и останова [м³]

Примечание. Если максимальный приток равен производительности насоса, насос работает непрерывно. Если фактическая производительность насоса в режиме работы с одним насосом равна максимальному пиковому притоку, значение Z_{max} всегда будет выполняться, если приток равен половине производительности насоса.

Z_{max} — максимальное количество пусков в час.

$$Z_{max} = \frac{Q \times 3,6}{4 \times V_h}$$

V_h — необходимый минимальный накопленный объем между пуском и остановом.

$$V_h = \frac{Q \times 3,6}{4 \times Z_{max}}$$

4. Объем резервуара

В установках с расчетным максимальным притоком Q_{in} ниже 60 % выбранной производительности насоса, накопительный объем резервуара необходимо выбирать таким образом, чтобы в день выполнялось не менее двух пусков насоса, во избежание отложения осадка в резервуаре.

Значения, указанные на Рис. 10, приведены для пустой насосной станции PS.R. без учета насосов, труб и пр.

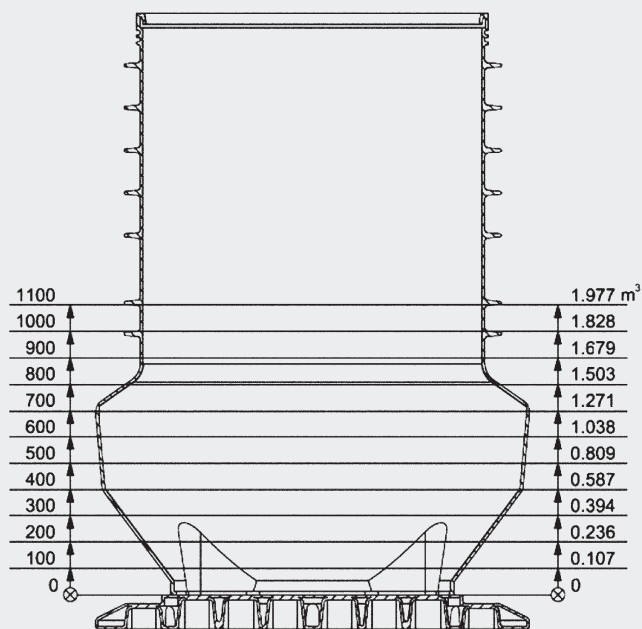


Рис. 10 Полезный объем в зависимости от уровня (мм).

4.1. ПРИМЕР РАСЧЕТА УРОВНЯ ПУСКА И ОСТАНОВА

Два погружных канализационных насоса SE1.80.100.22 установлены на автоматических трубных муфтах. Каждый насос обладает производительностью 20 л/с.

Высота от дна резервуара до верха корпуса насоса: 360 мм.

Объем ниже уровня останова:
 $(0,587 \text{ м}^3 - 0,394 \text{ м}^3) \times 0,6 + 0,394 \text{ м}^3 = 0,510 \text{ м}^3$

Объем между уровнями пуска и останова равен $0,900 \text{ м}^3$, если использовать следующую формулу и принять количество пусков насоса равным 20.

$$V_h = \frac{Q \times 3,6}{4 \times Z_{\max}}$$

Уровень пуска: $0,510 + 0,900 \text{ м}^3 = 1,410 \text{ м}^3$ или 800 мм выше уровня дна.

В этом примере объем, занимаемый насосами, трубами и автоматическими муфтами, не учитывается.

5. Насосные станции PS.G.



Рис. 11 Насосные станции PS.G. с двумя погружными канализационными насосами SE на автоматической трубной муфте.

Насосные станции PS.G. изготавливаются из стойкого к коррозии стеклопластика (GRP), который позволяет получить надежную и прочную конструкцию. Они поставляются вместе с напорной трубой и клапанами. Насосы поставляются отдельно. Трубы изготавливаются из нержавеющей стали (AISI 304) или полиэтилена (PE).

На заводе выполняется сборка насосной станции в точном соответствии со спецификацией заказчика для насосов сухой установки, погружных насосов или при необходимости комбинации тех и других. Собранный насосная станция — это комплект, поставляемый единым модулем.

5.1. МОДУЛЬНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

В состав насосных станций PS.G. входят стандартизованные основания и верхние компоненты из стеклопластика, с алюминиевой крышкой люка, диаметром от 1 200 до 3 000 мм. Максимальная длина готовой насосной станции составляет 12 м.



Рис. 12 Большие комплектные насосные станции трубами, клапанами и пр., рассчитанные на четыре погружных канализационных насоса.

5.2. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ

Для предотвращения всплытия дно насосной станции снабжено выступом из стекловолокна, который необходимо закрепить на бетонном основании при помощи монтажных кронштейнов и анкерных болтов.

Внутри на дне резервуара выполнен круглый уклон для повышения эффективности самоочистки и предотвращения скопления шлама и возникновения неприятного запаха.

Насосные станции PS.G. оснащены всем необходимым для безаварийного сбора и отведения сточных вод:

- Прочная конструкция.
- Стойкость к воздействию сильных кислот и щелочей, а также растворителей.
- Продуманная конструкция бака из стойкого к коррозии стеклопластика.
- Крышка смотрового люка сверху с алюминиевой защитной решеткой.
- Трубы и клапаны.

- Площадки обслуживания.
- Вентиляционные трубы.
- Перегородки.
- Мусоросборочные корзины.
- Датчики уровня.

Таким образом, вы можете получить комплектную насосную станцию, готовую к монтажу. Каждая деталь соответствует другим компонентам и жестким требованиям к качеству.

5.3. КРЫШКИ С ЛЮКАМИ

Все насосные станции снабжены крышками и алюминиевыми запираемыми люками с защитными решетками. Люк поднят над крышкой резервуара из соображений безопасности. Тип крышки зависит от размера насосной станции и места установки.

Стандартные крышки изготавливаются из стеклопластика. Количество люков зависит от диаметра колодца:

- Один люк для насосных станций диаметром 1 200–2 200 мм.
- Два люка для насосных станций диаметром 3 000 мм.

Примечание. Алюминиевые люки не предназначены для установки на проезжей части.

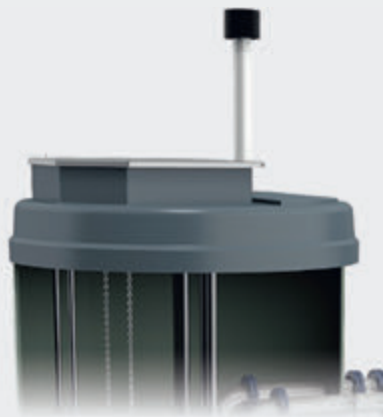


Рис. 13 Приподнятый алюминиевый люк. Конструкция позволяет организовать вентиляцию сверху или сбоку станции (диаметр 1 200–2 200).

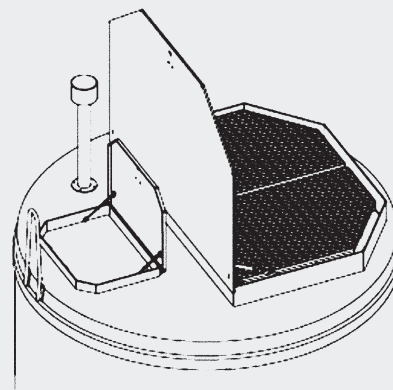


Рис. 14 Алюминиевые люки обслуживания и защитная решетка (Ø 3 000).

5.4. КРЫШКИ ЛЮКОВ, РАЗРЕШЕННЫЕ ДЛЯ УСТАНОВКИ НА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Крышки выпускаются в двух вариантах, показанных ниже, и сертифицированы в соответствии с требованиями EN 124, Класс D.

Вариант 1, крышка с бетонным кольцом

Крышка снабжена бетонным кольцом, увеличенной крышкой и стальным люком. Возможно изготовление крышки с асфальтовым покрытием.

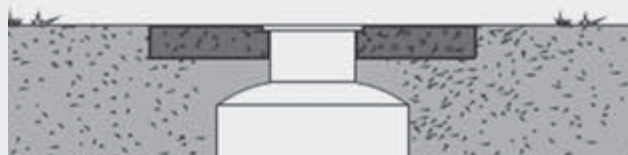


Рис. 15 Насосная станция без асфальтового покрытия, с бетонным кольцом и крышкой для установки на проезжей части.

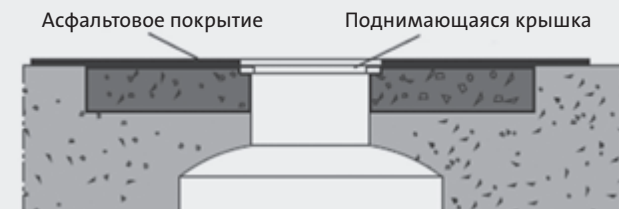


Рис. 16 Насосная станция с асфальтовым покрытием, с бетонным кольцом и крышкой для установки на проезжей части.

Вариант 2, крышка с пустым пространством

Крышка снабжена бетонным кольцом и стальным люком. Крышки заказываются дополнительно и изготавливаются для колодцев всех размеров.

Пустое пространство между бетонным кольцом и колодцем

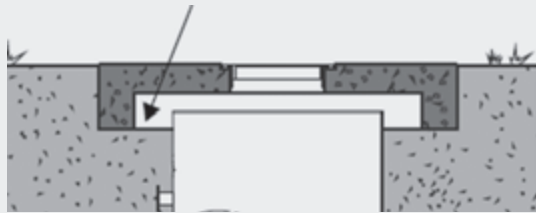


Рис. 17 Крышка, разрешенная для установки на проезжей части, с пустым пространством.

5.5. ШКАФЫ УПРАВЛЕНИЯ

Места установки шкафов управления:

- На крышке насосной станции.
- На отдельной бетонной плите вблизи насосной станции.
- На стене зданий и пр.



Рис. 18 Насосная станция с увеличенной верхней крышкой из стеклопластика, подготовленной для установки шкафа управления.



Рис. 19 Шкаф управления, установленный на увеличенной верхней крышке из стеклопластика.

5.6. ПЛОЩАДКИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Площадки обслуживания позволяют обслуживать клапаны, установленные внутри насосной станции. Площадка изготавливается из алюминия.

Диаметр колодца [мм]	Площадка
1 200	Нет
1 400–2 200	Подъемная
3 000	Стационарная установка

Площадка обслуживания рассчитана только на одного человека. Подъемная площадка обслуживания снабжена шарнирными соединениями, предназначенными для ручного подъема, например, во время подъема насоса для проведения обслуживания. Площадка опирается на стенку и не требует крепления во время обслуживания.



Рис. 20 Насосная станция с трубопроводной системой DC на три насоса и подъемной площадкой.



Рис. 21 Стационарная площадка обслуживания.

5.7. ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ И КАМЕРА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

По аналогии с насосными станциями PS.S подготовлено три примера трубопроводных систем. Если они не соответствуют вашим требованиям, обратитесь в компанию Grundfos для внесения изменений.

- Трубопроводная система DC с прямым выпуском.
- Трубопроводная система GC с выпуском в виде S-образного колена.
- Камера переключения VC (без клапанов внутри насосной станции).



Рис. 22 Насосная станция с двумя погружными насосами в системе с автоматической муфтой. С трубопроводной системой VC и камерой переключения.

Эти насосные станции могут быть укомплектованы площадками обслуживания и панелью управления, устанавливаемой на поверхности. Все насосные станции собраны, и прошли заводские испытания перед поставкой. Это позволяет сэкономить время монтажа на месте и обеспечить высокую надежность.

6. Камера переключения

Камера переключения всегда снабжена дренажной трубой для отведения конденсата в насосную станцию. Камера переключения также выпускается в исполнении с изоляцией из вспененного полиэтилена.

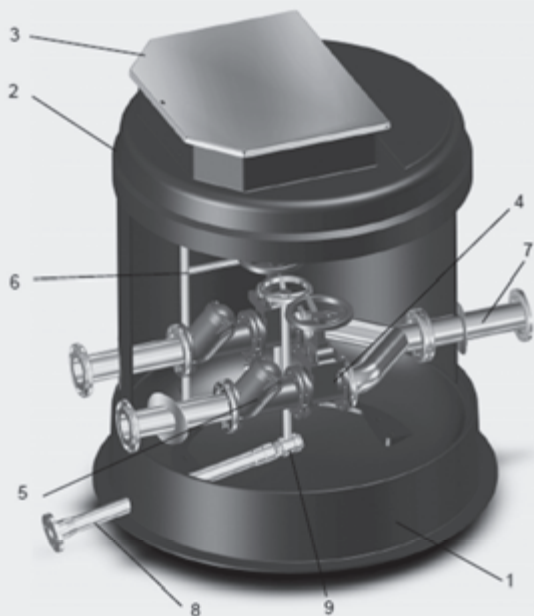


Рис. 23 Камера переключения на два насоса высокого давления и эжекторной трубой между двумя напорными патрубками.

6.1. НАПРАВЛЕНИЕ ВЫПУСКА

Направление выпуска зависит от диаметра насосной станции и типа трубы. Выпуск всегда обозначается в градусах или в единицах времени на циферблате.

Спецификация компонентов и материалов

Поз.	Компоненты	Материал
1	Камера переключения	Стеклопластик (GRP)
2	Крышка	
3	Люк	Алюминий
	Изоляция люка	Пенополистирол
4	Запорный клапан	Чугун с эпоксидным покрытием
5	Обратный клапан	Чугун с эпоксидным покрытием
6	Лестницы	Алюминий
7	Трубы	Нержавеющая сталь
8	Дренажная труба	Пластмасса
9	Дренажная труба	Пластмасса

7. Система трубопроводов

Насосные станции диаметром до 3 000 мм могут комплектоваться трубопроводными системами VC, DC или GC. Направление выпуска определяется трубами (см. Рис. 24 и 25).

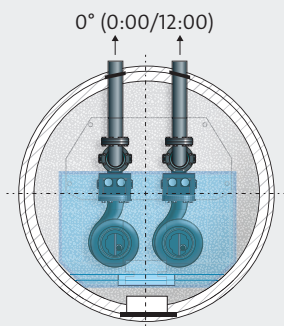


Рис. 24 Направление выпуска установки с двумя насосами с трубами VC в камере переключения.

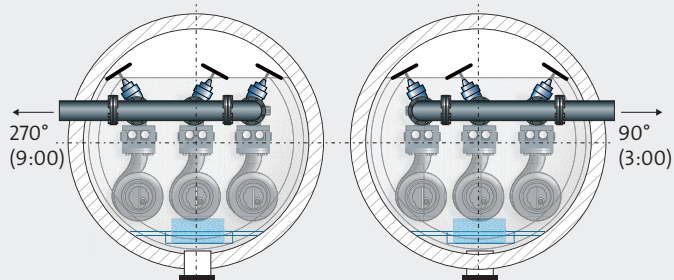
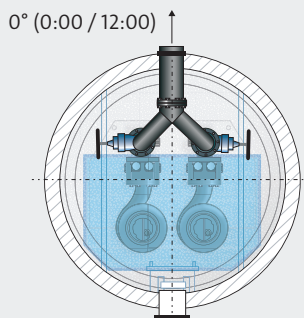


Рис. 25 Направление выпуска насосной станции Φ 3 000 с трубами DC и GC.



Трубы [DN]	A [мм]
250 / 300	510
250 / 250	485
200 / 250	502
200 / 200	475
150 / 200	475
150 / 150	450
100 / 150	450
100 / 100	390
80 / 100	390
80 / 80	370

Рис. 26 Смещение A насосных станций Φ 3 000.

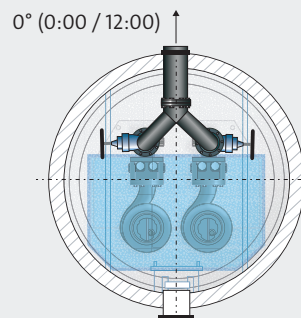


Рис. 27 Насосные станции Φ 1200-2200 мм с трубопроводной системой из нержавеющей стали могут комплектоваться трубопроводными системами VC, DC или GC. Угол выпуска всегда 0°.



Рис. 28 Насосная станция Φ 3000 мм с трубопроводной системой из нержавеющей стали со стационарной площадкой обслуживания.

8. Подводящие патрубки, экраны и мусоросборочные корзины на входе

Все подводящие патрубки заделываются в стенку из стекловолокна, чтобы обеспечить герметичность. В случае высокой скорости или большого расстояния от подводящего трубопровода до дна резервуара дополнительно можно установить экран для снижения риска растворения воздуха в воде и не допустить возникновения кавитации.

К заказу доступны мусоросборочные корзины для подводящих трубопроводов размером до DN400. Мусоросборочные корзины выпускаются двух типоразмеров: уменьшенные и стандартные. Они предназначены для улавливания крупного мусора, такого как камни и ветки из потока жидкости на входе.



Рис. 29 Подводящий патрубок с фланцем и мусоросборочной корзиной.



Рис. 30 Насосная станция PS.G, с экраном и двумя погружными канализационными насосами (проект выполнен с помощью Конструктора КНС Grundfos).

Типоразмер	Размеры корзины В x Д x Ш [мм]	Размер отверстий сетки В x Д [мм]
Уменьшенная	453 x 326 x 206	185 x 45
Стандартная	794 x 650 x 306	350 x 45

9. Приложение Конструктор КНС

Если вы знаете свои требования к насосной станции, Конструктор КНС Grundfos позволяет подготовить проект насосной станции менее чем за 15 минут. Просто выполните пять действий.



1. Введите свои требования

Введите значение расхода, напора, количество насосов и режим эксплуатации. Это необходимо для правильного выбора насоса под конкретную задачу.

Также потребуется указать глубину лотка подводящего трубопровода к насосной станции, чтобы получить несколько рекомендаций для определения оптимального решения.

Инструмент подбора позволяет отобразить перечень насосов, в котором можно выбрать необходимый насос.

2. Выбор решения

Здесь отображается несколько вариантов решения, вы можете выбрать вариант, соответствующий вашим требованиям.

3. Настройка и адаптация

Создание детальной конфигурации выбранных решений и чертежей.

4. Выбор принадлежностей

Можно выбрать принадлежности для адаптированного решения.

5. Распечатка или отправка документации по электронной почте

Готовое решение представляется в формате CAD-чертежа, который можно загрузить. Протокол спецификации адаптированного решения можно распечатать и отправить в компанию Grundfos. Это информация, которая необходима компании Grundfos, чтобы подготовить предложение и указать сроки поставки.

Чтобы получить доступ к приложению Конструктор КНС Grundfos, зайдите на сайт www.grundfos.ru в Grundfos Product Center. Здесь понадобится ввести адрес электронной почты для регистрации или создания учетной записи.

10. Варианты насосных станций и трубопроводов

Насосные станции выпускаются в различных вариантах диаметров с несколькими комбинациями насосов и трубопроводов.

Не все варианты насосов подходят для конкретных станций.

За более подробной информацией обратитесь в компанию Grundfos.

Насосы серии SE комплектуются двигателями мощностью до 30 кВт.

Насосы серии S комплектуются двигателями мощностью до 85 кВт.

11. Габаритные размеры стандартных насосных станций

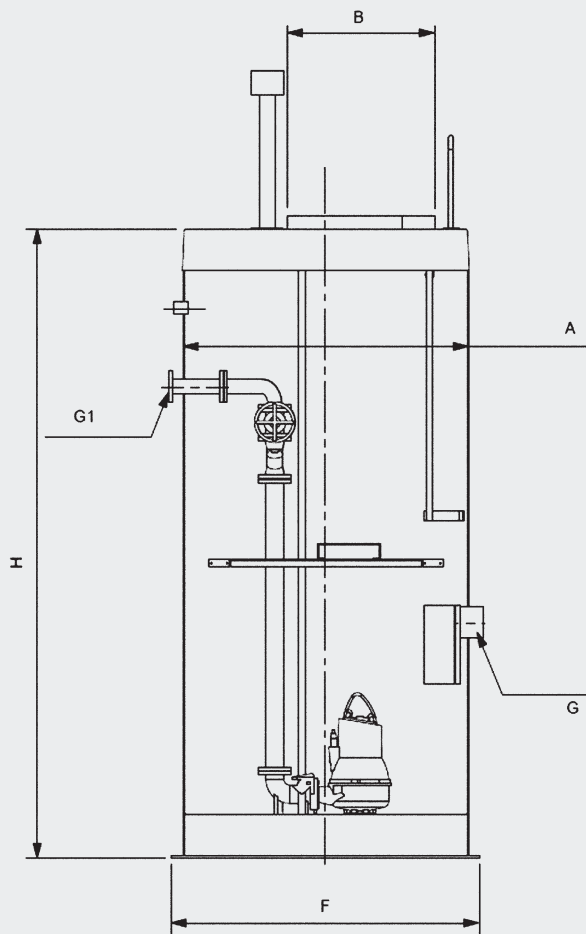


Рис. 31 Габаритный чертеж насосных станций PS.G.

A [мм]	B [мм]	B (крышки, разрешенные для установки на проезжей части)	F [мм]
1 200	570 x 840	Смотровой люк Ø600/800	1 350
1 400	725 x 940		1 567
1 600	880 x 1 880		1 756
1 800	890 x 1 280		1 970
2 000	1 070 x 1 400		2 150
2 200	1 190 x 1 400		2 375
3 000	1 570 x 2 200		3 160

A [мм]	G1 Нержавеющая сталь*	G1 Полиэтилен*
1 200	DN 50–DN 80	D63–D90
1 400		
1 600	DN 50–DN 100	D63–D110
1 800		
2 000	DN 65–DN 150	D75–D160
2 200		
3 000	DN 80–DN 250	D90–D160

A [мм]	G Нержавеющая сталь [Ø мм]	G Полиэтилен [Ø мм]	H** [мм]
1 200	DN 50–DN 300	D63–D315	1 500–8 000
1 400			
1 600	DN 50–DN 400		
1 800	DN 50–DN 450		
2 000		D63–D400	
2 200	DN 50–DN 600		
3 000			

* Варианты материалов и труб приведены в разделе, посвященном трубам.

** За исполнениями больших размеров (до 12 000 мм) обратитесь в компанию Grundfos.

12. Габаритные размеры камеры переключения

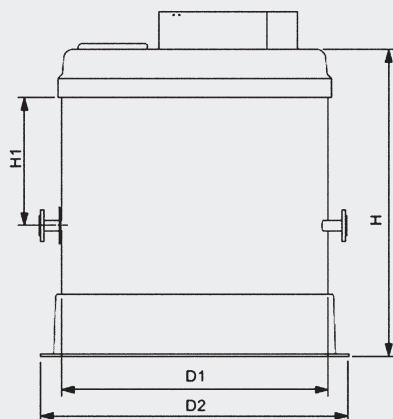


Рис. 32 Габаритный чертёж камеры переключения.

H* [мм]	H1* [мм]	Размер впускной трубы [DN]
1 500 / 2 000		DN 50
1 500 / 2 000		DN 65
1 500 / 2 000		DN 80
1 500 / 2 000	740 ±50 / 1 240 ±50	DN 100
1 500 / 2 000		DN 150
1 500 / 2 000		DN 200
1 500 / 2 000		DN 250

H* [мм]	D1* [мм]	D2 [мм]
1 500 / 2 000	1 400	1 640
1 500 / 2 000	1 400	1 640
1 500 / 2 000	1 400	1 640
1 500 / 2 000	1 400	1 640
1 500 / 2 000	1 400	1 640
1 500 / 2 000	2 200	2 468
1 500 / 2 000	2 200	2 468

* Нижняя камера / верхняя камера.

13. Размеры фундаментной плиты

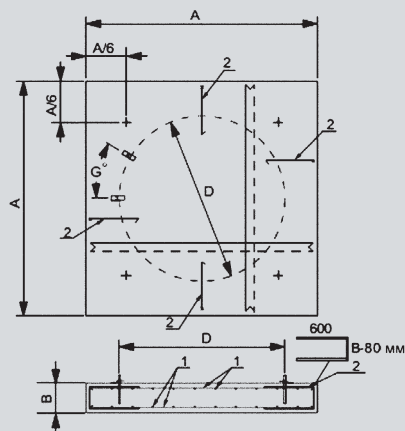


Рис. 33 Фундаментная плита.

Бетон	C40/50-2
Минимальная толщина бетона поверх усилительной арматуры	35 мм
Класс экспозиции бетона	XC4
Армирование	B500B
Макс. угол наклона	25°

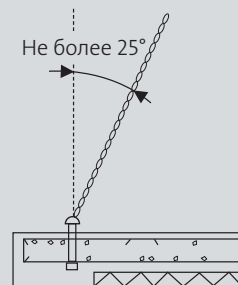


Рис. 34 Угол наклона подъемной цепи.

Угол (G°) между анкерными болтами рассчитывается делением окружности установки (360°) на количество болтов.

14. Анкерные болты

Количество анкерных болтов зависит от диаметра резервуара.

Размеры	[мм]	Диаметр резервуара [мм]							
		1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	3 000
A	-	1 500	1 800	2 100	2 400	2 700	3 000	3 300	4 000
B	< 3 500							200	350
	3 500–6 000					200	200		650
	6 000–7 000							250	800
	7 000–8 000								900
	8 000–9 000	200	200	200	200				1 000
	9 000–10 000					250	250	300	1 100
	10 000–11 000								1 200
	11 000–12 000					300	300	350	1 300
D	-	-	1 470	1 680	1 875	2 080	2 300	2 510	3 325

Глубина резервуара	мм	Количество болтов в зависимости от диаметра резервуара [мм]							
		1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	3 000
	1 500	4	4	4	4	4	4	4	6
	2 000	4	4	4	4	4	4	4	8
	2 500	4	4	4	4	4	4	6	10
	3 000	4	4	4	4	4	6	6	12
	3 500	4	4	4	4	6	6	8	14
	4 000	4	4	4	6	6	8	8	16
	4 500	4	4	4	6	6	8	10	16
	5 000	4	4	4	6	8	8	10	18
	5 500	4	4	6	6	8	10	12	20
	6 000	4	4	6	8	8	10	12	22
	6 500	4	4	6	8	10	12	14	24
	7 000	4	4	6	8	10	12	14	26
	7 500	4	6	6	8	10	12	16	28
	8 000	4	6	8	10	12	14	16	30
	8 500	4	6	8	10	12	14	18	32
	9 000	4	6	8	10	12	16	18	32
	9 500	4	6	8	10	14	16	20	34
	10 000	4	6	8	12	14	16	20	36
	10 500	6	6	10	12	14	18	20	38
	11 000	6	8	10	12	14	18	22	40
	11 500	6	8	10	12	16	20	22	42
	12 000	6	8	10	14	16	20	24	44

15. Армирование

За более подробной информацией об усилительной арматуре и хомутах обратитесь к каталогу комплектных насосных станций Grundfos типов PS.R. и PS.G.

16. Бетонные крышки

За более подробной информацией о бетонных крышках исполнений 1 и 2 обратитесь к каталогу комплектных насосных станций Grundfos типов PS.R. и PS.G.

17. Прочие варианты насосных станций

Если вы не смогли найти рабочую станцию, которая соответствует вашим требованиям, обратитесь к местному представителю компании Grundfos. Мы выпускаем готовые насосные станции, модельные ряды которых отличаются в разных регионах.

За информацией о комплектных насосных станциях большой мощности обратитесь к приложению Grundfos Product Center на сайте www.grundfos.ru или к местному представителю компании Grundfos. Мы предлагаем широкий выбор исполнений диаметром до 3 м и глубиной до 12 м из пластика или полиэтилена, армированного стекловолокном. См. примеры на Рис. с 35 по 38.

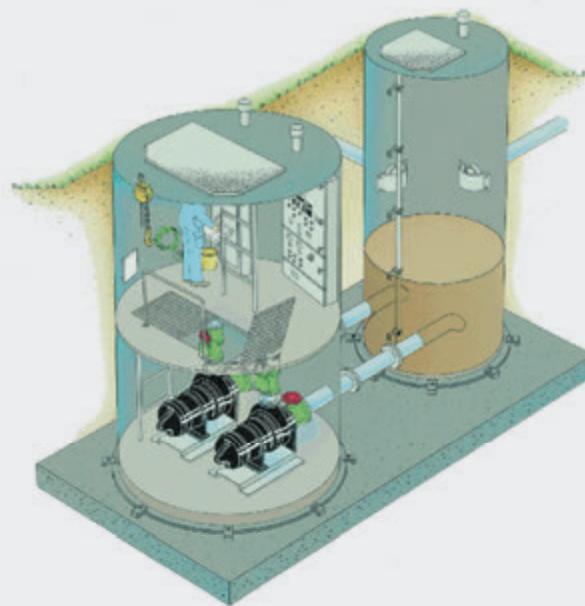


Рис. 35 Насосная станция индивидуального исполнения с насосами сухой горизонтальной установки. Промежуточный ярус для системы управления и один дополнительный резервуар в качестве «мокрого» приёмного отделения.

Технические характеристики наиболее распространенных решений:

Диаметр мм	Длина мм	Количество насосов	Диаметр напорной трубы
2 200	4 500	2	DN 80
2 200	4 500	2	DN 100
2 200	5 000	2	DN 100
2 200	5 500	2	DN 150



Рис. 36 Порт Вентспилс — крупнейший экспортный морской порт на Балтике. Здесь Grundfos установил готовую насосную станцию для перекачки нефтепродуктов.



Рис. 37 Насосная станция индивидуального исполнения (INTEGRA) с насосами сухой вертикальной установки и с интегрированным накопительным резервуаром.

Технические характеристики наиболее распространенных решений:

Диаметр мм	Длина мм	Количество насосов	Диаметр напорной трубы
2 200	4 500	2	DN 80
2 200	4 500	2	DN 100
2 200	5 000	2	DN 100
2 200	5 500	2	DN 150

Насосные станции с интегрированными резервуарами в едином модуле являются запатентованным решением.

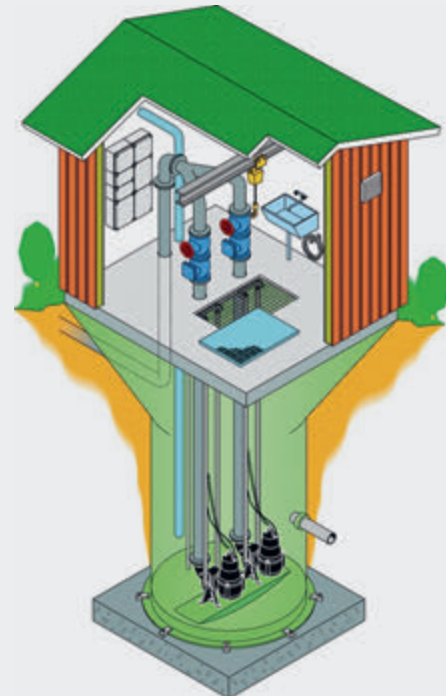


Рис. 38 Насосная станция индивидуального исполнения для погружных насосов на автоматической трубной муфте с интегрированным помещением для обслуживания, установленным на поверхности.

Технические характеристики наиболее распространенных насосных станций:

Диаметр мм	Длина мм	Количество насосов	Диаметр трубы
1 400	3 500	2	DN 80
1 400	4 000	2	DN 100
1 800	4 000	2	DN 100
1 800	4 500	2	DN 150
2 200	4 500	2	DN 150
2 200	5 000	2	DN 150

Насосная станция с изолированным помещением для обслуживания, установленным на поверхности, с размерами 2,5 x 2,5 м или 3,3 x 3,3 м, снабжена обратными клапанами, запорными клапанами, подъемным устройством для снятия насосов и защищенной панелью управления, установленной внутри станции. Умывальник, водяной шланг с распылительным соплом и воздушная вентиляция входят в стандартный комплект поставки.

18. Насосная система для четырех погружных насосов

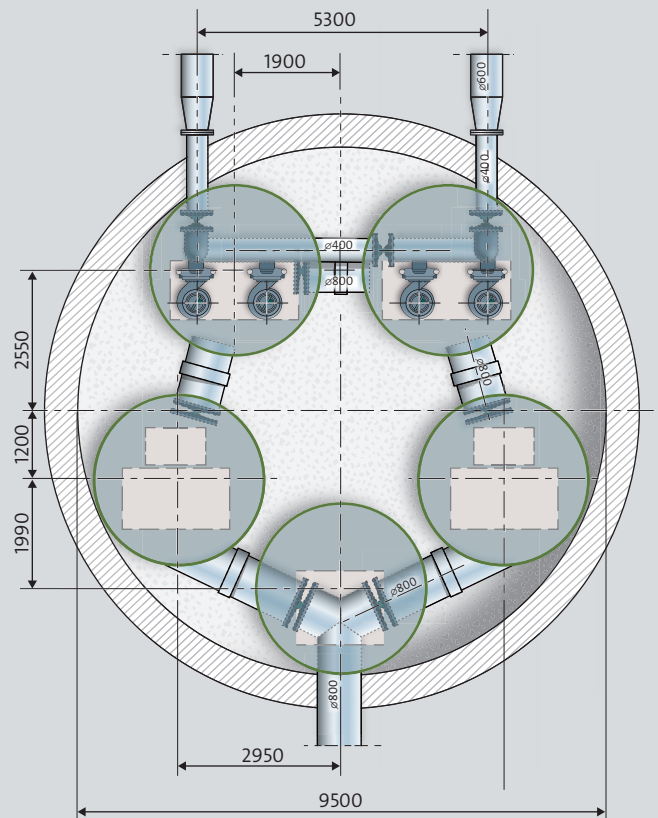


Рис. 39 Насосная система с четырьмя насосами, установленными в двух резервуарах, оснащена тремя дополнительными накопительными резервуарами для поддержания необходимого объема стоков.

Это полностью индивидуальное решение, разработанное нашим отделом проектирования в соответствии со спецификацией заказчика. Расчет всасывающих труб и диаметра накопительного резервуара связан с производительностью насоса и выполняется для каждого конкретного применения. Можно реализовать практически любые исполнения.

19. Реконструкция изношенных бетонных насосных станций

Старые изношенные насосные станции с устаревшими насосами, трубами, клапанами и панелью управления можно очень выгодно заменить. Готовая насосная станция — это экономичная, гибкая и надежная альтернатива традиционным бетонным конструкциям.

Если старая станция изношена, необходимо строить новую бетонную станцию, но это очень дорого и долго. Вы также можете просто заменить насосы. Однако это не решит главную проблему — износ бетонной конструкции.

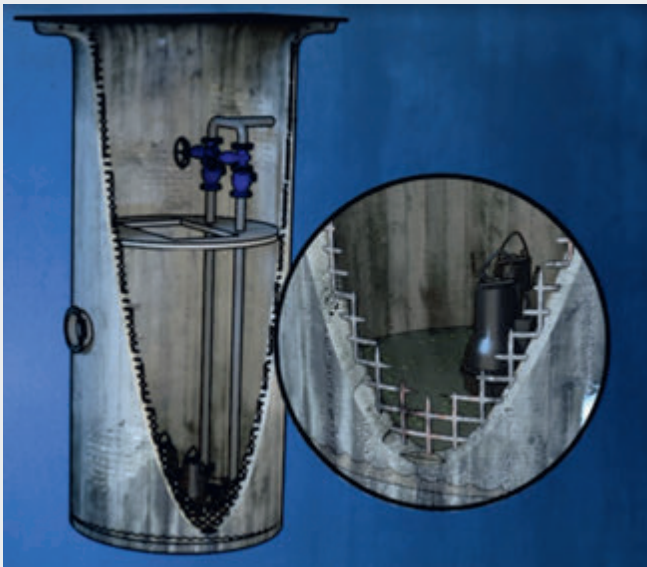


Рис. 40 Старая насосная станция, бетонная конструкция которой находится в изношенном состоянии, и существует риск утечки сточных вод.

В отличие от традиционной насосной станции, которая потребует детальной разработки и реализации, комплектные станции могут помочь сократить время на реконструкцию, сократив время, затрачиваемое на выемку грунта, строительные работы и монтаж.



Рис. 41 Установка новой бетонной насосной станции требует много финансовых вложений и времени.

Разработка решения «колодец в колоде» проще, установка выполняется намного быстрее, а высокое качество оборудования в сочетании с средствами управления гарантирует сведение эксплуатационных затрат к минимуму.

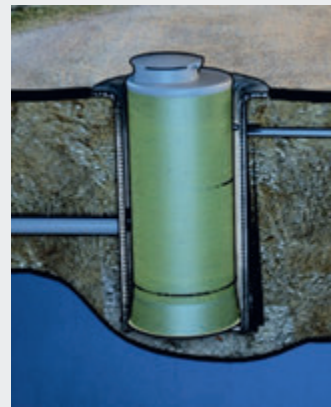


Рис. 42 Старая бетонная насосная станция с установленной в ней новой комплектной насосной станцией.

Данный способ обновления системы позволяет уменьшить время простоя до одного дня, свести неудобства для конечного пользователя к минимуму и сократить затраты на обслуживание готовой станции.

20. Три способа обновления старой системы

Существует три варианта реконструкции бетонной насосной станции, выбор решения зависит от наличия свободного места на месте монтажа и от того, как долго старая станция может находиться в нерабочем состоянии.

- Установка внутри старой станции
- Байпасная установка
- Погружная сухая установка

20.1. УСТАНОВКА ВНУТРИ СТАРОЙ СТАНЦИИ

Комплектная насосная станция просто устанавливается внутрь готовой бетонной конструкции. Это простое решение со значительной экономией времени.

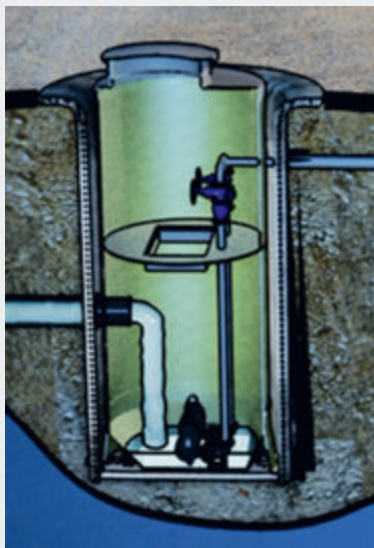


Рис. 43 Новая насосная станция, установленная в старую бетонную конструкцию.

Нет необходимости разрушать или перестраивать старую станцию, нужно лишь выполнить подключение, а это означает, что время простоя будет сведено к минимуму, поскольку монтаж займет не более 24 часов, и минимизирует неудобства для конечного пользователя.

20.2. БАЙПАСНАЯ УСТАНОВКА

В случае байпасной установки потребуется новый котлован для установки насосной станции вблизи старой. Во время строительства старая насосная станция может продолжать работать без перерыва. Как только новая станция установлена, подводящую трубу старой станции необходимо подключить к новой системе, а старую систему отсоединить. Расчетное время простоя в случае байпасной установки — менее одного часа.



Рис. 44 Байпасная установка с новой подводящей трубой к новой станции.

20.3. ПОГРУЖНАЯ СУХАЯ УСТАНОВКА

При погружной сухой установке новая комплектная рабочая станция также устанавливается вблизи рабочей насосной станции, которая теперь используется в качестве накопительного резервуара, а новая станция остается полностью сухой. Это позволяет обеспечить доступ к насосам для обслуживания и ремонта, и, как и предыдущее, это решение сводит время простоя к минимуму.

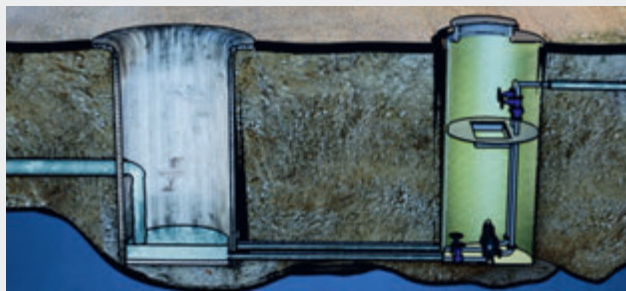


Рис. 45 Старая станция служит приёмной камерой и накопительным резервуаром для насосов сухой установки.

Комплектные насосные станции разработаны в соответствии с высочайшими требованиями к качеству. Новые конструктивные решения, заложенные в эти насосные станции, требуют опыта для ускоренного монтажа с последующей бесперебойной работой.

В дополнение к упрощенной процедуре монтажа такой способ реконструкции также позволяет повысить уровень надежности вместе с возможностью самоочистки и индивидуального исполнения.

Бетонные конструкции подвержены коррозии в случае контакта с агрессивной средой и, в конечном счете, изнашиваются и разрушаются. Готовые насосные станции изготавливаются из стойкого к коррозии полиэтилена или стеклопластика, и сохраняют целостность в течение долгих лет. Готовые насосные станции снабжены дном специальной конструкции для обеспечения самоочистки, который разработан специально под насосы Grundfos и поддерживает оптимальный расход в резервуаре. Станция остается чистой и требует меньше обслуживания.



Рис. 46 Установка новой комплектной насосной станции, внутри старой бетонной конструкции.

21. Преимущества

- Стоимость ниже, чем демонтаж существующей конструкции
- В большинстве случаев откачка воды не требуется
- Меньше время простоя от начала до завершения работ
- Демонтаж существующей конструкции не требуется
- Старая конструкция используется в течение всего срока службы станции



[9]

**РАБОЧИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ
НАСОСА**

1. Общие сведения

С технической точки зрения расход соответствует объему жидкости, перекачанному за период времени. Физическими размерами насоса определяется поток жидкости, который может через него пройти. Таким образом, расход всегда будет проблемой при выборе насоса. Напор означает метры водяного столба. Он показывает, насколько высоко может подняться столб воды при заданном давлении. Понимание взаимосвязи между расходом и напором и преобразования напора в давление позволит выбрать насос на базовом уровне. Напор — это универсальная мера производительности насоса, независимо от жидкости, тогда как давление — это производная мера производительности насоса, приведенная к конкретной жидкости и ситуации. Важно знать взаимосвязь между напором и давлением, чтобы правильно выбрать насос на основании спецификации и кривых характеристик.

2. Кривые рабочих характеристик

Как было сказано ранее, принцип работы Архимедова винта полностью идентичен принципу работы современных центробежных насосов, но в отличие от древних времен современные центробежные насосы рассчитаны очень точно, и производительность насоса отображается на специальном графике производительности.

Теперь рассмотрим, как интерпретировать производительность насоса с помощью набора кривых, используя их как основание.

2.1. СТАНДАРТНЫЕ КРИВЫЕ

Кривые производительности помогают заказчику выбрать насос, соответствующий требованиям для данного применения.

В спецификации указано значение напора (H) при различной подаче (Q). Требования к напору и подаче являются определяющими для остальных параметров насоса.

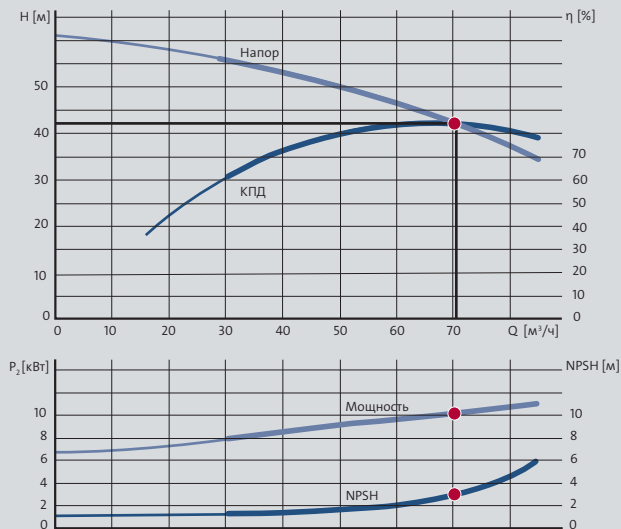


Рис. 1 Типовые кривые рабочих характеристик центробежного насоса. Напор (H), потребляемая мощность (P), КПД (η) и NPSH, как функция подачи.

В дополнение к напору насоса в спецификации также указывается потребляемая мощность (P_2). От потребляемой мощности зависит выбор электрооборудования, которое предназначено для питания электродвигателя насоса. Потребляемая мощность подобна напору, представленному как функция расхода.

Также в спецификации указывается значения КПД (η) и NPSH. NPSH — это сокращение от «допустимый положительный подпор на входе в насос». Кривая NPSH показывает необходимый напор на входе и требования к конкретной системе, которые должны быть выполнены для предотвращения кавитации. Кривая КПД показывает, насколько эффективно насос работает в системе, чтобы выбрать наиболее эффективный насос в указанном рабочем диапазоне. На Рис. 1 показан пример кривых производительности из спецификации.

Кривые производительности погружного канализационного насоса с интегрированным двигателем описывают производительность насосной установки в целом. Кривая QH (зависимость между расходом и напором) учитывает потери насоса погружной установки на впуске.



Рис. 2 Кривые рабочих характеристик соответствуют насосному агрегату в целом, которая состоит из насоса и электродвигателя.

3. Давление

Давление (p) — это выражение силы, действующей на единицу площади. Разделяется на две составляющие: статическое и динамическое. Давление — это сумма двух составляющих:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{stat}} + P_{\text{dyn}} \text{ [Па]}$$

где

P_{tot} = Суммарное давление [Па]

P_{stat} = Статическое давление [Па]

P_{dyn} = Динамическое давление [Па]

В перекрытой секции трубы статическое давление измеряется манометром, и измерение статического давления всегда должно осуществляться на неподвижной жидкости или через измерительный патрубок, установленный перпендикулярно направлению потока, как показано на Рис. 3.

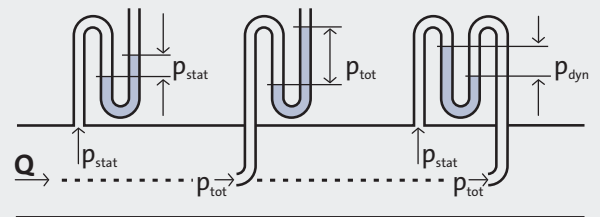


Рис. 3 Как измеряется статическое давление P_{stat} , суммарное давление P_{tot} и динамическое давление P_{dyn} .

Суммарное давление можно измерить через измерительный патрубок с отверстием, направленным в сторону потока. Динамическое давление можно определить измерением разности давлений между суммарным давлением и статическим давлением. Комбинированные измерения давления, аналогичные описанным выше, можно выполнить при помощи трубки Пито.

Динамическое давление — это функция скорости жидкости. Динамическое давление можно рассчитать по следующей формуле, где скорость (V) измеряется, а плотность жидкости (ρ) известна:

$$P_{\text{dyn}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 = [\text{Па}]$$

где

V = Скорость [м/с]

ρ = Плотность [кг/м³]

Динамическое давление может влиять на статическое давление и наоборот. Динамическое давление потока жидкости, проходящего по трубе, диаметр которой увеличивается, преобразуется в статическое давление. Поток, проходящий по трубе — это расход трубы, а часть трубы, диаметр которой увеличивается — это диффузор.

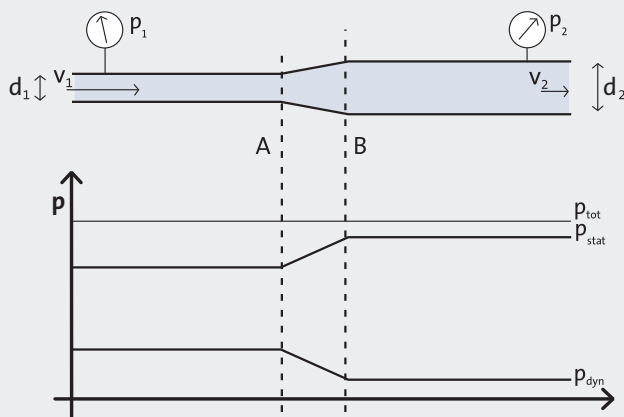


Рис. 4 Пример преобразования динамического давления в статическое давление с помощью диффузора.

3.1. АБСОЛЮТНОЕ И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Давление определяется двумя способами: абсолютное давление или относительное давление. Абсолютное давление определяется относительно абсолютного нуля, таким образом, абсолютное давление может быть только положительным.

Относительное давление определяется относительно атмосферного давления.

Положительное относительное давление означает, что давление превышает барометрическое давление, а отрицательное относительное давление означает, что давление ниже барометрического. Определение абсолютного и относительного давлений также известно из измерения температуры, где абсолютная температура измеряется по шкале Кельвина [К], а относительная температура — по шкале Цельсия [°C]. Температура, измеряемая по шкале Кельвина, всегда положительная и связана с абсолютным нулем. Для сравнения температура по шкале Цельсия измеряется относительно точки замерзания воды при 273,15 К, а значит может быть отрицательной.

Барометрическое давление измеряется как абсолютное.

На барометрическое давление влияют погода и высота над уровнем моря. Преобразование относительного давления в абсолютное осуществляется путем прибавления текущего барометрического давления к измеренному относительному давлению:

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{rel}} + P_{\text{bar}} [\text{Па}]$$

На практике статическое давление измеряется манометрами трех типов:

- Прибором для измерения абсолютного давления, например, барометром, давление измеряется относительно абсолютного нуля.
- Стандартным манометром давление измеряется относительно атмосферного давления. Манометр такого типа наиболее распространенный.
- Дифференциальным прибором измеряется давление между двумя измерительными патрубками, независимо от барометрического.

4. Напор

Кривая QH или кривая характеристик насоса показывает напор (H) как функцию подачи (Q). Подача (Q) — это количество жидкости, проходящей через насос. Как правило, подача указывается в кубических метрах в час [м³/час], но для канализационных насосов часто используются литры в секунду [л/с].

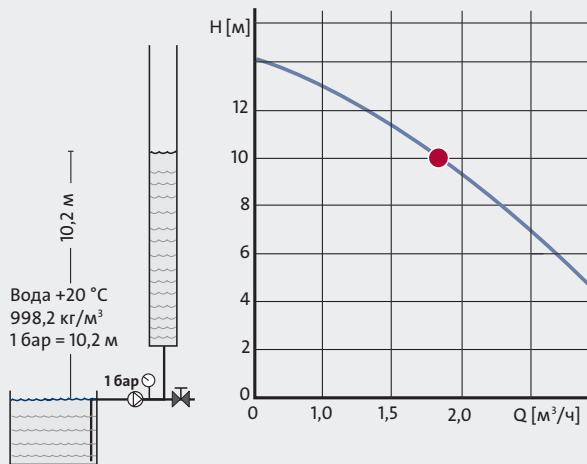


Рис. 5 Кривая QH для центробежного насоса; малая подача даёт высокий напор, а большая подача даёт малый напор.

Кривую QH для данного насоса можно построить при помощи установки, показанной на Рис. 5. Насос работает с постоянной скоростью.

Подача Q равна 0, а напор H достигает максимального значения, когда клапан напорной трубы полностью перекрыт. Если клапан открыть, подача Q возрастет, а напор H снизится. Напор H — это высота столба жидкости в открытой трубе, установленной после насоса. Кривая QH — это последовательность согласованных значений подачи Q и напора H, представленных в виде кривой, показанной на Рис. 6.

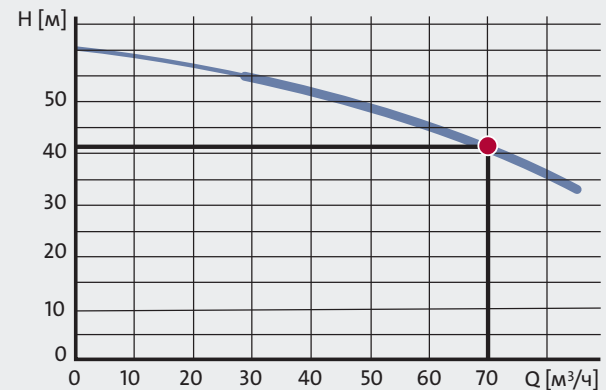


Рис. 6 Кривая QH в установке с открытой трубой после насоса. Напор H — это высота столба жидкости в открытой трубе, измеренная относительно уровня всаса.

В большинстве случаев перепад давления насоса, Δp_{tot} , измеряется, а напор рассчитывается по следующей формуле:

$$H = \frac{\Delta p_{\text{tot}}}{\rho \cdot g} \quad [\text{м}]$$

В идеале, кривая QH будет такой же, если испытание, показанное на Рис. 5, выполняется на жидкости, плотность которой отличается от плотности воды. Поэтому кривая QH не зависит от перекачиваемой жидкости.

Повышение давления в насосе можно измерить в метрах водяного столба [м вод. ст.]. Метр водяного столба — это единица измерения давления, которая отличается от напора, измеряемого в метрах [м]. Как видно из таблицы физических свойств воды, при высоких температурах плотность значительно меняется. Таким образом, преобразование давления в напор является обязательным.

5. Мощность

На кривых мощности показана скорость передачи энергии как функция подачи.

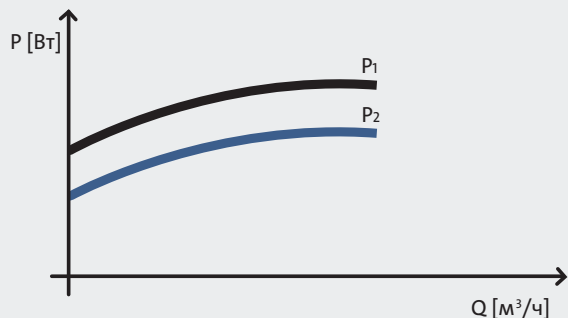


Рис. 7 Кривые мощности P_1 и P_2 .

Мощность измеряется в Ваттах [Вт]. Для погружного канализационного насоса мы выделяем три вида мощности:

- Мощность, полученная двигателем от внешнего источника электроэнергии (P_1).
- Мощность, переданная валу двигателем (P_2).
- Гидравлическая мощность, переданная жидкости рабочим колесом (P_{hyd}).

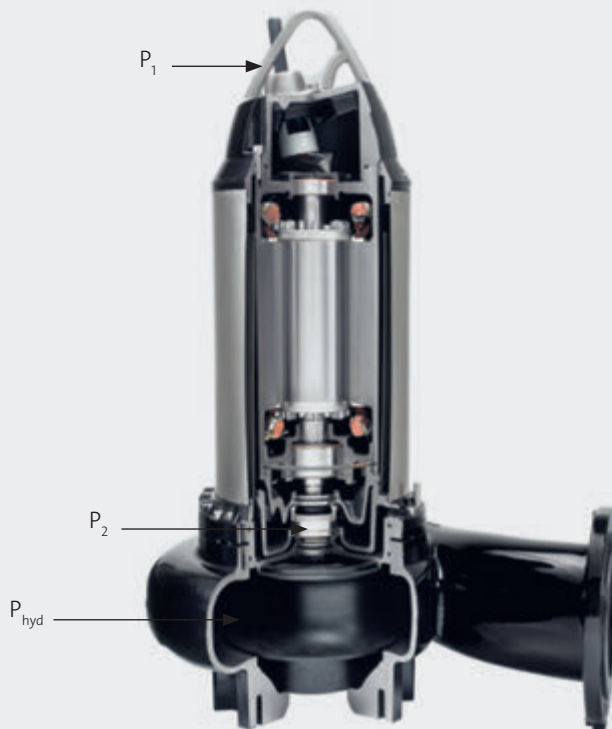
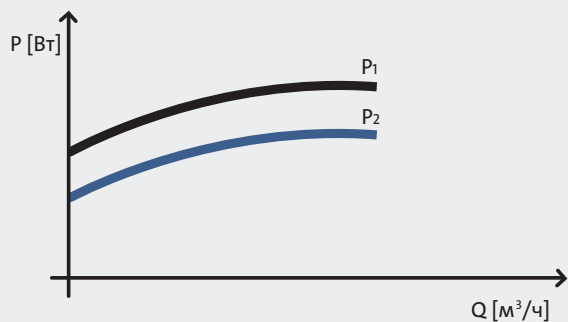


Рис. 8 Передача мощности в погружном насосном агрегате.

Потребляемая мощность зависит от плотности жидкости. Кривые мощности характеризуют процесс перекачивания стандартной воды без воздуха при температуре +20 °С с кинематической вязкостью 1 мм²/с (1 сСт).

Если плотность жидкости отличается от значения 1000 кг/м³, значение давления нагнетания будет пропорционально значению плотности.

При перекачивании жидкостей, плотность которых выше 1000 кг/м³, следует использовать более мощные электродвигатели.

6. Частота вращения

Подача, напор и потребляемая мощность меняются в зависимости от частоты вращения двигателя. Для сравнения кривых насоса требуется, чтобы насосы работали с одинаковой скоростью. Кривые насоса для различных скоростей можно привести к одной скорости при помощи формул на основании законов подобия. См. стр. 175.

6.1. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ

Гидравлическая мощность P_{hyd} — это мощность, переданная насосом жидкости. Как видно из следующей формулы, гидравлическая мощность рассчитывается на основании расхода, напора и плотности перекачиваемой жидкости:

$$P_{\text{hyd}} = H \cdot g \cdot \rho \cdot Q = \Delta p_{\text{tot}} \cdot Q \text{ [Вт]}$$

Независимая кривая гидравлической мощности в спецификациях обычно не приводится, но является частью расчета КПД насоса.

7. КПД

Суммарный КПД (η_{tot}) — это соотношение между гидравлической мощностью и затраченной мощностью. На следующем рисунке показаны кривые КПД насоса (η_{hyd}) и насосного агрегата в целом (η_{tot}).

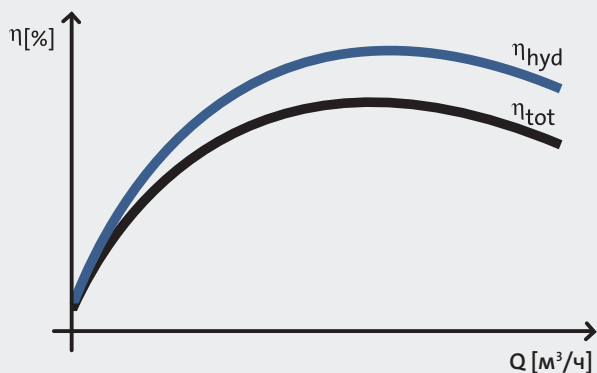


Рис. 9 Кривые КПД насоса (η_{hyd}) и насосного агрегата в целом (η_{tot}).

Гидравлический КПД относится к кривой P_2 , а суммарный КПД — к кривой P_1 :

$$\eta_{hyd} = \frac{P_{hyd}}{P_2} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{tot} = \frac{P_{hyd}}{P_1} \cdot 100 \%$$

$$P_1 > P_2 > P_{hyd} \text{ [Вт]}$$

КПД всегда ниже 100 %, поскольку затраченная мощность всегда больше гидравлической мощности из-за потерь в двигателе и на компонентах насоса. Суммарный КПД для насосного агрегата (двигатель и гидравлическая часть) — это производная отдельных КПД.

Канализационный насос никогда не работает в одной определенной точке. Поэтому во время проектирования насосной системы убедитесь, что рабочая точка насоса находится в зоне максимального КПД и работает большую часть времени. Эта точка будет оптимальной. Это гарантия того, что насос работает в диапазоне оптимальных КПД или в точке оптимального КПД (Q_{BEP}).

КПД любого агрегата — это соотношение выходной мощности к потребляемой мощности. Это соотношение обозначается буквой греческого алфавита η (эта). Гидравлический КПД насоса определяется по следующей формуле:

$$\eta_{hyd} = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot P_2}$$

где:

- η_{hyd} = КПД насоса
- Q [$\text{м}^3/\text{час}$] = Подача
- H [м] = Гидравлический напор
- P_2 [кВт] = Выходная мощность на валу насоса
- 367 = Постоянная преобразования
- ρ [$\text{кг}/\text{м}^3$] = Плотность жидкости

8. Кривая системы

Трение в трубопроводной системе, всасывающей и напорной трубе, приводит к потере давления перекачиваемой жидкости, которая соответствует суммарной длине. Падение давления также зависит от протекающей жидкости, ее вязкости, скорости потока, фитингов, насоса и сопротивления трубы трению, которое зависит от диаметра трубы, шероховатости поверхности трубы и длины трубы. Трение в системе показано кривой характеристики системы вместе с кривой QH.

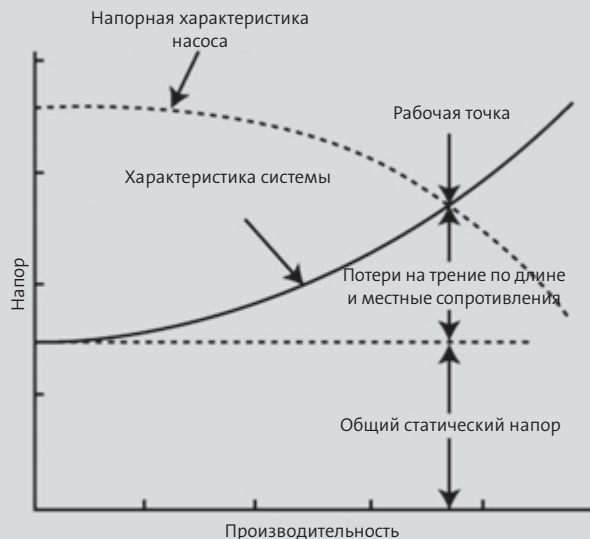


Рис. 10 Кривая системы и кривая QH насоса.

Рабочая точка насоса находится там, где кривая системы пересекается с кривой QH. Потери на трение — это функция скорости в трубопроводной системе, которая также называется динамическим напором.

9. Статический напор

Статический напор — это расстояние по вертикали от уровня жидкости в колодце канализационного насоса до высоты напорного трубопровода.

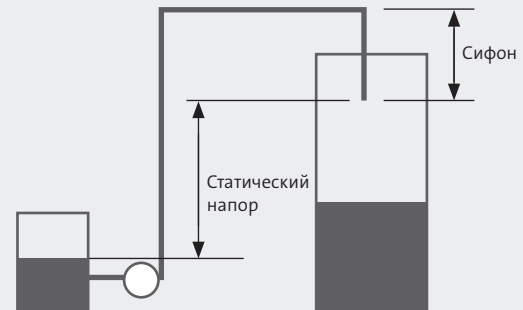


Рис. 11 Трубопроводная система со статическим напором и сифоном.

Учтите, что всасывающая труба канализационного насоса сухой установки находится ниже максимального подъема трубопроводной системы. В расчетах мы не используем максимальный подъем, поскольку в результате сифонирования жидкость перейдет через эту точку, когда трубопровод будет заполнен жидкостью.

Насос должен обеспечить достаточный напор, чтобы заполнить трубу, после чего начнется сифонирование. После запуска насоса рабочая точка должна переместиться обратно в направлении точки оптимального КПД, если она выбрана правильно.

10. Динамический напор (потери на трение по длине и на местные сопротивления системы)

Поскольку жидкость протекает через трубопровод и фитинги, на нее воздействуют силы трения о стенки трубопровода, ограниченное пространство прохода в фитингах и оборудовании, установленном в системе. Полученное в результате «падение давления» описывается как «падение напора» в системе и может быть рассчитано на основании графиков и схем, предоставленных производителями трубопроводных систем. Эти схемы не прилагаются к настоящему документу, но их можно получить вместе с руководствами Института гидравлики. Эта «потеря напора» связана с состоянием системы и усложняет расчеты, если представить, что на стенках трубопроводов, в фильтрах, в клапанах, изгибах и пр. возможно «отложение загрязнений», что делает опубликованные результаты несколько неточными.

11. NPSH – допустимый положительный напор на входе в насос

NPSH — это термин, описывающий условия, связанные с кавитацией, которая является нежелательной и вредной.

Кавитация — это образование пузырьков пара в местах локального падения давления до давления испарившейся жидкости. Степень кавитации зависит от степени снижения давления внутри насоса. Как правило, в результате кавитации снижается напор, возникает шум и вибрация.

Сначала кавитация возникает в том месте насоса, где возникает наименьшее давление, чаще всего это кромка лопатки на входе рабочего колеса.

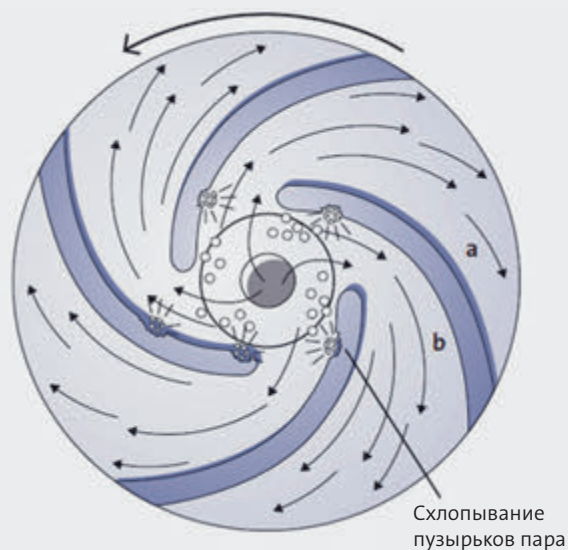


Рис. 12 Кавитация.

Значение NPSH является абсолютным и всегда положительным. NPSH выражается в метрах [м], как напор, см. рисунок ниже, поэтому нет необходимости учитывать плотности жидкостей.

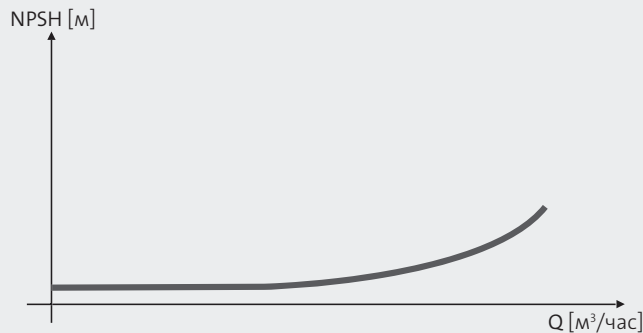


Рис. 13 Кривая NPSH.

Различаются два значения NPSH: $NPSH_R$ и $NPSH_A$.

$NPSH_A$ означает **доступный NPSH**, это выражение того, насколько жидкость на входе насоса близка к испарению. $NPSH_A$ определяется как:

$$NPSH_A = \frac{(P_{abs, tot, in} - P_{vapour})}{\rho \cdot g} \quad [м]$$

где

p_{vapour} = Давление пара жидкости при текущей температуре [Па].

$p_{abs, tot, in}$ = Абсолютное давление в соответствии с идеальным NPSH [Па].

$NPSH_R$ означает **требуемый NPSH**, это выражение минимального значения NPSH, необходимого для обеспечения допустимых рабочих условий. Абсолютное давление p_{abs} можно рассчитать на основе заданного значения $NPSH_R$ и давление пара жидкости путем подстановки значения $NPSH_R$ в формулу, приведенную выше, вместо $NPSH_A$.

Чтобы определить, будет ли насос надежно работать в системе, должны быть известны значения $NPSH_A$ и $NPSH_R$ для наибольшей подачи и температуры в пределах рабочего диапазона.

Рекомендуемый минимальный безопасный предел — 0,5 м. В зависимости от применения может потребоваться более высокий безопасный предел. Например, в применениях с повышенными требованиями к шуму или для насосов высокой мощности, например, насосов для подпитки котлов, Европейская ассоциация производителей насосов рекомендует коэффициент запаса S_A , который в 1,2–2,0 раза превышает значение $NPSH_{3\%}$.

$$NPSH_A > NPSH_R = NPSH_{3\%} + 0,5 \quad [м] \text{ или}$$

$$NPSH_A > NPSH_R = NPSH_{3\%} \cdot S_A \quad [м]$$

Риск возникновения кавитации в системе можно понизить или предотвратить при помощи следующих мер:

- Опускание насоса относительно уровня воды в открытых системах.
- Повышение давления в закрытых системах.
- Укорачивание линии всасывания для снижения потерь на трение.
- Увеличение диаметра всасывающей линии для снижения скорости потока и следовательно трения.
- Предотвращение падения давления из-за изгибов и иных препятствий во всасывающей трубе.
- Снижение температуры жидкости для снижения давления пара.

Примеры расчета NPSH можно найти в руководстве по разработке системы водоотведения и канализации 1. Раздел 9. Кавитация и NPSH

Чтобы получить наглядную иллюстрацию производительности конкретного насоса, кривая QH, кривая мощности, кривые КПД и кривая NPSH должны быть собраны в одной спецификации.

В дополнение к характеристикам в спецификации указывается скорость потока в напорной трубе DN 200 и DN 250, как функция расхода Q.

Кривые КПД η_{hyd} и η_{tot} обозначены как Eta 2 и Eta 1, где Eta 2 — гидравлический КПД, а Eta 1 — суммарный КПД.

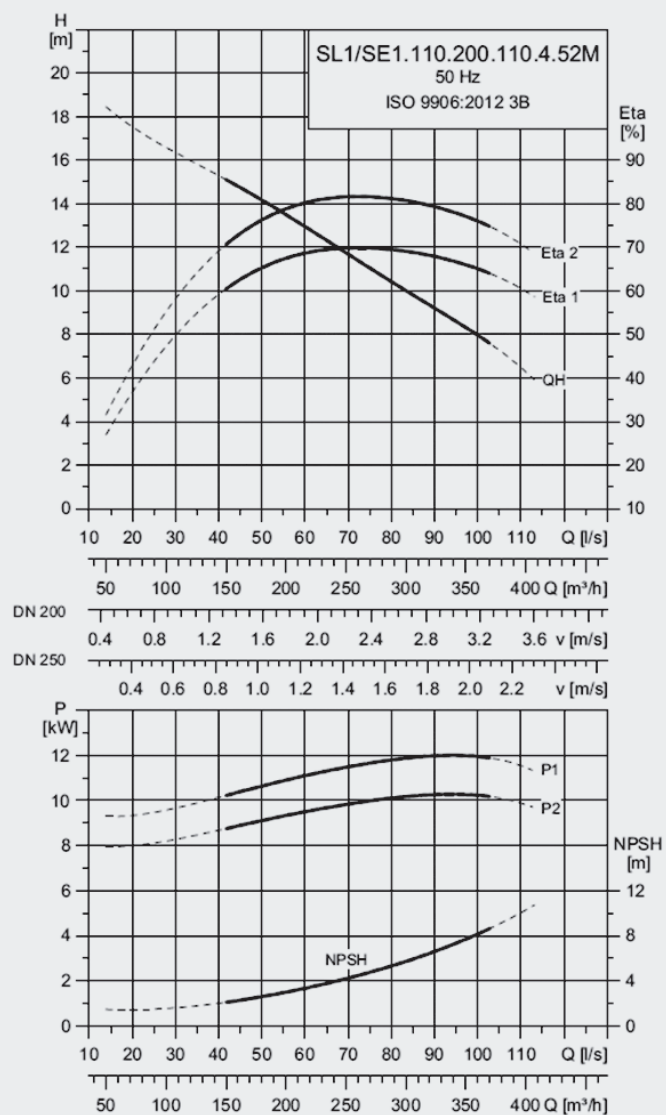


Рис. 14 Графические характеристики погружного канализационного насоса Grundfos с рабочим колесом S-tube®, с двигателем мощностью 11 кВт (P2) и напорным фланцем DN 200.

[10]

ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ

1. Общие сведения

В настоящем разделе приведено описание работы насосов в системах, подбора насосов для конкретной системы, а также их регулирования.

Канализационный насос всегда устанавливается в системе, в составе которой он должен поднимать жидкость. Энергия, передаваемая жидкости насосом, частично теряется на трении в трубопроводной системе или используется для повышения напора.

Установка насоса в систему приводит к возникновению общей рабочей точки. Если в одной установке работает несколько насосов, на графики характеристики насоса наносятся кривые всех насосов, работающих последовательно или параллельно. Если насосы регулируемые, производительность системы можно изменять путем изменения частоты вращения. Изменение частоты вращения канализационного насоса используется в тех случаях, когда объем перекачиваемых сточных вод соответствует притоку в насосную станцию. Другими словами, насосы работают при постоянном уровне воды в резервуаре.

2. Система с одним насосом

Характеристика системы описывается кривой системы из-за повышения потерь на трение, пропорциональных квадрату расхода. Кривая системы крутая, если сопротивление в системе высокое. Кривая системы выравнивается, если сопротивление снижается. Изменение сопротивления в системе приводит к изменению характеристик.

Рабочая точка — это место пересечения напорной характеристики насоса и характеристики системы.

В закрытых системах нет геометрического напора. В этом случае кривая характеристики системы проходит через точку $(Q, H) = (0, 0)$

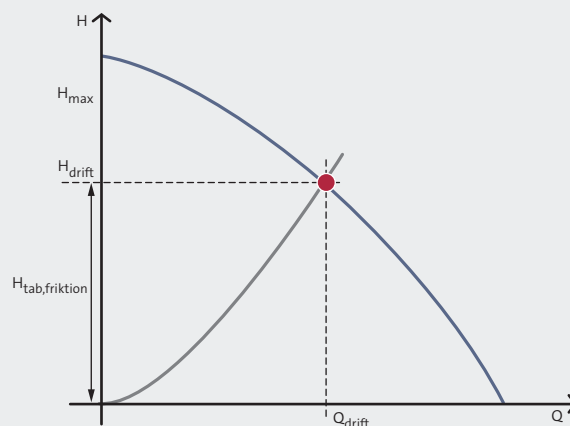


Рис. 1 Кривая замкнутой системы подобна кривой системы, начиная с точки $(0,0)$.

В системах, где осуществляется перекачка сточных вод с одного уровня на другой, возникает постоянный перепад давления между двумя резервуарами, соответствующий разнице высоты. Это приводит к возникновению дополнительного напора, который насос должен преодолеть. В этом случае характеристическая кривая системы проходит через точку $(0, H_z)$ или геометрический напор) вместо $(0,0)$.

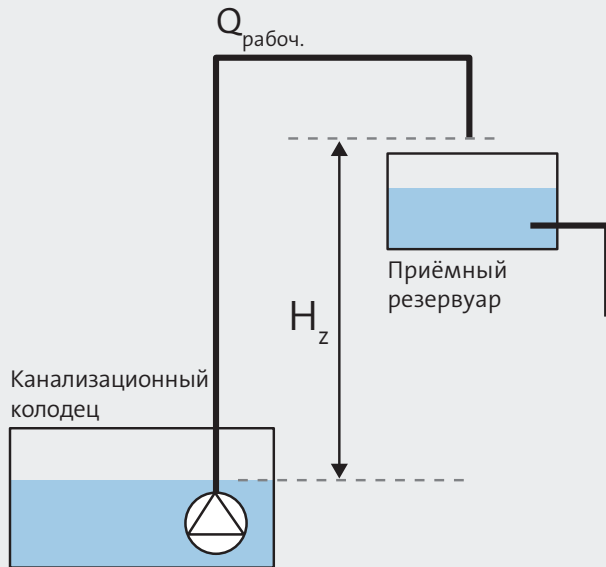


Рис. 2 Погружной канализационный насос в открытой системе.

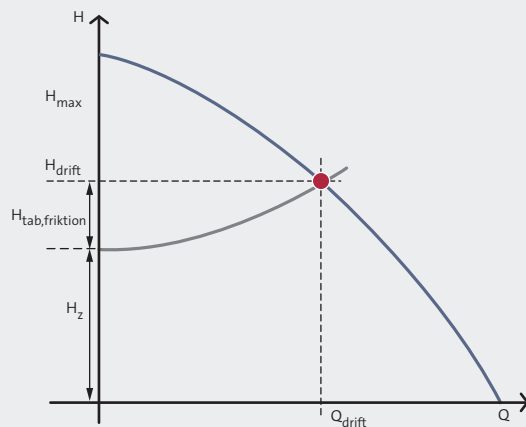


Рис. 3 Кривая системы в открытых системах подобна кривой системы, проходящей через точку $(0 H_z)$, которая соответствует геометрическому напору.

3. Насосы, работающие параллельно

В системах с большими изменениями расхода можно установить два и более насосов, работающих параллельно. Типичный пример — общесплавная система водоотведения, где отведение неочищенных сточных и ливневых вод осуществляется через единую сеть в направлении насосной станции. После сильного ливня параллельно работают два и более насосов.

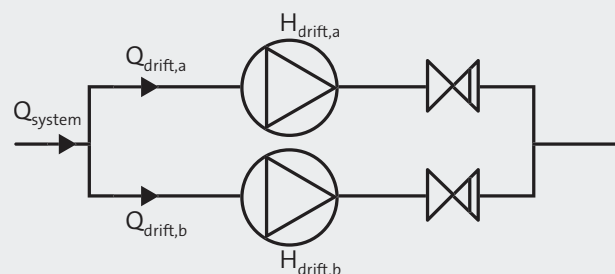
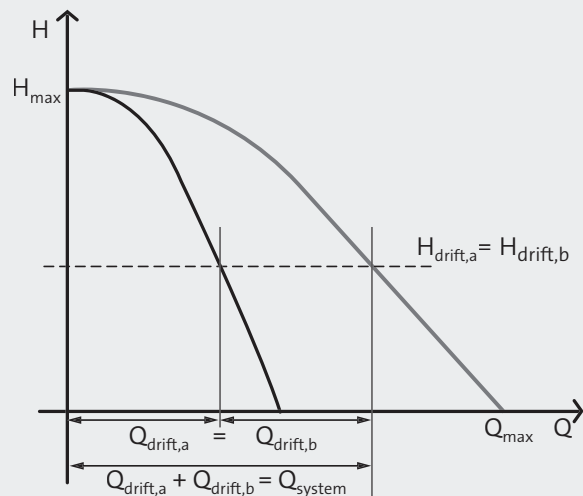


Рис. 4 Два канализационных насоса, работающих параллельно.

Работающие параллельно насосы также используются там, где требуется регулировать подачу на напорной стороне, или если необходим резервный насос. Насосы можно задействовать по одному или распределить нагрузку между несколькими насосами, работающими одновременно. Поэтому на напорной стороне трубопровода всегда устанавливается обратный клапан для предотвращения возникновения обратного потока через неработающие насосы.

Во время эксплуатации нескольких насосов небольшой мощности при увеличении притока системой можно управлять так, чтобы свести к минимуму количество работающих насосов, и эти насосы будут работать с оптимальным КПД. Для работы в оптимальной точке один из насосов, подключенных параллельно, должен быть насосом с изменяемой частотой вращения.

4. Насосы, работающие последовательно

Канализационные насосы, подключенные последовательно, являются оптимальным решением для транспортировки неочищенных сточных вод, где требуется низкий расход при высоком давлении.

Как правило, погружной насос необходим для подачи на всас насоса сухой установки, находящегося на промежуточном ярусе насосной станции.

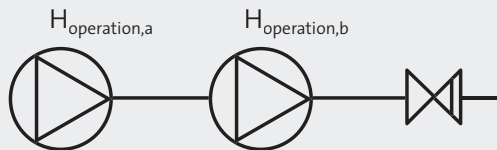
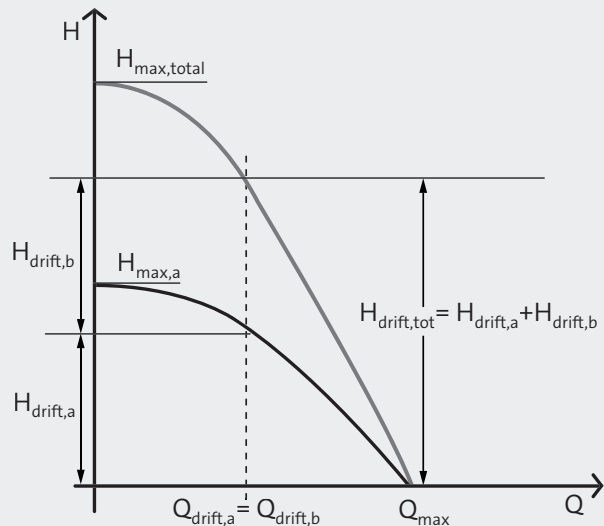


Рис. 5 Два канализационных насоса, работающих последовательно.

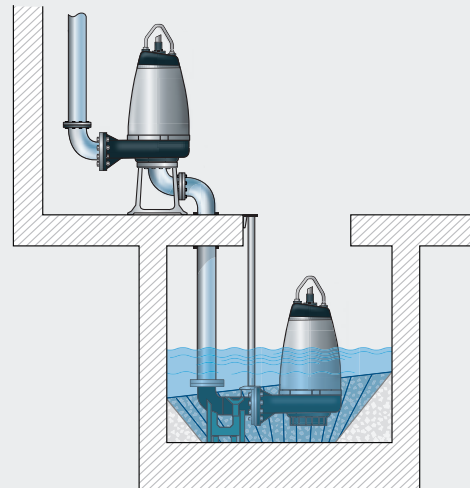


Рис. 6 Погружной насос и канализационный насос сухой установки, соединенные последовательно.

В установке такого типа от корпуса насоса сухой установки должна быть установлена дренажная труба, ведущая обратно в резервуар. Дренажная труба снабжена шаровым обратным клапаном с поплавковым шаром для предотвращения попадания воздуха в систему во время запуска насоса сухой установки. Размер дренажной трубы и шарового обратного клапана должен позволять удалять воздух из трубопровода между насосами в течение 2 секунд.

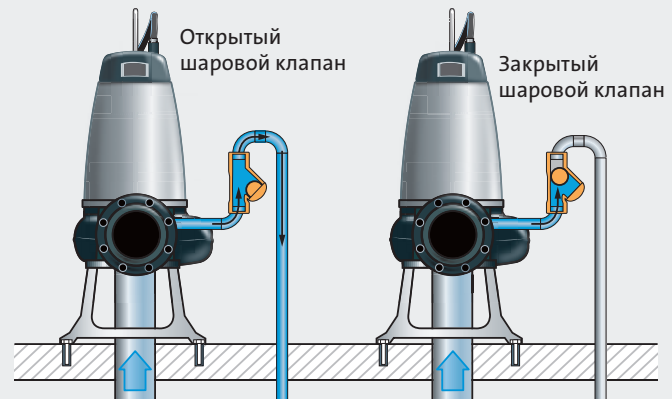


Рис. 7 Канализационный насос сухой установки с шаровым обратным клапаном и дренажной трубой, проложенной обратно в резервуар.

Шаровой обратный клапан располагается в направлении, противоположном направлению потока сточных вод. Положение плавающего шара позволяет выпустить воздух из корпуса насоса сухой установки во время запуска погружного насоса и заполнить систему водой.

Во время запуска насоса сухой установки давление воды приподнимает плавающий шар и перекрывает клапан.

После останова насоса плавающий шар опускается в положение, в котором он находился до запуска, а шаровой клапан снова открывается.

Контроллер насоса должен выполнять пуск по схеме «звезда / треугольник» (Y/D) или плавный пуск погружного насоса, а также прямое включение (DOL) насоса сухой установки с таймером, чтобы гарантировать, что пуск насоса займет не более 2–3 секунд после пуска погружного насоса. В состав цепи управления должна быть введена встроенная блокировка, чтобы предотвратить одновременный пуск обоих насосов.

5. Подбор погружного канализационного насоса

5.1. НАПОР НАСОСА, H_p

Напор насоса, H_p , должен быть равен или превышать суммарный напор в системе, H_{tot}

Суммарный напор рассчитывается следующим образом:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_v \quad zge$$

$$H_v = H_{v,A} + H_{v,R} \quad zge$$

H_{tot} = Суммарный напор (м)

H_{geo} = Статический напор (м)

H_v = Потери динамического напора (м)

$H_{v,A}$ = Потери напора в клапанах и фитингах и т.п. (м)

$H_{v,R}$ = Потери на линейное трение в напорном трубопроводе (м)

1	+	2	+	3	=	4
Определить статический напор, H_{geo}	+	Определить потери на местные сопротивления (в арматуре и фитингах), $H_{v,A}$	+	Определить линейные потери в напорном трубопроводе, $H_{v,R}$	=	Полный напор, H_{tot}

5.2. СКОРОСТЬ В НАПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

Скорость воды в вертикальном напорном трубопроводе должна быть не менее 1,0 м/с, в противном случае внутри трубы образуются опасные отложения песка и жира.

Учтите, что это также происходит в процессе параллельной работы, когда скорость в коллекторе падает из-за увеличенного диаметра трубы.

Если скорость слишком низкая, внутри корпуса насоса также возможно отложение песка и, как следствие, ускоренный износ рабочего колеса. Как правило, выбор размеров вертикального напорного трубопровода осуществляется так, чтобы скорость во время параллельной работы находилась в пределах между 1 и 3 м/с.

В горизонтальных трубопроводах (внутренних и внешних) необходимо поддерживать скорость 0,7–0,8 м/с. Это гарантирует безаварийную работу без возникновения опасных отложений. Чтобы избежать нежелательного сильного падения давления в системе, скорость не должна превышать 2–3 м/с. Слишком высокая скорость приведет к возникновению шума в трубопроводной системе и в то же время к потере энергии.

5.3. ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

Давление насоса должно преодолевать различные сопротивления в трубопроводной системе. Суммарный напор меняется в зависимости от количества воды в системе и уровня воды в колодце насоса.

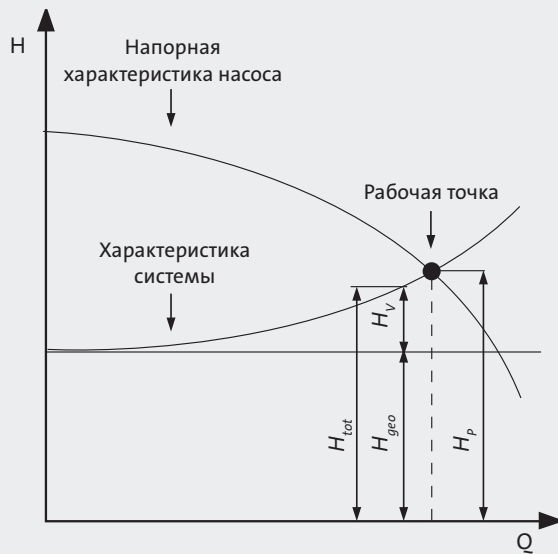


Рис. 8 Совместный график напорной характеристика насоса и системы (геометрическая высота подъема жидкости в системе, суммарный динамический напор системы), рабочая точка работы насоса в системе.

5.4. СТАТИЧЕСКИЙ НАПОР, $H_{\text{ГЕО}}$

Статический напор или геометрический напор не зависит от подачи и соответствует высоте, на которую насос необходимо поднять сточные воды. Статический напор обычно рассчитывается как разность между уровнем останова насоса и отметкой конечной точки транспортировки напорной трубы. Это состояние, когда никакая часть трубопроводной системы не находится на более высоком уровне, а выпуск не погружен в воду.

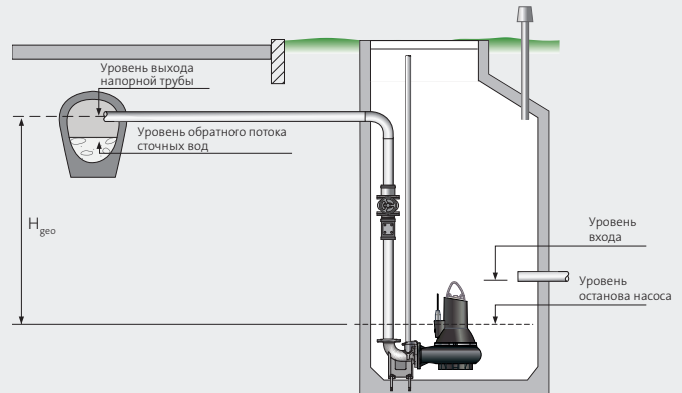


Рис. 9 Погружной канализационный насос на автоматической трубной муфте с напорным трубопроводом, уровень останова в колодце и выпуск напорной трубы.

5.5. ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ

В данной трубопроводной системе все гидравлические расчеты выполняются с целью определения потерь энергии, которые возникают в процессе прохождения жидкости по системе. Другими словами: необходимо построить линию энергии потока.

После построения линии энергии потока мы получаем необходимую иллюстрацию трубопроводной системы и, в конечном итоге, можем найти критические компоненты.

Для всасывающих труб (насосы сухой установки) и напорных труб без воздуха сопротивление можно поделить на две категории. Потери в отдельных компонентах (местных сопротивлениях) и потери в прямых трубопроводах с постоянной площадью поперечного сечения. Потери в отдельных компонентах возникают там, где возникает изменение площади поперечного сечения или изменение направления трубы.

5.6. ПОТЕРИ НА МЕСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ, $H_{v,A}$

Диаметр напорного трубопровода определяется на основе необходимой скорости потока внутри трубы. Как правило, скорость потока должна быть не менее 0,7 м/с и не более 2–3 м/с. Если скорость ниже 0,7 м/с, возрастает риск возникновения отложений в трубе, которые могут привести к закупориванию.

Скорость потока внутри трубы рассчитывается следующим образом:

$$V = \frac{Q}{A}$$

где:

V = Скорость потока внутри трубы (м/с)

Горизонтальные трубы: от 0,7 до 2–3 м/с,

вертикальные трубы: не менее 1,0 м/с

Q = Расход сточных вод (м³/с)

A = Площадь поперечного сечения трубы (м²)

Пример 1

В этом применении необходимый расход — 32 л/с, диаметр напорной трубы — 150 мм.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times d_i^2} = \frac{32 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times 0,15^2} = 1,8 \text{ м/с}$$

Когда диаметр напорной трубы выбран, можно рассчитать потери напора в клапанах и фитингах напорной трубы системы при помощи следующей формулы:

$$H_{v,A} = \sum_i \zeta_i \frac{V_i^2}{2g}$$

где:

ζ = Коэффициент сопротивления (справочное значение).

$H_{v,A}$ = Потери напора в клапанах и фитингах и т.п. (м)

v = Скорость потока внутри клапана или фитинга (м/с)

g = Гравитационная постоянная (м/с²)

Пример 2

Суммарное значение ζ равно 8,2

$$H_{v,A} = 8,2 \frac{0,98}{2 \times 9,81} = 0,33 \text{ м}$$

5.7. ПОТЕРИ НА ЛИНЕЙНОЕ ТРЕНИЕ В НАПОРНОЙ ТРУБЕ, $H_{v,R}$

После расчета потери напора в отдельных компонентах можно определить суммарную потерю давления в напорной трубе:

$$H_{v,R} = H_{v,I} \times L_{v,I}$$

где:

$H_{v,R}$ = Потери на линейное трение в напорном трубопроводе (м)

$H_{v,I}$ = Потеря напора как функция расхода

$L_{v,I}$ = Длина трубы, (м)

Пример:

Длина напорной трубы — 213 м

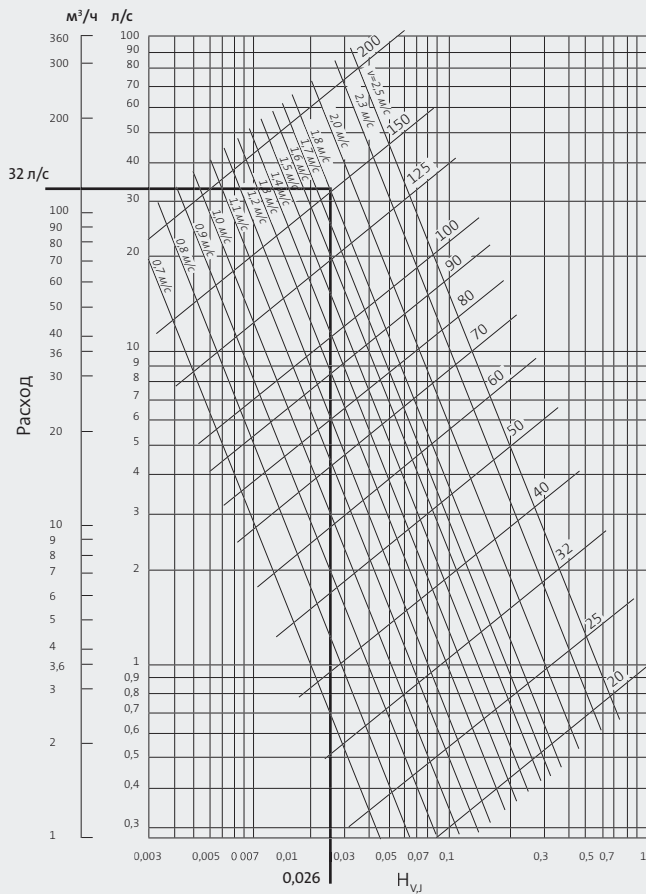


Рис. 10 Номограмма, используемая для определения значения $H_{v,1}$

$$H_{v,R} = H_{v,1} \times L_{v,1} = 0,026 \times 213 = 5,5 \text{ м}$$

5.8. НАПОР НА НАПОРНОМ ФЛАНЦЕ, H_p

Напор на выходе насоса, H_p , должен быть не ниже суммарного напора в системе, H_{tot} . Суммарный напор рассчитывается следующим образом:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_v \text{ где } H_v = H_{v,A} + H_{v,R}$$

$$H_{tot} = H_{geo} + H_{v,A} + H_{v,R}$$

H_{geo} = Уровень выхода напорной трубы — уровень останова насоса

Прочие данные:

Нулевая отметка 0,0 м

Вход напорной трубы в канализацию находится на 1,0 м ниже нулевой отметки.

Наивысший уровень напорной трубы на 1,5 м выше нулевой отметки.

Наивысший уровень обратного потока на 2,0 м ниже нулевой отметки.

Уровень подачи сточных вод на 5,5 м ниже нулевой отметки.

Уровень останова насоса на 6,5 м ниже нулевой отметки.

Статический напор = 5,5 м

Пример:

$$H_{tot} = H_{geo} + H_{v,A} + H_{v,R}$$

$$H_{tot} = 5,5 \text{ м} + 0,75 \text{ м} + 5,5 \text{ м} = 11,75 \text{ м}$$

5.9. СУММАРНЫЙ НАПОР H_{tot}

Построив график совместной напорной характеристики насоса и характеристики системы, получаем точку их пересечения.

Точка пересечения и является рабочей точкой насоса в системе.

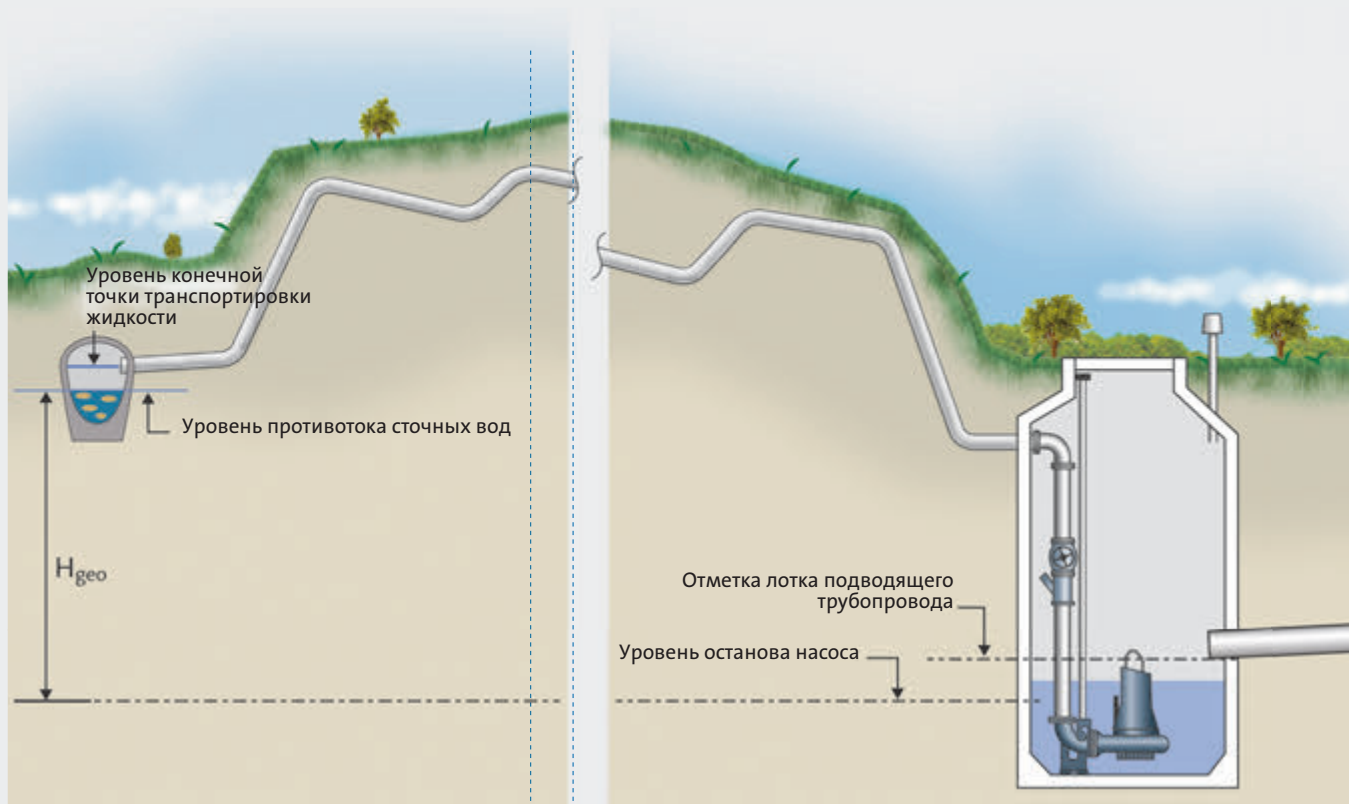


Рис. 11 Напорная трубопроводная система с разрезением.

При выборе насоса для конкретного применения важно, чтобы давление напора насоса было достаточно высоким для перекачивания сточных вод выше максимальной точки напорной трубы. В данном случае это на 2,5 м выше суммарного напора. После прохождения максимальной точки поток, направленный вниз, приведет к возникновению разрежения.

6. Насосы

В данной системе установлено два насоса, чтобы получить необходимые 100% резервной производительности. Оба насоса рассчитаны на полную производительность, одновременно работает только один насос.

Насос с оптимальными характеристиками подобран с помощью приложения Grundfos Product Center (product-selection.grundfos.ru).

В качестве входных параметров для Grundfos Product Center введены значения расхода, статического напора (геометрического напора) и потерь на трение:

Расход, $Q_{tot} = 32 \text{ л/с}$

Статический напор, $H_{geo} = 5,5 \text{ м}$

Потери на трение: $H_{VA} + H_{VR} = 6,25 \text{ м}$

В Grundfos Product Center был выбран SL1.80.100.55.4.50B.C, с двигателем 50 Гц, максимальный свободный проход 80 мм, напорный фланец DN100. Рабочая точка этого насоса: расход 32,5 л/с (+1%) и напор 11,92 м (+2%).

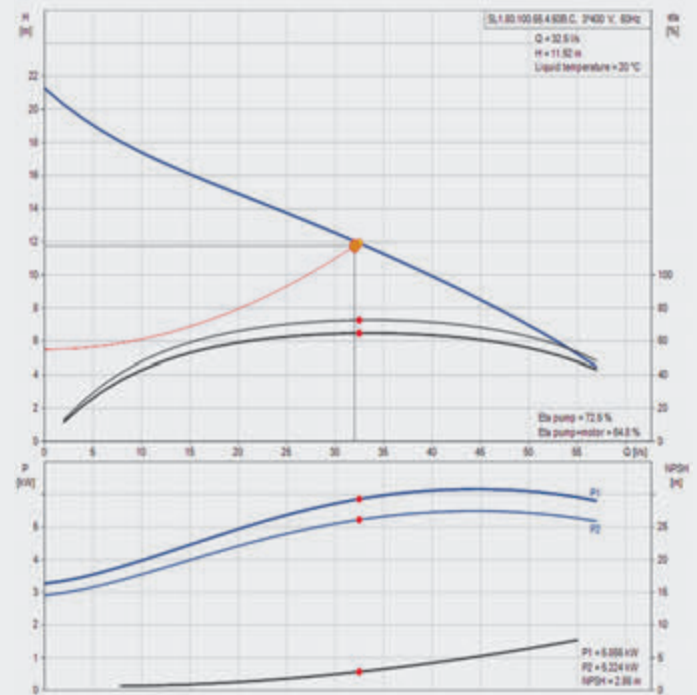
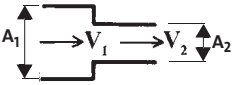



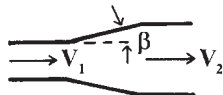
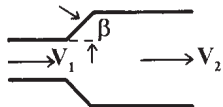




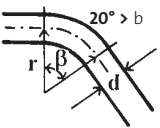

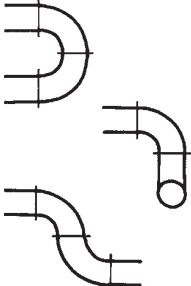
Рис. 12 Совместный график работы насоса и системы, построенный в Grundfos Product Center.


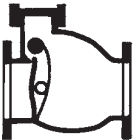

7. Значения ζ для определения потерь в конкретном местном сопротивлении


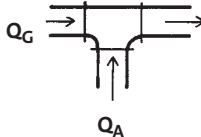
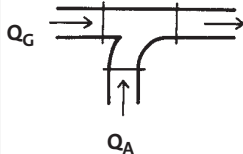
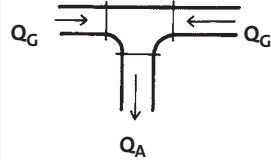
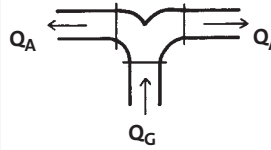
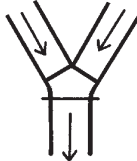
Сужение	
	<p>Резкое сужение</p> <p>$A_2/A_1: 0 \mid 0,2 \mid 0,4 \mid 0,6 \mid 0,8 \mid 1,0$</p> <p>$\xi: 0,5 \mid 0,4 \mid 0,3 \mid 0,2 \mid 0,1 \mid 0$</p>
	<p>Коническое или закруглённое сужение</p> <p>$\xi \sim 0-0,1$</p>
	<p>Стандартное сужение</p> <p>$\xi \sim 0$</p>
	<p>Эксцентрический переходник</p> <p>$\xi \sim 0,5$</p>

Расширение							
	<p>$\beta < 20^\circ$</p> <p>$\Delta H = \xi \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$</p> <table border="1"> <tr> <td>$\beta \mid 5^\circ$</td> <td>$\mid 10^\circ$</td> <td>$\mid 15^\circ$</td> </tr> <tr> <td>$\xi \mid 0,2$</td> <td>$\mid 0,5$</td> <td>$\mid 0,85$</td> </tr> </table>	$\beta \mid 5^\circ$	$\mid 10^\circ$	$\mid 15^\circ$	$\xi \mid 0,2$	$\mid 0,5$	$\mid 0,85$
$\beta \mid 5^\circ$	$\mid 10^\circ$	$\mid 15^\circ$					
$\xi \mid 0,2$	$\mid 0,5$	$\mid 0,85$					
	<p>$\beta \geq 20^\circ$</p> <p>$\Delta H = 1,1 \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$</p> <p>для турбулентного потока</p>						

Расширение	
	<p>Стандартное расширение</p> <p>$\xi = 1,0$</p>
	<p>Выход</p> <p>$\xi = \alpha$</p>

Изменение направления	
	<p>Отводы</p> <p>$\beta = 90^\circ$</p> <p>$r > 4d: \xi \sim 0,2$ (шероховатая труба)</p> <p>$\xi \sim 0,1$ (гладкая труба)</p> <p>$r = d: \xi \sim 0,5$ (шероховатая труба)</p> <p>$\xi \sim 0,2$ (гладкая труба)</p> <p>$\beta < 90^\circ$</p> <p>$\xi = \xi_{90} \sin \beta$</p>
	<p>Стандартные отводы</p> <p>$\xi \sim 1,0 \quad d \leq 20 \text{ мм}$</p> <p>$\xi \sim 0,5 \quad d > 20 \text{ мм}$</p>
	<p>Два отвода 90°</p> <p>$\xi = 2 \times \xi_{\text{одного}}$</p> <p>$\xi = 3 \times \xi_{\text{одного}}$</p> <p>$\xi = 4 \times \xi_{\text{одного}}$</p>

Задвижки	
ξ -значения зависят от формы. Следует использовать заводские значения.	
	Золотниковый клапан без сужения: $\xi = 0,1-0,3$ Золотниковый клапан с сужением: $\xi = 0,3-1,2$
	Створчатый обратный клапан $\xi = 0,5-1,0$ (полностью открыт)
	Шаровой обратный клапан $\xi \sim 1,0$ (полностью открыт)
<p>Указанные выше значения ξ действительны для полностью открытых клапанов.</p> <p>В полуоткрытом положении ξ может быть в 2–3 раза больше. В зависимости от формы и положения, чтобы клапан считался полностью открытым, через него должен проходить поток с определенной минимальной скоростью.</p> <p>Информация предоставляется поставщиком.</p>	

Слияние потоков																
A = разветвление G = прямой поток																
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Q_A/Q</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>ξ_A</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>ξ_G</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> </tr> </table>	Q_A/Q	0,2	0,4	0,6	0,8	ξ_A	0	0	0,5	0,8	ξ_G	0,2	0,3	0,4	0,5
Q_A/Q	0,2	0,4	0,6	0,8												
ξ_A	0	0	0,5	0,8												
ξ_G	0,2	0,3	0,4	0,5												
	Тройник, слияние потоков $\xi_A \sim 1,0$ $\xi_G \sim 0,5$															
	Тройник, слияние потоков $\xi_A \sim 0,5$ $\xi_G \sim 0$															
	Тройник, симметричное разветвление или слияние $\xi_A \sim 3,0$															
	Тройник, симметричное разветвление или слияние $\xi_A \sim 1,5$															
	Y-образный тройник, симметричное разветвление или слияние $\xi \sim 0,6$															

8. Подбор канализационных насосов для сухой установки

Для насосной станции необходимо три погружных насоса сухой установки в вертикальном положении. Один насос является резервным. Два других насоса работают попеременно и параллельно. Необходимая производительность насоса при пиковой нагрузке, когда оба насоса работают параллельно — 110 л/с на уровне останова. Статический напор от всасывающего патрубка насоса в направлении выпускного патрубка — 4,5 м.

8.1. ТРУБОПРОВОДНАЯ СИСТЕМА

Всасывающая и напорная трубы насосной станции изготовлены из оцинкованной стали, а напорная труба за пределами станции — из ПВХ PN6.

Размер всасывающих труб из резервуара в насос — DN200, длина 4,5 м.

Размер напорных труб внутри насосной станции — DN150, длина 9,2 м, с увеличением размера до DN250 за пределами коллектора.

Размер напорной трубы за пределами насосной станции — DN250, труба из ПВХ, длина 423 м.

8.2. РАСЧЕТ ДОСТУПНОГО NPSH

Во время рассмотрения требуемого NPSH и определения доступного NPSH оба значения должны относиться к одной и той же базисной линии насоса. Для насосов, установленных в вертикальном положении, базисная линия проходит через нижнюю часть рабочего колеса.

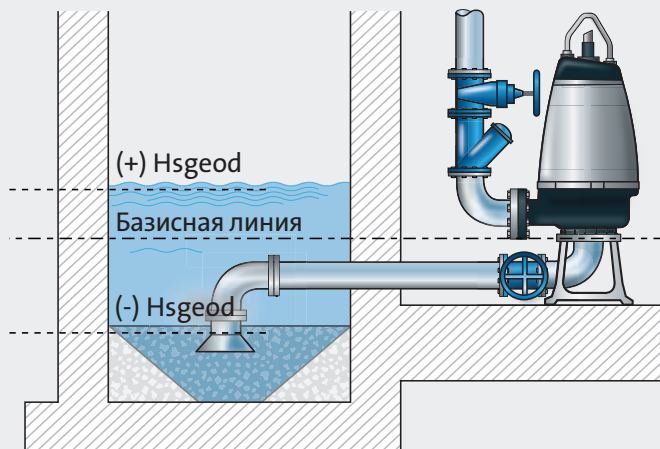


Рис. 13 Базисная линия с отрицательным и положительным напором H_{sgeod} .

H_{sgeod} — это разность геометрических уровней в метрах между поверхностью воды в резервуаре и базисной линией в насосе.

Если уровень воды ниже базисной линии, значение H_{sgeod} будет отрицательным (-).

Если уровень воды выше базисной линии, значение H_{sgeod} будет положительным (+).

8.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОСТУПНОГО NPSH

$$\text{Доступный NPSH} = H_{\text{atm}} + H_{\text{sgeod}} - H_{\text{sf}} + (V_s^2 / 2g)$$

где:

H_{atm} = Атмосферное давление

H_{sgeod} = Разность геометрических уровней

H_{sf} = Потери на трение в метрах во всасывающем трубопроводе

V_s = Скорость потока на впуске в насос

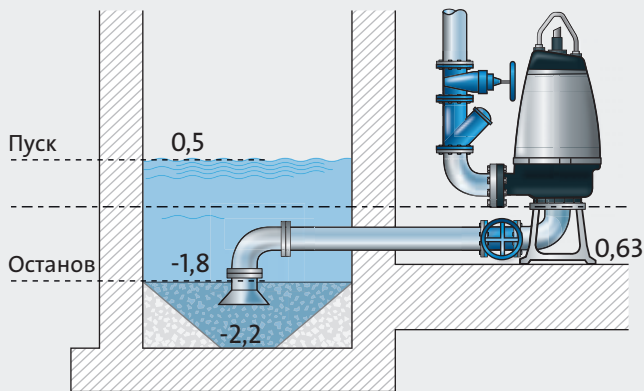


Рис. 14 Базисная линия с условными уровнями запуска и останова.

По эмпирическому правилу уровень останова устанавливается на уровне 200 мм выше входа во всасывающий трубопровод.

8.4. ПОТЕРИ НА ТРЕНИЕ ВО ВСАСЫВАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ H_{sf}

Потери на трение во всасывающем трубопроводе H_{sf} должны быть равны значению требуемого NPSH минус 0,5 м для насоса при пиковой нагрузке 55 л/с.

Для этого проекта мы предварительно выбрали насос Grundfos SE1.85.150.100.4.

8.5. ПОТЕРИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ НА МЕСТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ $H_{\text{v,A}}$

В этом проекте необходимый расход — 55 л/с, диаметр всасывающей трубы — 200 мм.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times d_i^2} = \frac{55 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times 0,2^2} = 1,75 \text{ м/с}$$

Потери напора на местные сопротивления всасывающего трубопровода рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{v,A}} = \sum_i \zeta_i \frac{V_i^2}{2g} \quad gge$$

ζ = Коэффициент сопротивления (справочное значение)

$H_{\text{v,A}}$ = Потери напора в местных сопротивлениях (м)

v = Скорость потока в местные сопротивлениях (м/с)

g = Гравитационная постоянная (м/с²)

Значения ζ для определения сопротивления местных сопротивлений

Раструб = 0,1

Колено 90° = 0,5

Запорный клапан = 0,3

Колено 90° = 0,5

Вход в насос = 1,0

Суммарное значение $\zeta = 2,4$

$$H_{\text{v,A}} = 2,4 \frac{1,75^2}{2 \times 9,81} = 0,21 \text{ м}$$

8.6. ПОТЕРИ В ПРЯМОМ ВСАСЫВАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ

Здесь хорошо помогают номограммы потерь в трубах, они позволяют быстро и точно рассчитать потери. В этом случае мы используем номограмму потерь на трение в прямых оцинкованных трубах с отложениями. Ее можно найти ниже.

55 л/с в прямой оцинкованной стальной трубе длиной 4,5 м диаметром 200 мм = $0,024 \times 4,5 = 0,11$ м.

Потери во всасывающем трубопроводе: $0,21 + 0,11 = 0,32$ м

Доступный NPSH во время расчета с отрицательным $H_{s\text{geod}}$ равным 1,8 м, и коэффициентом надежности 0,5 м

Доступный NPSH =

$$H_{\text{atm}} - H_{s\text{geod}} - H_{sf} - 0,5 + (V_s^2 / 2g)$$

Доступный NPSH на уровне останова =

$$10 - 1,8 - 0,32 - 0,5 + 0,16 = 7,5 \text{ м}$$

Требуемый NPSH для выбранного насоса с расходом 55 л/с = 2,2 м

Проверка значения NPSH:

$$10 - 1,8 - 0,32 - 0,5 + 0,16 - 2,2 = 5,3 \text{ м}$$

Таким образом, насос может работать с геометрической высотой всасывания 5,3 м.

8.7. ПОТЕРИ НА ТРЕНИЕ В НАПОРНЫХ ТРУБАХ ВНУТРИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Потери на сопротивление на местные сопротивления $H_{v,A}$
Значения ζ для определения сопротивления отдельных местных сопротивлений:

Напорный фланец насоса = 1,0

Колено 90° = 0,5

Задвижка = 0,3

Шаровой обратный клапан = 1,0

Колено 90° = 0,5

Стандартное расширение = 1,0

Суммарное значение ζ = 4,3

$$H_{v,A} = 4,3 \frac{3,1}{2 \times 9,81} = 0,68 \text{ м}$$

Потери в прямом напорном трубопроводе

55 л/с в прямой оцинкованной стальной трубе длиной 9,2 м диаметром 150 мм = $0,12 \times 9,2 = 1,1$ м.

Потери на трение в напорных трубах внутри насосной станции:

$$0,68 + 1,1 = 1,78 \text{ м}$$

8.8. ПОТЕРИ НА ТРЕНИЕ В НАПОРНЫХ ТРУБАХ ЗА ПРЕДЕЛАМИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Потери на сопротивление на местные сопротивления $H_{v,A}$

Требуемый расход — 110 л/с, диаметр напорного трубопровода за пределами насосной станции — 250 мм, труба из ПВХ, длина 423 м.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times d_i^2} = \frac{110 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times 0,25^2} = 2,2 \text{ м/с}$$

Значения ζ для определения местных сопротивлений

3 колена 90° = 1,5

Выпуск = 1,0

Суммарное значение ζ = 2,5

$$H_{v,A} = 2,5 \frac{2,2}{2 \times 9,81} = 0,28 \text{ м}$$

Потери в прямом напорном трубопроводе

110 л/с в прямой трубе из ПВХ длиной 423 м диаметром 250 мм = 0,015 x 423 = 6,3 м.

Потери на трение в напорных трубах за пределами насосной станции: 0,28 + 6,3 = 6,58 м

Суммарные потери в системе

Всасывающий трубопровод = 0,32 м

Напорные трубы внутри насосной станции = 1,78 м

Напорный трубопровод за пределами насосной станции = 6,58 м
8,68 м

Полный напор

Отрицательный напор на всасывании = -1,8 м

Статический напор от базисного уровня = 4,5 м

Потери на трение = 8,7 м
15,0 м

9. Насосы

В данном проекте требуемая производительность двух насосов, работающих параллельно — 110 л/с.

Насос с оптимальными характеристиками подобран с помощью приложения Grundfos Product Center (product-selection.grundfos.ru).

В качестве входных параметров для Grundfos Product Center введены значения расхода, напора на всасывании, статического напора и потерь на трение:

Расход Q_{tot} на уровне останова = 110 л/с
Напор на всасывании, H_{geod} = -1,8 м
Статический напор H_{geod} от базисного уровня = 4,5 м
Потери на трение: $H_{V,A} + H_{V,R}$ = 8,7 м

Насос SE1.85.150.110.4

Уровень останова указан для двух насосов, работающих параллельно

$Q = 112$ л/с (+2%)

$H = 14,49$ м (+2%)

$NPSH_R = 4,6$ м (требуемый)

$NPSH_A = 7,5$ м (доступный)

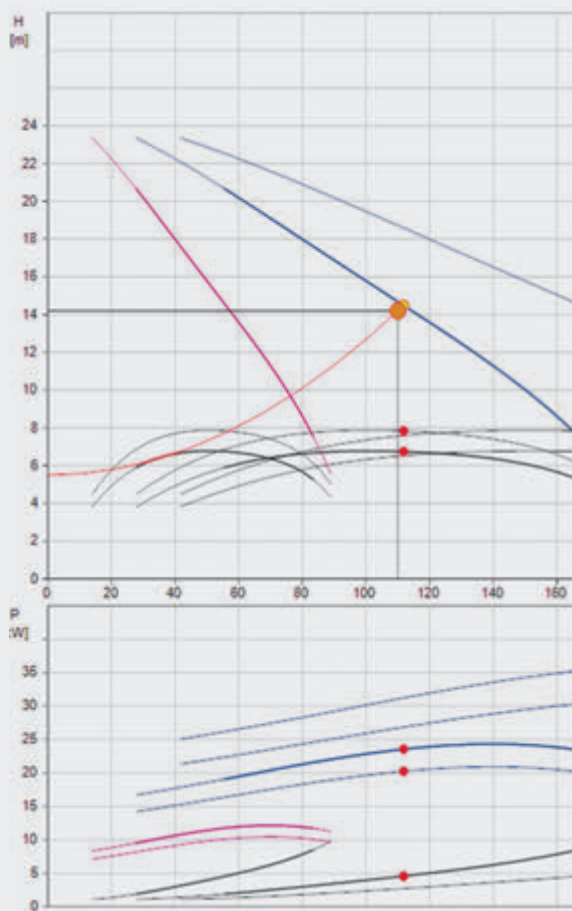


Рис. 15 Два насоса SE1.85.150.110.4, работающих параллельно, на уровне останова.

Уровень останова указан для одного работающего насоса:

$Q = 77,6$ л/с

$H = 9,7$ м

$NPSH_R = 7,5$ м (требуемый)

$NPSH_A = 7,5$ м (доступный)

Скорость = 1,58 м/с в напорной трубе диаметром DN250 за пределами насосной станции

Скорость = 2,47 м/с во всасывающей трубе и напорной трубе DN200 внутри насосной станции

Средний уровень указан для двух насосов, работающих параллельно

$Q = 117$ л/с
 $H = 13,92$ м
 $NPSH_R = 4,86$ м (требуемый)
 $NPSH_A = 7,5$ м (доступный)

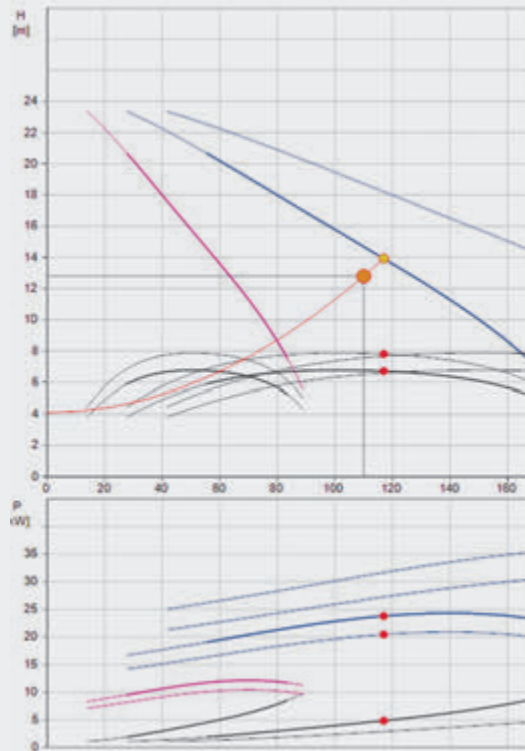


Рис. 16 Два насоса SE1.85.150.110.4, работающих параллельно, на среднем уровне.

Средний уровень указан для одного работающего насоса:

$Q = 80,3$ л/с
 $H = 8,8$ м
 $NPSH_R = 7,9$ м (требуемый)
 $NPSH_A = 7,45$ м (доступный): риск кавитации
 Скорость = 1,63 м/с в напорной трубе диаметром DN250 за пределами насосной станции
 Скорость = 2,56 м/с во всасывающей трубе и напорной трубе DN200 внутри насосной станции

Уровень запуска указан для двух насосов, работающих параллельно:

$Q = 122$ л/с
 $H = 13,38$ м
 $NPSH_R = 5,13$ м (требуемый)
 $NPSH_A = 7,5$ м (доступный)

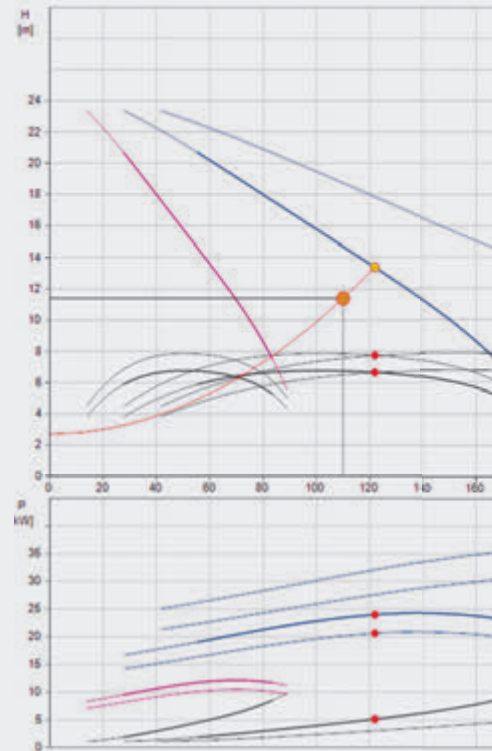


Рис. 17 Два насоса SE1.85.150.110.4, работающих параллельно, на уровне запуска.

Уровень запуска указан для одного работающего насоса:

$Q = 83$ л/с
 $H = 7,8$ м
 $NPSH_R = 8,1$ м (требуемый)
 $NPSH_A = 7,45$ м (доступный): кавитация
 Скорость = 1,7 м/с в напорной трубе диаметром DN250 за пределами насосной станции
 Скорость = 2,64 м/с во всасывающей трубе и напорной трубе DN200 внутри насосной станции

Насос SE1.85.150.110.4 будет оптимальным выбором для реализации схемы на двух насосах, работающих параллельно. Если в рамках проекта требуется параллельная и попеременная работа насосов, уровень останова в резервуаре необходимо установить на отметке 1,2 м вместо 1,8 м, чтобы избежать кавитации во время работы одного насоса.

Другой вариант: запрограммировать контроллер на уровень останова 1,8 м для параллельного режима и уровень останова 1,2 м для попеременного режима.

10. Рабочая точка для насосных станций, работающих в параллельном режиме

Комбинируемую рабочую точку для двух и более насосных станций, работающих на разных уровнях в общий напорный трубопровод, можно определить при помощи следующего графического метода.

На Рис. 18 графически показана ситуация, в которой две насосные станции работают параллельно в общий напорный трубопровод. Когда работают обе насосные станции, рабочие точки насосов устанавливаются в соответствии с давлением в месте соединения (3), в котором сходятся потоки двух станций.

Суммарные напоры отдельных насосных станций включают составляющие, показанные на Рис. 19.

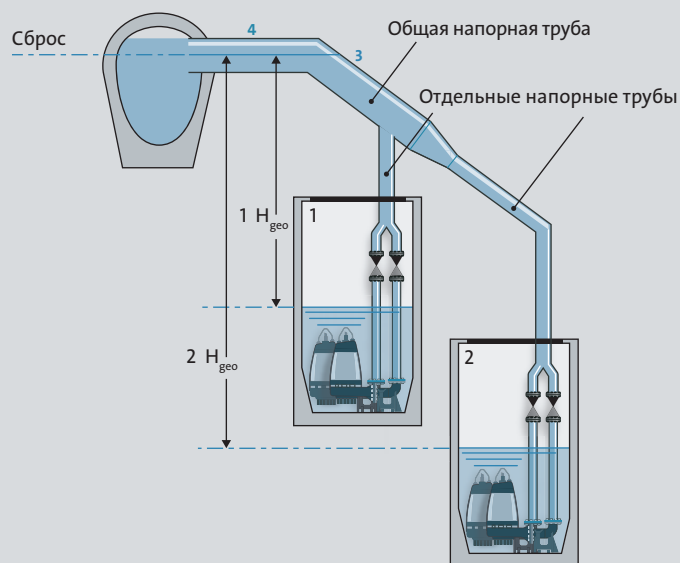


Рис. 18 Две насосные станции, работающие параллельно.

Далее приведены составляющие напора:

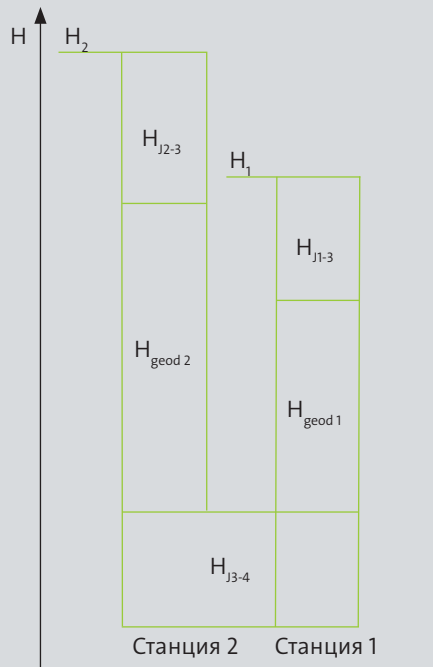


Рис. 19 Составляющие напора

H_{J3-4} = Потери на трение в общей секции трубопровода между точками 3 и 4

$H_{geod 1}$ = Геометрический напор для насосной станции 1

$H_{geod 2}$ = Геометрический напор для насосной станции 2

H_{J1-3} = Потери на трение в секции напорного трубопровода между точками 1 и 3

H_{J2-3} = Потери на трение в отдельной секции напорного трубопровода между точками 2 и 3

Потери на трение в общем напорном трубопроводе

Значение напора H_{J3-4} равно для обеих насосных станций.

Комбинированный выпускной патрубок двух рабочих станций графически определяется следующими этапами, показанными на Рис. 19.

Шаг 1:

Геометрический напор H_{geod} и потери на трение в трубопроводе в отдельных напорных трубах (H_{J1-3} и H_{J2-3}) вычитаются из значений напора H , указанных на кривых характеристик насосных станций. В зависимости от конкретного применения кривая напора H может быть построена для одного насоса или двух насосов, работающих параллельно. Рассчитаем потери на трение H_{J3-4} .

Шаг 2:

Здесь необходимо подставить значение кривой потерь напора H_{J3-4} в качестве потерь на трение в общем напорном трубопроводе.

Шаг 3:

Прибавьте усеченные кривые напора H 1 и 2, полученные на Шаге 1, к кривой потерь на трение для общего напорного трубопровода, как вместе, так и по отдельности (1+2).





Шаг 4:

Точка пересечения А кривых напора H для насосных станций H_{1+2} и кривой потерь напора $H_{J_{3-4}}$ является комбинированной рабочей точкой $Q_1 + Q_2$.

Шаг 5:

Горизонтальная линия, проходящая через точку А, пересекает кривые потерь напора 1 и 2 в точках С и В. Значения расхода, соответствующие этим точкам, Q_1 and Q_2 , соответствуют производительности насосных станций по отдельности.

Шаг 6:

Подставьте значения рабочих точек Q_1 и Q_2 по отдельности на отдельные кривые напора насосных станций. Рабочая точка каждой станции представлена точками пересечения T_1 и T_2 .

Рабочие точки насосных станций, работающих по отдельности — это точки пересечения C' и B' усеченных индивидуальных кривых напора 1 и 2 и кривой потери напора $H_{J_{3-4}}$ после подстановки на Шаге 3.

Процедура для систем с дополнительными рабочими станциями, соединенными в единый напорный трубопровод, аналогична, но это может быть сложной задачей.

Рекомендуется разделять крупные канализационные системы, состоящие из сборных колодцев и безнапорных канализационных коллекторов на отдельные напорные коллекторы, которые поддаются точному расчету. Тем самым можно избежать сложных расчетов.

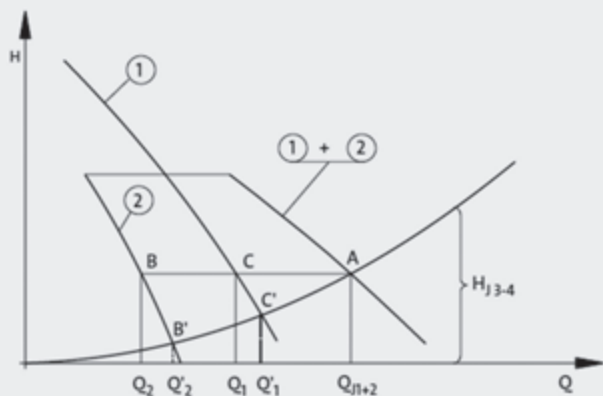


Рис. 19 Кривая потерь на трение для общего напорного трубопровода усеченными кривыми напора H для станций 1 и 2.

11. Сложные напорные трубопроводы

Длинные напорные трубопроводы от канализационных насосных станций зачастую имеют сложный профиль с участками подъема и углубления. В верхних точках существует риск скопления воздуха и газов, что приведет к увеличению напора насоса, а в низких точках повышается риск отложения осадка.

Возможны варианты, когда выбранный насос будет признан непригодным из-за скоплений газов или отложений в трубопроводной системе, даже если скорость потока внутри трубопроводной системы — не менее 0,7 м/с.

Газы, воздух и отложения в системе действуют как уменьшение диаметра трубы, в результате чего повышается давление насоса и снижается расход, что, в свою очередь, приводит к снижению скорости.

Из-за попеременной работы насосов бывает сложно точно определить производительность напорных канализационных трубопроводов большой длины с участками подъема и углубления. За один цикл работы насоса вода может перемещаться только на 100 метров, за этот период воздух или газы из трубы не будут удалены, и расход не стабилизируется.

11.1. СКОРОСТЬ В СЛОЖНОМ НАПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

На Рис. 20 показано, что в секции УК—VP напорного трубопровода находится воздух. Уровень жидкости VP начинает медленно подниматься, когда насос запускается, и давление воздуха в секции УК—VP возрастает, и возникает поток от точки VP в направлении точки РК (V_2).

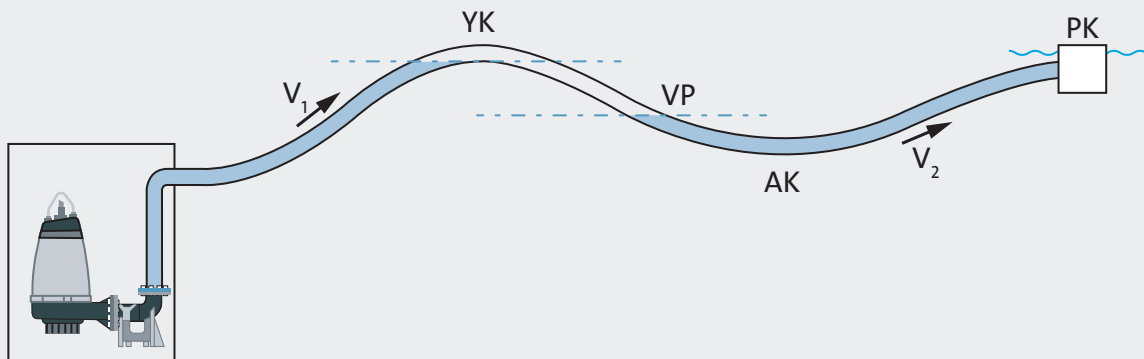


Рис. 20 Скорость и расход в напорном трубопроводе с участками подъема и углубления.

Когда насос останавливается, поток от точки VP к точке РК некоторое время перемещается, затем его скорость медленно снижается.

Поскольку перемещение потока от точки VP к точке РК продолжительнее времени работы насоса, максимальная скорость потока V_2 ниже скорости V_1 . Низкая скорость V_2 и повышение секции после точки АК могут стать причиной появления осадка. Воздух или газ в секции УК—VP препятствует эффекту сифонирования и приводит к повышению геометрического напора.

Точное положение точки VP определить сложно. Можно попытаться рассчитать положение точки VP как функцию времени, если количество воздуха неизменно. На практике объем воздуха в напорном трубопроводе меняется, поэтому точный расчет положения точки VP невозможен.

Если точка УК находится ниже точки РК, воздух можно удалить при помощи автоматического клапана выпуска воздуха. Если точка УК находится выше точки РК, воздух будет затекать обратно в трубу после остановки насоса.

Автоматические клапаны отведения воздуха, установленные в канализационных системах, подвержены закупориванию. Решением может быть использование клапанов отведения воздуха с ручным управлением, который можно открывать через определенные интервалы времени в соответствии с получаемой информацией о скоплении воздуха или газов.

11.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРА В СЛОЖНЫХ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Для напорных трубопроводов с профилем, аналогичным показанному на Рис. 21, сложно точно определить необходимый общий динамический напор. Однако всегда можно сделать приближенную оценку. Минимальный напор (H_{\min}) определяется для напорного трубопровода, полностью заполненного водой, а максимальный напор (H_{\max}) определяется в ситуации, когда все секции, направленные вниз, заполнены воздухом или газами.

Поэтому:

$H_{\min} = H_{\text{geod}} + \text{потери расхода на трение внутри трубопровода для общей длины напорной трубы}$

$H_{\max} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n + \text{потери расхода на трение внутри трубопровода для общей длины напорной трубы}$

Реальный общий напор — это значение между максимальным и минимальным значением. Полезным может быть среднее значение между H_{\max} и H_{\min} .

11.3. РАЗМЕР ТРУБЫ И СКОРОСТЬ ПОТОКА

Как было сказано выше, воздух или газ, скопившийся в напорном трубопроводе, выравнивает скорость потока в следующей секции, что приведет к снижению скорости потока в нижних точках трубопроводной системы. Это повод выбрать напорный трубопровод достаточно малого размера, чтобы гарантировать, что скорость потока не упадет слишком сильно.

В трубе малого диаметра меньше объем при условии, что вода движется дальше за цикл работы насоса, что приведет к увеличению скорости потока в нижней точке трубопровода.

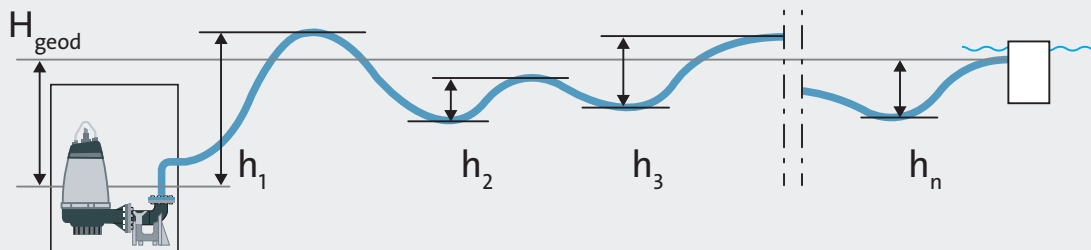


Рис. 21 Определение напора.

С точки зрения неприятных запахов меньший размер трубы лучше, поскольку сточные воды меньше времени находятся в напорном трубопроводе. На более высоких скоростях также возможно удаление части воздуха. В таких случаях скорость потока (V_1) должна быть не ниже 1,0 м/с, а в более сложных случаях даже выше.

11.4. ВЫБОР НАСОСА

В сложных трубопроводных системах реальный напор может значительно отличаться от расчетного. Если расчетная рабочая точка находится вблизи конечного участка допустимых значений кривой Q/H , насос выбран неправильно. Насос, кривая Q/H которого проходит выше расчетной рабочей точки, будет лучшим выбором, поскольку он дает запас скорости потока и напора.

11.5. ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Поскольку реальная рабочая точка может значительно отличаться в случае сложного напорного трубопровода, может быть полезным измерение объемной скорости потока в течение нескольких недель после пуска-наладки насосной станции с помощью объемного метода. Сравнение измеренных значений с расчетными значениями покажет отклонение, а также покажет реальное состояние напорного трубопровода. Измерения можно повторить несколько раз в течение первого года эксплуатации, поскольку содержание газов и воздуха в трубопроводной системе меняется.

После пуска-наладки необходимо провести контрольные измерения.

Все напорные трубы прокладываются в сложных условиях, прокладка требует тщательного планирования, учета особенностей местности и выбора технических решений.

[11]

ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД

1. Управление насосами

Традиционно в больших и малых канализационных насосных станциях применяются канализационные насосы, работающие в режиме включения/выключения. Поскольку приток сточных вод со временем меняется и зачастую составляет только часть производительности насоса, инженеры нашли способы управления насосами для снижения их производительности, чтобы оптимизировать характеристики и снизить эксплуатационные расходы.

Системы с регулируемой частотой вращения могут обеспечить более гибкое (например, с запасом по мощности) в сравнении с использованием насосов с постоянной скоростью. Перекачивание с помощью насосов с регулируемой частотой вращения позволит оптимизировать управление процессом, сократить пусковой ток насоса, сэкономить электроэнергию, повысить плавность работы и уменьшить затраты на обслуживание насосной станции в случае правильного применения.

В некоторых проектах с применением насосов с регулируемой частотой вращения операторы заметили, что экономии электроэнергии нет, а в некоторых системах отмечено повышение затрат на электроэнергию. Заклинивание и блокировка рабочего колеса — еще один нежелательный эффект. Причина — слишком низкая минимальная рабочая частота вращения, настроенная в ПЧ, и связанная с ней пониженная скорость потока в системе. Передаваемая рабочему колесу мощность падает со снижением скорости, снижая способность канализационного насоса пропускать больше твердых включений.

Повышение потребляемой энергии связано с двумя явлениями:

- Частичная блокировка или заклинивание рабочего колеса
- Работа за пределами точки оптимального КПД

Первое явление — это результат увеличения времени работы, т.к. рабочие циклы насосов с регулируемой частотой вращения увеличены на пониженных скоростях. Второе явление — это результат работы в системах, статическая составляющая требуемого напора в которых имеет значительную долю требуемого суммарного напора системы.

Важно учитывать все особенности насосной системы и насосной станции, чтобы добиться оптимального режима работы. К этим особенностям относятся: кривые характеристик системы, выбор насоса и двигателя, управление процессом, показатели электропитания, потенциал экономии электроэнергии, алгоритм управления, компоненты трубопроводной системы и т.д. При этом можно довести до максимума экономию электроэнергии в процессе управления перекачиванием сточных вод с регулируемой частотой вращения и гарантировать работу без засоров.

2. Точка оптимального КПД

При проектировании канализационной насосной системы одним из условий, как правило, является то, чтобы минимальная скорость потока жидкости в напорной трубе за пределами насосной станции, всегда была выше 0,7 м/с. Во время регулировки скорости насоса изменяется характеристика QH, мощность и кривые NPSH. При помощи уравнений подобия можно преобразовать скорость и найти взаимосвязь с напором, мощностью и NPSH.

2.1. ЗАКОНЫ ПОДОБИЯ

В соответствии с законами подобия расход пропорционален скорости рабочего колеса в конкретной точке кривой характеристик насоса. Напор и NPSH пропорциональны квадрату скорости, а мощность является кубической функцией скорости. Законами подобия устанавливаются три основные взаимосвязи.

При неизменном диаметре рабочего колеса основные законы подобия выражаются следующими равенствами:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}$$

где индексы 1 и 2 указывают на значения до и после изменения. P — мощность, n — скорость, H — суммарный напор.

Пример:

Погружной канализационный насос Grundfos SE1.110.100.185.4.52 с номинальной частотой 50 Гц работает с пониженной частотой вращения, 35 Гц. Точка оптимального гидравлического КПД (насоса) для номинальной характеристики — 82% с подачей 100 л/с и напором 14,5 м. Мощность в точке оптимального КПД (ВЕР) — 17,2 кВт.

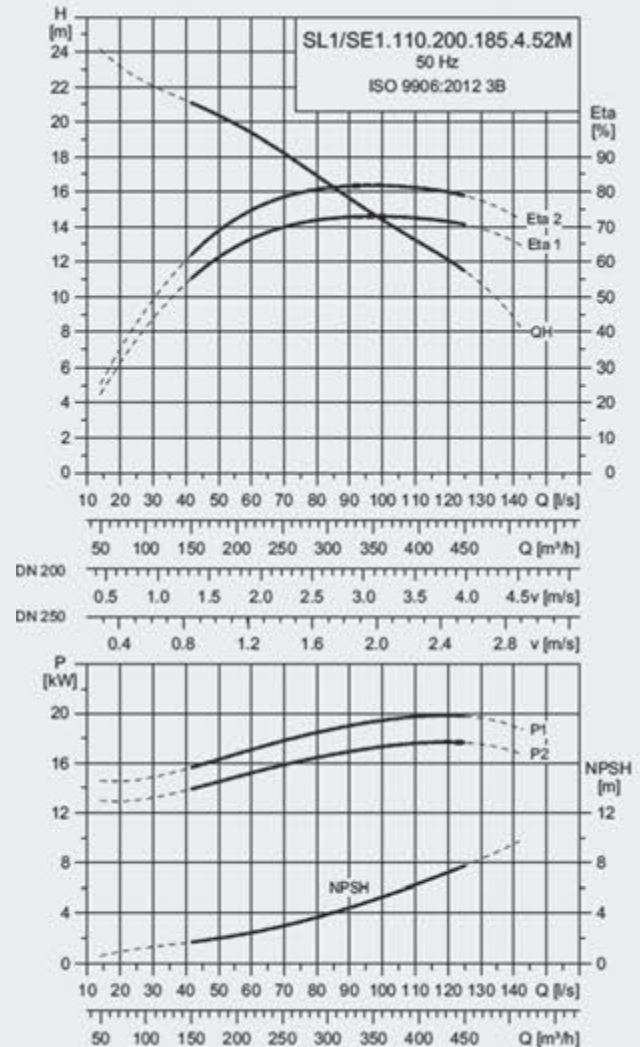


Рис. 1 Рабочая характеристика SL1 и SE1.110.200.185.4.52M.

Рассчитаем новое значение КПД:

Расход снижается пропорционально частоте:

$$Q = \frac{35}{50} \times 100 = 70 \text{ л/с}$$

Напор снижается до:

$$H = \left(\frac{35}{50}\right)^2 \times 14,5 = 7,1 \text{ м}$$

Мощность падает до:

$$P = \left(\frac{35}{50}\right)^3 \times 17,2 = 5,7 \text{ кВт}$$

2.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КПД (НАСОСА) ОСТАЕТСЯ НЕИЗМЕННЫМ, 82 %

Все точки КПД кривой насоса двигаются вдоль кривой системы с постоянным КПД в направлении начала координат, когда мы понижаем частоту и, соответственно, скорость.

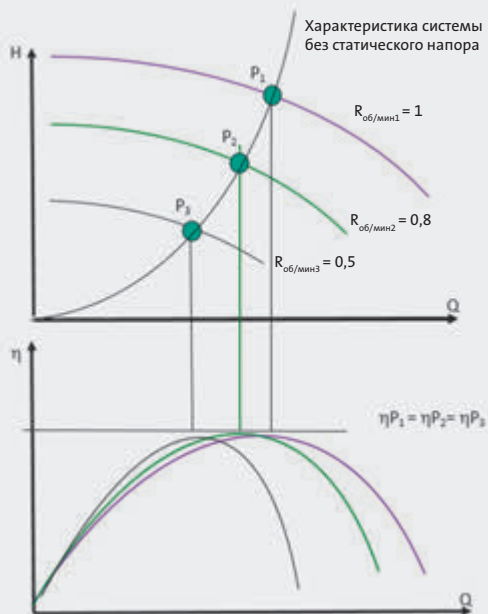


Рис. 2 Кривая подбора системы без учета статического напора на графике QH.

Уравнения позволяют получить связанные точки на кривой подбора системы в пределах графика QH, как показано на Рис. 2.

В типовых системах сточных вод будет присутствовать статический напор (H_{geo}), поскольку понадобится поднимать сточные воды на более высокий уровень.

Из-за статического напора и потерь на трение в трубопроводной системе во время работы насосов, КПД не будет на том же уровне, когда мы регулируем частоту вращения насоса (см. Рис. 3).

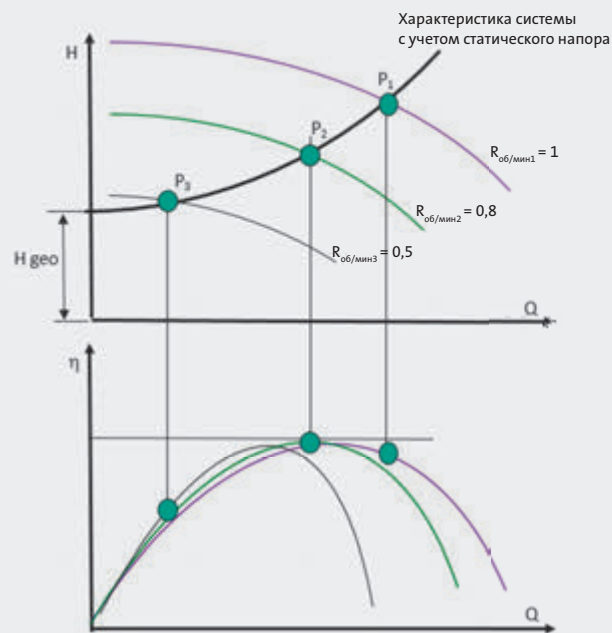


Рис. 3 Кривая подбора системы с учетом статического напора на графике QH.

В системе с высоким статическим напором потребление электроэнергии связано с регулированием частоты, поскольку рабочая точка перемещается на участок кривой Q/H, где КПД насоса ниже. Поэтому выберем насос с рабочей точкой, которая расположена несколько правее точки с максимальным КПД.

Оптимальный насос — это насос с пологой кривой, которая позволяет насосу работать с регулируемой частотой вращения с максимальным КПД.

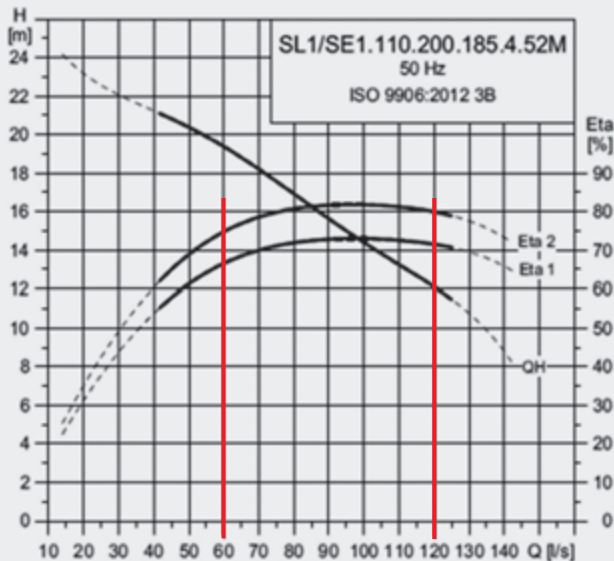


Рис. 4 Погружной канализационный насос Grundfos с рабочим колесом S-tube® с пологой кривой КПД.

В соответствии с результатами выбора насоса, показанными выше, значение КПД — 82% с расходом 95 л/с. Поскольку кривая КПД — пологая, гидравлический КПД — 75% с подачей 60 л/с и 80% с подачей 120 л/с.

3. Всасывающий и напорный трубопроводы

Скорость потока жидкости в трубопроводной системе влияет на степень заиливания трубы, а также на энергопотребление из-за потерь на трение. Повышенные скорости в трубопроводной системе позволяют снизить риск отложения осадка, хотя это увеличивает энергопотребление; работа при низкой скорости потока позволяет снизить энергопотребление, но при этом возрастает риск отложения осадка. Поэтому во время подбора всасывающей и напорной труб важно определить оптимальную скорость потока жидкости в соотношении с приемлемым потреблением электроэнергии.

С регулируемой частотой вращения можно снизить скорость потока жидкости ниже рекомендуемого уровня 0,7 м/с на продолжительное время, поскольку существует возможность промывки напорного трубопровода в ночное время путем временного повышения скорости потока жидкости за счет увеличения частоты вращения насоса.

В зависимости от концентрации в перекачиваемой среде твердых частиц и жиров, степень отложения осадка меняется. Чем выше концентрация твердых материалов, тем выше риск отложения осадка. Насосная станция, работающая с регулируемой частотой вращения, обладает достаточной гибкостью для промывки напорного трубопровода путем повышения частоты вращения насоса. Периодичность промывки зависит от конструкции системы, степени концентрации загрязнений и минимальной скорости, необходимой для поддержания минимальных эксплуатационных условий.

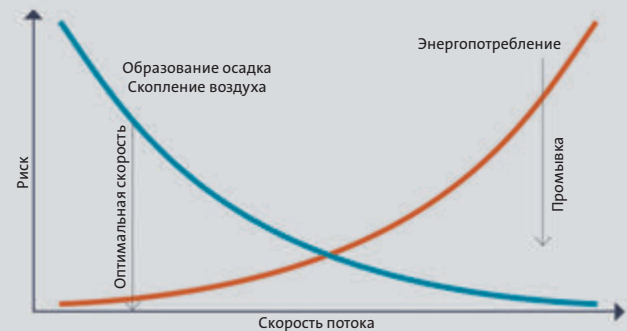


Рис. 5 Во время регулярной промывки напорного трубопровода можно снизить минимальную скорость потока жидкости ниже 0,7 м/с без риска образования осадка.

4. Гидроудар

Насосы с регулированием частоты вращения обладают возможностью плавного пуска и плавного останова путем постепенного снижения или повышения частоты вращения насоса для предотвращения гидроудара и снижения износа запорной арматуры. В случае плавного останова насоса скорость потока жидкости в напорном трубопроводе медленно снижается.

5. Вибрации

Насосы, работающие с регулируемой частотой вращения, вызывают возбуждение широкого диапазона частот. При этом возрастает вероятность возбуждения одной из резонансных частот системы. Это может привести к возникновению вибрации и шума, особенно в станциях с насосами сухой установки. Если одна из резонансных частот системы находится в рабочем диапазоне привода, эту частоту можно заблокировать в блоке управления привода. Большинство современных приводов обладают такой функцией блокировки.

Кривые характеристик некоторых насосов Grundfos являются прерывистыми при низком расходе (близком к напору на закрытую задвижку). Работа насоса в этой области может привести к возникновению вибрации.

6. Минимальная скорость

Минимальная скорость должна соответствовать минимальному расходу не ниже 25 % производительности насоса в точке максимального КПД.

Если скорость потока слишком низкая, существует риск износа насоса из-за твердых отложений, засорения или блокировки рабочего колеса насоса и трубопроводной системы. Время запуска насоса (с номинальной частотой 50 Гц) с регулируемой частотой вращения не должно превышать 5 секунд до достижения частоты 30 Гц.

Во время работы с пониженными скоростями резко снижается мощность, передаваемая рабочему колесу. Мощность на валу электродвигателя пропорциональна квадрату скорости. Мощность на валу электродвигателя снижается до 75 % при снижении номинальной скорости наполовину.

Определенные модели насосов могут иметь ограничения по минимальной допустимой скорости вращения насоса. Минимальная скорость может зависеть от правильности работы системы охлаждения, резонансных частот и других факторов. Для определения ограничений обратитесь в компанию Grundfos.



[12]

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

1. Общие сведения

Удельное энергопотребление — это количество энергии, необходимое для перемещения одного м³ жидкости в конкретной насосной системе.

Значение удельного энергопотребления учитывает все компоненты насосной системы, т. е. электрооборудование, КПД механического и гидравлического оборудования, включая потери в трубопроводной системе.

Как уже сказано, значение удельного энергопотребления действительно только для конкретной насосной системы. Значение одной насосной системы не применимо для сравнения с другой насосной системой без корректировки различий между системами.

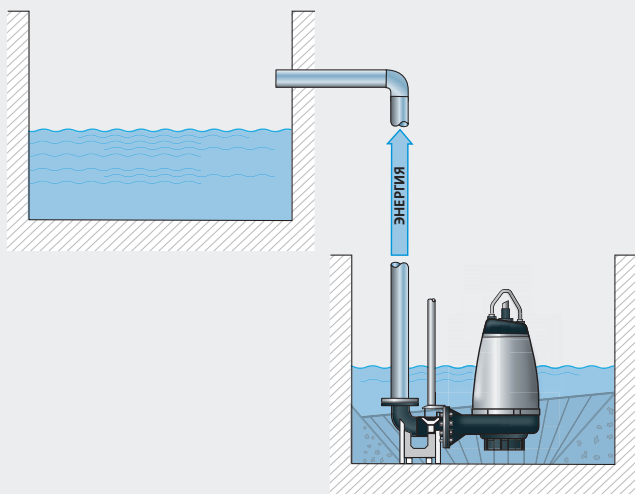


Рис. 1 Удельное энергопотребление — это мера потребления энергии для перемещения одного кубического метра жидкости из одной точки в другую.

Удельное энергопотребление рассчитывается с помощью следующей формулы:

$$E_s = \frac{g \times H}{\eta_{\Sigma} \times 3600} \quad [\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3]$$

где:

g = удельная масса = 9,81 [м/с²]

H = напор от насоса [м]

η_{Σ} = суммарный КПД насоса, двигателя и частотно-регулируемого привода

Годовое потребление энергии $E = E_s$ для перекачивания объема в м³ за год [кВт·ч/год]

Пример 1

Перекачивание 100 % объема от пуска до останова или полного объема притока.

- Пиковый приток в насосную станцию: 65 л/с
- Средний приток в насосную станцию: 42 л/с
- Статический напор: 8 м
- Суммарный динамический напор при пиковом расходе: 28 м
- Суммарный динамический напор при среднем расходе: 16,5 м
- КПД двигателя при пиковом расходе: 87,9 %
- КПД двигателя при среднем расходе: 87,7 %
- КПД насоса при пиковом расходе: 70,2 %
- КПД насоса при среднем расходе: 68,2 %
- КПД привода VFD: 92 %
- Затраты на электроэнергию: 0,10 долл. США/кВт·ч

Объем за год в м³:

$$42 \times 3,6 \times 24 \times 365 = 1\,324\,512 \text{ [м}^3/\text{год]}$$

где:

42 = л/с

3,6 = коэффициент пересчета в м³/час

24 = часа в сутки

365 = дней в году

Энергопотребление без частотного регулирования скорости:

$$E_s = \frac{9,81 \times 28}{0,879 \times 0,702 \times 3600} = 0,1236 \text{ [кВт}\cdot\text{ч/м}^3\text{]}$$

где:

9,81 = удельная масса

28 = суммарный динамический напор

0,879 = КПД двигателя

0,702 = КПД насоса

3600 = коэффициент пересчета в м³

Среднее энергопотребление с частотно-регулируемым приводом:

$$E_s = \frac{9,81 \times 16,5}{0,877 \times 0,682 \times 0,92 \times 3600} = 0,0817 \text{ [кВт}\cdot\text{ч/м}^3\text{]}$$

Годовая экономия:

$(0,1236 - 0,0817) \times 1\,324\,512 \times 0,1 = 5\,550$ долл. США/год

где:

0,1236 = удельная энергия при максимальной скорости

0,0817 = удельная энергия во время работы с регулируемой частотой вращения

1 324 512 = объем перекачки за год м³

0,1 = стоимость электроэнергии за кВт·ч

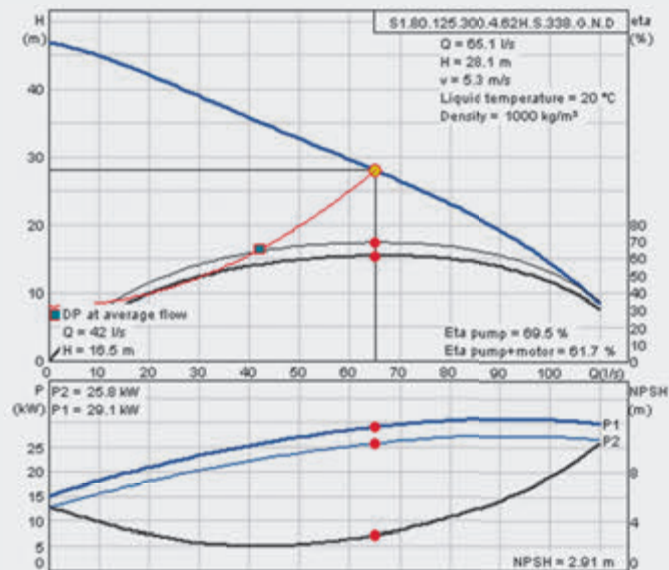


Рис. 2 Характеристики насоса Grundfos S1.80.125.300.4.62 со статическим напором 8 м.

Пример 2

Перекачивание 100 % объема от пуска до останова или полного объема притока.

- Пиковый приток в насосную станцию: 65 л/с
- Средний приток в насосную станцию: 42 л/с
- Статический напор: 20 м
- Суммарный динамический напор при пиковом расходе: 28 м
- Суммарный динамический напор при среднем расходе: 23,3 м
- КПД двигателя при пиковом расходе: 87,9 %
- КПД двигателя при среднем расходе: 87,2 %
- КПД насоса при пиковом расходе: 70,2 %
- КПД насоса при среднем расходе: 67,3 %
- КПД частотно-регулируемого привода: 92 %
- Затраты на электроэнергию: 0,10 долл. США/кВт·ч

Объем за год в м³:

$42 \times 3,6 \times 24 \times 365 = 1\,324\,512$ [м³/год]

Энергопотребление без частотного регулирования скорости:

$$E_s = \frac{9,81 \times 28}{0,879 \times 0,702 \times 3600} = 0,1236 \text{ [кВт}\cdot\text{ч/м}^3\text{]}$$

Среднее энергопотребление с частотно-регулируемым приводом:

$$E_s = \frac{9,81 \times 23,3}{0,872 \times 0,673 \times 0,92 \times 3600} = 0,1176 \text{ [кВт}\cdot\text{ч/м}^3\text{]}$$

Годовая экономия:

$(0,1236 - 0,1176) \times 1\,324\,512 \times 0,1 = 795$ долл. США/год

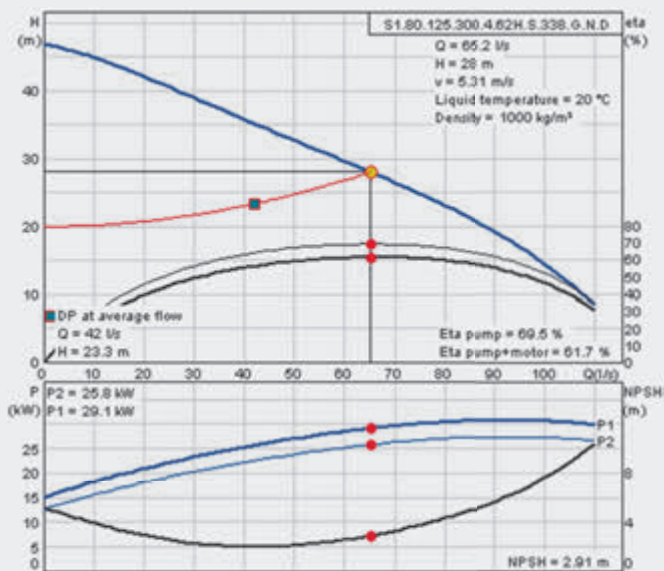


Рис. 3 Характеристики насоса Grundfos S1.80.125.300.4.62 со статическим напором 20 м.

Профиль нагрузки для оценки продолжительности работы насоса в различных рабочих точках не даст точного количества часов, но для сравнения допускается его упрощение.

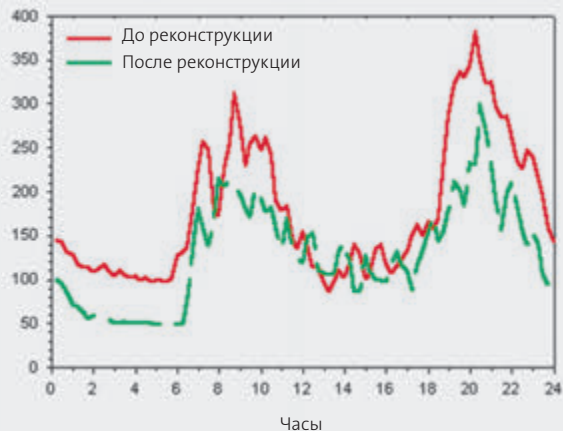


Рис. 4 Суточный профиль работы насоса.

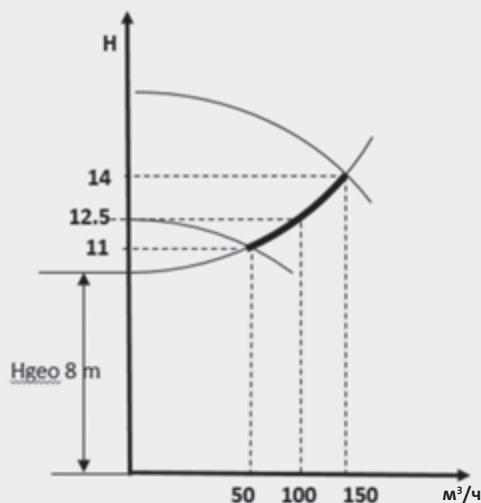


Рис. 5 Производительность насоса в соответствии с профилем нагрузки.

2. Оценка

После расчета потенциальной экономии можно оценить, стоит ли устанавливать частотно-регулируемый привод.

Стандартные цены на частотно-регулируемые приводы:

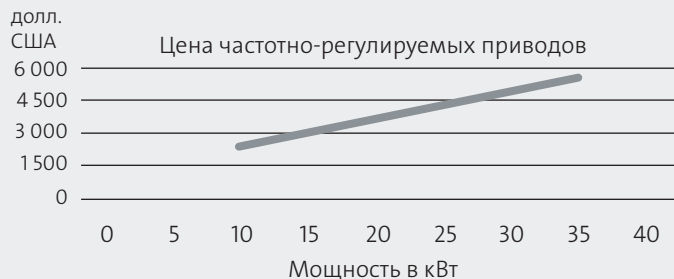


Рис. 6 Уровень цен в долл. США на частотно-регулируемые приводы.

В дополнение к стоимости частотно-регулируемого привода необходимо учесть стоимость установки и пуско-наладки. Как правило, это 3 000–6 000 долл. США.

Теперь можно рассчитать срок окупаемости.

В обоих примерах требуется двигатель мощностью 30 кВт, потенциальная экономия — 5 550 долл. США/год или 795 долл. США/год.

Срок окупаемости для примера 1 со статическим напором 8 м:

$$\frac{4\,500 \times 4\,700}{5\,500} = 1,7 \text{ года}$$

где:

4 500 = средняя стоимость установки и пуско-наладки

4 700 = стоимость частотно-регулируемого привода

5 500 = годовая экономия электроэнергии

Срок окупаемости для примера 2 со статическим напором 20 м:

$$\frac{4\,500 \times 4\,700}{795} = 12 \text{ лет}$$

3. Особенности частотно-регулируемого привода

- Частотно-регулируемый привод — это дополнительные затраты на установку и пуско-наладку.
- В некоторых системах установка привода может дать экономию электроэнергии.
- Достаточно ли экономия электроэнергии, чтобы вернуть затраты на частотное регулирование в разумные сроки?
- Каков требуемый динамический напор системы?

Потенциальная экономия может быть получена только в результате падения динамического давления в системе.

Установка частотного регулирования не дает экономии на требуемом статическом напоре.

Рабочая точка насоса перемещается к участку с низкой эффективностью.

Как правило, управление скоростью при помощи частотно-преобразователя приносит экономию электроэнергии, только если напорная труба длинная и статический напор на 40 % ниже суммарного динамического напора.

$$\rightarrow H_{\text{static}} < \sim 0.4 \times H_{\text{total}}$$

Использование регулирования частоты вращения в канализационных насосах может привести к повышению затрат на обслуживание из-за блокировки или засорения рабочего колеса.

4. Потребители электроэнергии в насосной системе

Проверяйте состояние насосной системы, т.к. в ней часто могут присутствовать крупные «нежелательные» потребители электроэнергии.

- Отрабатывают ли насосы, работающие попеременно, одинаковое количество часов?
- Работают ли насосы дольше, чем обычно?
- Выполняют ли насосы одинаковое количество пусков/остановов?
- Пропускают ли обратные клапаны воду в резервуар?
- Седло обратного клапана в хорошем состоянии?
- Обратный клапан открывается полностью?
Вертикальные створчатые клапаны склонны к закупориванию, из-за попадания на них гравия.
- Протекают ли автоматические муфты в местах соединения с насосами?
- Изнашиваемое кольцо или система SmartTrim, установленная в насосе, в хорошем состоянии или происходит утечка воды из напорной стороны на сторону всасывания?
- КПД насоса может быть снижен на 3–5 % в год, если насос находится не в лучшем состоянии: чем выше давление, тем выше потери.
- Протекает ли колодец так, что грунтовые воды попадают в колодец, и насос работает дольше?
- Образуются ли завихрения в колодце во время работы насоса?
- Если количество пусков и остановов слишком велико, это говорит о том, что эффективный объем резервуара слишком мал.
- Правильно ли подобраны насосы, чтобы скорость потока в насосной системе была не слишком высокой и не слишком низкой?
- Скорость должна находиться в пределах 0,7–1,0 м/с в горизонтальных трубопроводах и 1–3 м/с в вертикальных трубопроводах.
- Нет ли воздушных карманов в напорной трубопроводной системе?

Работа с регулируемой частотой вращения

Дневной приток в канализационную насосную станцию значительно отличается от ночного. Ночью приток, как правило, ниже, а пиковый приток приходится на утренние и вечерние часы. Суточный профиль работы насоса иллюстрирует перепады притока (см. Рис. 4).

Чтобы свести к минимуму потребление электроэнергии, необходимо обратить внимание на два фактора:

1) Снижение суммарного напора перекачивания в системе

Как указывалось ранее, суммарный динамический напор — это сумма статического напора и потерь на трение. Потери на трение в трубах и в отдельных компонентах прямо пропорциональны квадрату расхода, поэтому необходимо снизить потери, чтобы снизить расход.

Как правило, канализационный насос подбирается в соответствии с пиковым притоком в насосную станцию, т.е. можно снизить расход перекачивания в обычном режиме работы и тем самым снизить суммарный напор.

2) Доведение КПД насоса до максимума

Чтобы достичь максимальной эффективности насоса, важно выбрать насос с максимально возможным гидравлическим КПД и в то же время сохранить размер канала не менее 80 мм. Насосы должны обладать постоянным КПД и работать как можно ближе к точке оптимального КПД.

Насосы, работающие под управлением частотно-регулируемого привода, необходимо подобрать так, чтобы КПД находился справа от точки оптимального КПД (ВЕР) при максимальной скорости, чтобы получить максимальный КПД в случае снижения скорости.

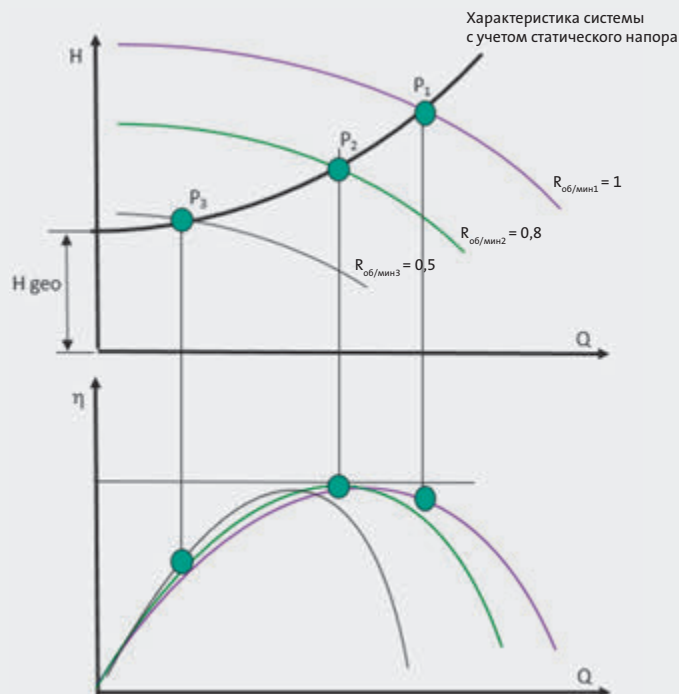
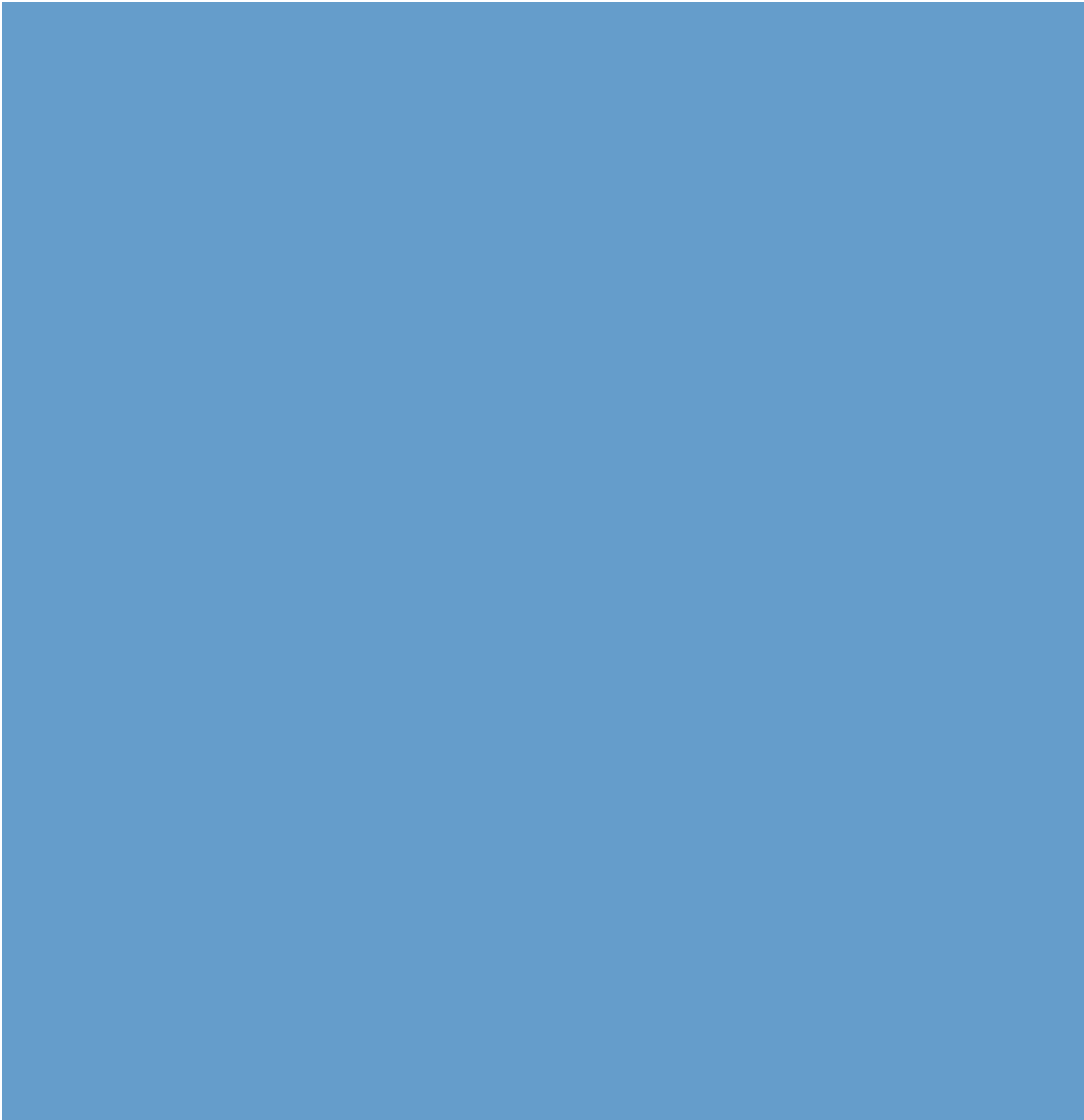


Рис. 7 Кривая характеристик системы с учетом статического напора и КПД в зависимости от скорости на графике QH.

За более подробной информацией о точке оптимального КПД обратитесь к Разделу 11 «Регулируемая частота вращения».

Требования к вентиляции

КПД частотно-регулируемых приводов (VFD) обычно составляет 96–97%, это значит, что 3–4% переданной мощности теряется на выделение тепла. Чтобы предотвратить перегрев, выделяемое тепло необходимо отводить в окружающую среду. Чтобы обеспечить циркуляцию воздуха вокруг привода, необходимо оставить свободное место выше и ниже привода. При температуре окружающей среды выше 40 °C обычно требуется снижение нагрузки на привод. При повышенных температурах окружающей среды может потребоваться установка кондиционеров или вентиляторов. При использовании частотного регулирования на большой высоте (более 1 000 м над уровнем моря) обычно требуется снижение нагрузки на привод, чтобы компенсировать слабое охлаждение на большой высоте.



[13]

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР

1. Общие сведения

Гидравлический удар — это внезапное повышение давления, вызванное резким остановом движущейся жидкости или изменением направления. Гидроудар обычно возникает в случае резкого перекрытия клапана в середине или в конце трубопроводной системы, и ударная волна распространяется по трубе. Этот феномен также называется гидравлическим шоком. Ударная волна может стать причиной серьезных проблем от шума и вибрации до разрушения трубы. Можно снизить влияние импульсов гидроудара при помощи расширительных баков, буферных баков и других средств.

2. Что такое гидроудар?

Гидроудар может возникнуть в любой насосной системе, которая подвергается резким изменениям подачи и, как правило, возникает в момент пуска и останова насоса, при открытии и закрытии запорной арматуры или разделении и перекрытии водяного столба. Такие резкие изменения приводят к тому, что часть потока или целый движущийся водяной столб моментально останавливается. Это изменение может стать причиной возникновения ударной волны, которая распространяется вперед и назад между барьером, который ее вызвал, и вторичным барьером. Если интенсивность ударной волны велика, возможно физическое разрушение системы. Как ни странно, это больше относится к системам низкого давления.

Гидроудар — это пример преобразования кинетической энергии в энергию давления. Поскольку жидкости слабо сжимаются, полученная энергия будет высокой.

3. Пример гидравлического удара

Возможно, лучший способ визуализации преобразования кинетической энергии в энергию давления — начать с гипотетического примера. На Рис. 1 показан насос, перекачивающий воду в трубу, которая была пуста на момент запуска насоса. Две задвижки, установленные на напорной стороне насоса и на дальнем конце трубы, полностью открыты и могут быть перекрыты мгновенно. Труба, задвижки и другие фитинги полностью неэластичные и не могут менять объем, независимо от давления. Столб воды, протекающей через трубу, также обладает полностью плоским передним фронтом, который совпадает с площадью поперечного сечения трубы. Когда передний фронт водяного столба достигает задвижки, клапан закрывается почти со скоростью света, при этом воздух в водяной столб не попадает.

Если бы этот движущийся столб был не водяным, а металлическим (конечно, гипотетически), могло бы произойти следующее. В зависимости от коэффициента восстановления (способности предотвращения серьезного повреждения) кинетическая энергия потока могла бы трансформироваться в механическую энергию, т.к. передний фронт металлического столба был бы разрушен о закрытый клапан.

Если бы это произошло, столб бы остановился и остался неподвижным вблизи клапана. Если коэффициент восстановления при ударе достаточно высок для предотвращения разрушения, та же кинетическая энергия могла бы быть использована для изменения направления в обратную сторону. Независимо от результата, «цельный» металлический столб мог бы быть остановлен или отскочить в противоположном направлении. Ни то ни другое бы не произошло в случае с водой.

Вода — практически несжимаемая жидкость, хотя она не сильно, но сжимается. При обычной температуре под воздействием давления 1 фунт/дюйм² (6 895 Па) объем воды уменьшается приблизительно на 0,0000034 %. Кажется, что это очень мало, но чем больше объем, тем проще увидеть эффект. Например, если бы вода не сжималась, уровень воды в море был бы приблизительно на 30 м выше текущего. При очень высоком давлении, например, 40 000 фунтов/дюйм², ее можно сжать приблизительно на 10 %. Однако большая часть воды — это не просто вода; в ней находится воздух, который, в основном, состоит из азота (78 %) и кислорода (21 %). Растворенный воздух занимает 2 % данного объема необработанной воды и существенно влияет на ее сжимаемость.

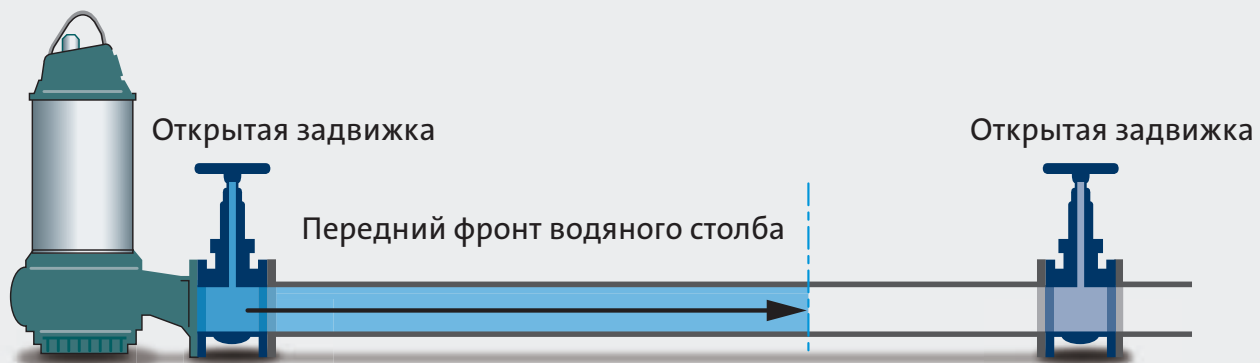


Рис. 1 Гипотетический пример.

4. Кинетическая энергия, преобразованная в энергию давления

Сжимаемость воды и растворенного в ней воздуха вызывает иную реакцию воды в отличие от металлического столба. Если бы вода не сжималась, ее передний фронт был бы разрушен или столб в целом отскочил бы назад. Когда передний фронт водяного столба ударяется о закрытую задвижку, он резко останавливается. Поскольку вода позади переднего фронта находится в движении, она начинает сжиматься.

Это сжатие вдоль всего столба позволяет небольшому количеству воды продолжить движение в трубе, хотя передний фронт не двигается. Когда движение потока прекращается, вся его кинетическая энергия и энергия сжатия преобразуется в энергию давления.

5. Ударная волна

Сжатие начинается с переднего фронта столба воды, в результате появляется дополнительная энергия, но из-за того, что закрытая задвижка препятствует дальнейшему движению, возникает давление или ударная волна, которая перемещается вдоль трубы по кратчайшему расстоянию (в данном примере — назад). Зарождение ударной волны аналогично звуковой волне, возникающей в результате перемещения по воздуху отраженной волны, которая ударяется в аналогичный барьер. Когда волна ударяется в противоположный клапан, она отражается обратно в направлении задвижки напорной стороны, но с меньшей интенсивностью.

Движение назад и вперед продолжается до тех пор, пока в результате потерь на трение волна не исчезнет.

Скорость, с которой волна перемещается, и энергия, которую она теряет в процессе движения, зависят от плотности и сжимаемости среды, в которой она перемещается. Плотность и сжимаемость воды делает ее хорошей средой для возникновения и перемещения ударной волны.

6. Волна давления при гидравлическом ударе

Ударная волна, образовавшаяся в результате гидроудара, обладает характеристиками, аналогичными характеристикам звуковой волны и перемещается с аналогичной скоростью. Чтобы определить время, необходимое для перемещения ударной волны по всей длине, необходимо поделить длину трубы на скорость звука в воде, т.е. приблизительно на 1482 м/с.

Всякий раз, когда скорость перемещения жидкости в трубопроводе меняется, постепенно или резко, меняется и давление. Эти изменения передаются в виде волны вдоль трубопровода со скоростью распространения звука в жидкой среде. Изменения скорости движения перекачиваемой жидкости возникают во время пуска и останова насосов или перекрытия задвижки. Резкий останов насоса или закрытие задвижки приводит к возникновению переходных процессов в жидкости, которые могут привести к большим изменениям давления, нарушению сплошности потока, распространению кавитации, вибрации гидравлической части или несущих конструкций здания и избыточным инерционным колебаниям.

Этот феномен называется гидравлическим ударом (скачкообразным изменением давления), который, в случае высокой энергии, может привести к разрушению трубопровода и оборудования.

Степень опасности этого феномена зависит от нескольких параметров, таких как изменение скорости во время цикла отражения, характеристик материала трубы, а также характеристик перекачиваемой жидкости. Во время ускорения или замедления потока жидкости переходная волна давления колеблется назад и вперед до полного погашения. Частота колебаний рассчитывается при помощи следующего уравнения:

$$\mu = \frac{2L}{a}$$

где:

μ = длительность цикла отражения, во время которого волна давления двигается назад и вперед один раз (с)

L = длина трубопровода (м)

a = скорость волны (м/с)

Скорость волны в цилиндрических трубах рассчитывается следующим образом:

$$Q = \sqrt{\frac{K^*}{\rho}}$$

$$K^* = K / \left(1 + \frac{DK}{eE}\right)$$

где:

ρ = плотность жидкости, кг/м³

D = диаметр трубы, мм

e = толщина стенки, мм

E = коэффициент упругости стенки трубы, ГПа

K = коэффициент объемного сжатия жидкости в трубе, ГПа

В следующей таблице показан диапазон скоростей распространения давления для чистой воды в трубах из различных материалов:

Материал трубы	Скорость (м/с)
Сталь	900...1 300
Чугун	1 000...1 200
Железобетон	1 000...1 200
Пластмассы	300...500

Рис. 2 Скорость распространения давления в трубах.

Сточные воды и шлам зачастую содержат нерастворенный воздух или газ, который оказывает значительное влияние на скорость распространения ударной волны, как показано в следующей таблице, где скорость распространения волны выражается как функция количества нерастворенного в жидкости воздуха:

Напор = 15 м	
Количество нерастворенного воздуха в объемном отношении	Коэффициент скорости ударной волны
0	1,0
10^{-6}	1,0
10^{-5}	0,96
10^{-4}	0,73
10^{-3}	0,32
10^{-2}	0,11

Рис. 3 Скорость распространения давления в трубах для сточных вод, содержащих воздух.

Растворенный воздух не оказывает практического влияния на скорость распространения давления.

Импульс давления, возникший в результате изменения скорости потока в цикле отражения, рассчитывается с помощью следующего уравнения:

$$\Delta h = \pm \frac{a \cdot \Delta v}{g}$$

где:

Δh = перепад давления (м)

a = скорость ударной волны (м/с)

Δv = изменение скорости потока за один цикл отражения (м/с)

g = ускорение свободного падения (9,81 м/с²)

Поскольку сложно определить изменение скорости потока во время пуска или останова насоса, точный расчет перепада давления выполнить непросто. Изменение давления можно точно рассчитать, если, например, задвижка перекрывается в пределах цикла отражения, а изменение скорости потока Δv равно скорости потока v .

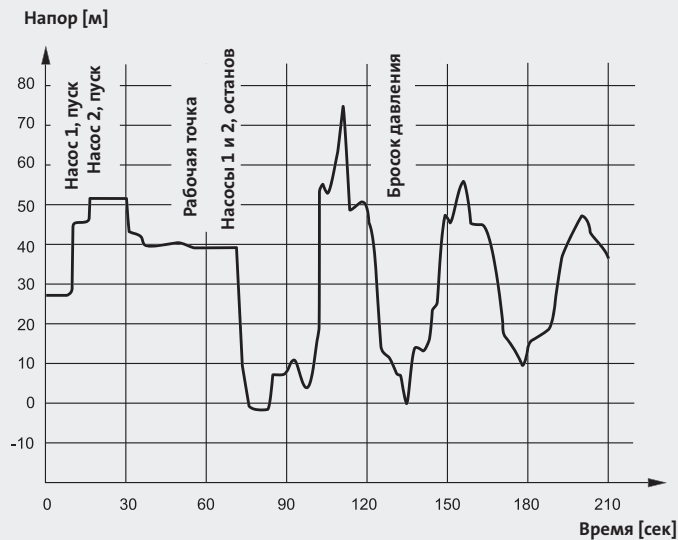
Поскольку давление колеблется симметрично, оно может опускаться ниже давления насыщенных паров, вызывающего вскипание и, как следствие, мощные перепады давления и шум. Потенциальные зоны возникновения этого явления — насос, задвижка и места возвышения трубопровода. Сильное разрежение также может стать причиной разрушения трубопровода.

В канализационных насосных системах давление гидроудара, возникшее во время останова насоса, выше, чем во время пуска насоса. В теоретических расчетах целью является расчет задержки воды сразу после останова насоса, т.к. в этот момент возникает импульс давления. Основные существенные факторы, которые необходимо определить — сопротивление в напорном трубопроводе и минимальное давление, возникающее в насосе после отключения питания. Данная информация не относится к зоне ответственности производителей насосов.

Еще одно переменное значение — содержание воздуха или газа в воде или трубопроводе. Здесь решением является анализ различных концентраций с целью определения влияния содержания газа. На Рис. 4 показан результат исследования феномена гидравлического удара в насосной станции с двумя насосами. Отмечено следующее:

- Длительность цикла — 45 секунд. Теоретические расчеты для жидкости, не содержащей газа или воздуха, показывают только от 12 до 20 секунд. Разность между двумя значениями говорит о наличии газа в воде.
- Сразу после останова насоса давление в трубопроводе падает до состояния вакуума. Поскольку давление измерялось на напорном фланце, давление внутри насоса было ниже. Вероятно, давление внутри насоса упало ниже давления насыщенных паров (–10 м).

Во многих случаях звук от гидравлического удара не слышен, но гидроудар приводит к разрушению трубопровода.



Длина напорной трубы — 3 000 м
 Диаметр трубы DN400, ПВХ
 Суммарный расход насоса — 140 л/с
 Скорость потока — 1,3 м/с
 Геометрический напор — 32,4 м
 Запорные клапаны DN200
 Манометр установлен в напорном фланце

Рис. 4 Последовательные измерения давления гидроудара в зависимости от времени.

Гидроудар не является распространенной проблемой в канализационных установках. Однако в системах с большими и длинными трубопроводами, а также с насосами с низкими значениями момента инерции риск гидравлического удара необходимо оценить, хотя теоретическое описание проблемы является сложным из-за большого количества переменных условий.

7. Защита от гидроудара

Если в системе возможно возникновение гидроудара (как повышение давления, так возникновение вакуума), для защиты системы необходимо применить следующие методы или оборудование:

Как правило, защита от скачков давления разделяется на активную и пассивную. Для работы активной защиты нужен источник электроэнергии. Поэтому в насосных станциях, где возможно незапланированное прекращение работы насоса, например, в случае отказа в сети питания применяются только пассивные методы защиты. В пассивной защите оборудование является полностью механическим и не зависит от наличия электропитания.

Некоторые наиболее распространенные методы и оборудование в системах отведения сточных вод:

7.1. АКТИВНАЯ ЗАЩИТА:

- Предотвращение одновременного останова двух и более насосов.
- Установка автоматических клапанов с временем перекрытия от 20 до 30 секунд вместо обычных запорных задвижек. Насос останавливается после перекрытия задвижки.
- Управление остановом насоса при помощи частотно-регулируемого привода.
- Использование устройства плавного пуска с функцией плавного останова.

7.2. ПАССИВНАЯ ЗАЩИТА:

- Установка автоматических клапанов подведения и отведения воздуха в местах возникновения отрицательного давления.
- Установка воздушной камеры повышенного давления (уравнительный резервуар) на насосную станцию.
- Использование маховика, соединенного с насосом, для повышения момента инерции насоса (не применяется для погружных насосов).
- Установка запорных задвижек с амортизатором или пружиной.

- В случае возникновения кавитации в насосе во время останова, установка байпасной линии с обратным клапаном на всасе от резервуара в напорный трубопровод предотвратит падение давления внутри насоса. Байпасную трубу необходимо выбрать на один типоразмер меньше диаметра напорного фланца насоса.

7.3. АВТОМАТИЧЕСКИЙ КЛАПАН ВПУСКА И ВЫПУСКА ВОЗДУХА

Воздушные клапаны не являются основным средством предотвращения гидроудара. Их недостатки:

- Они требуют регулярного обслуживания.
- Если место установки клапана выбрано неправильно или неправильно выполнен монтаж, это усилит перепады давления вместо их сглаживания.
- Применение в системах водоотведения требует использования специальных конструкций.

Трубопроводные системы с воздушными клапанами, как показано на Рис. 5, должны быть точно рассчитаны. На трубопроводах большого диаметра клапан впуска и выпуска воздуха используется для вентилиации трубопроводной системы, устанавливается в верхней точке трубопроводной системы, где осуществляется забор воздуха в систему для предотвращения образования вакуума. Поскольку поток жидкости никогда не останавливается, попадание воздуха в систему в некоторых случаях оказывает отрицательный эффект. Воздушные подушки, как правило, оказывают эффект амортизации. Однако воздух, попавший в трубопровод, также может привести к опасному возрастанию динамического давления. Его необходимо медленно выдавить из трубопровода; патрубок выпуска воздуха с большой площадью поперечного сечения может привести к резким перепадам давления в направлении срабатывания клапана выпуска воздуха.



Рис. 5 Автоматический клапан впуска и выпуска воздуха для вентиляции и отвода воздуха из трубопроводов.

7.4. ВОЗДУШНАЯ КАМЕРА ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

В данном разделе представлено общее описание камер повышенного давления, используемых для предотвращения гидроудара в трубопроводной системе отведения сточных вод. Поэтому в разделе нет примеров подбора конкретной системы. Для подбора воздушной камеры для конкретного проекта обратитесь в компанию Grundfos.

Воздушная камера — это сосуд высокого давления, наполовину заполненный воздухом, а наполовину водой и подключенный к трубопроводной системе на напорной стороне насосов (см. Рис. 6). Воздух в камере сжат, что позволяет сохранить энергию для поддержания потока после останова насоса или отказа в сети питания.

Существуют два типа воздушных камер повышенного давления: компрессорная воздушная камера и мембранный уравнивательный бак. Устройства обоих типов работают по одному принципу. Причина выбора того или иного типа зависит от конкретного применения. Из-за своей конструкции мембранные уравнивательные баки пригодны только для работы с малыми объемами.

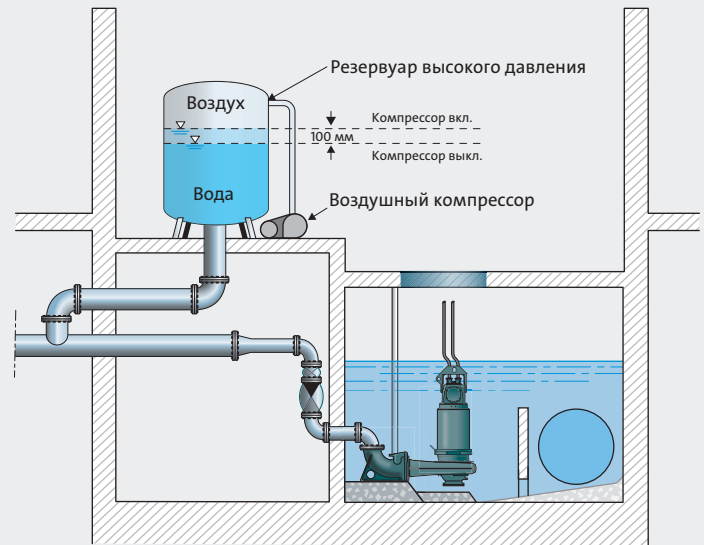


Рис. 6 Принцип работы воздушной камеры повышенного давления компрессорного типа.

7.5. ВОЗДУШНАЯ КАМЕРА ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРНОГО ТИПА

Подводящий трубопровод в камеру обычно снабжен дифференциальными дроссельными отверстиями, которые позволяют воде выходить из резервуара с низкими потерями, но приводят к сильному рассеянию потока внутри бака.

Далее приведена последовательность работы воздушной камеры повышенного давления компрессорного типа, во время цикла (выброс-спад-рост):

- 1) После останова насоса или отказа сети электропитания, давление газовой смеси выдавливает воду из резервуара, объем воздуха возрастает, и давление снижается.
- 2) Снижение давления приводит к постепенному снижению скорости потока в трубопроводе. Наконец, поток в трубопроводе останавливается и разворачивается, спад после выброса сменяется ростом. Как только вода попадает в резервуар, объем воздуха уменьшается и давление возрастает.
- 3) Повышение давления приводит к постепенному снижению потока в трубопроводе. Наконец, поток в трубопроводе останавливается и разворачивается. Затем цикл повторяется до тех пор, пока под действием трения движение не прекратится.

Поскольку емкость должна быть достаточно большой для хранения резерва воды до окончания фазы снижения давления после скачка и хранения сжатого воздуха в камере повышенного давления на высоте подъема, программная модель должна показать точные результаты. Воздушные камеры очень эффективны и надежны для управления как подъемом, так и падением после скачка и, благодаря своей универсальности, они применимы почти для любой насосной системы, хотя они редко применяются в системах с напорными трубопроводами диаметром менее 250 мм. Воздушные камеры повышенного давления требуют большого количества сложного вспомогательного оборудования и устройств управления, поэтому нуждаются в частом обслуживании.

- Воздушный компрессор для автоматического нагнетания воздуха в камеру
- Клапан для отведения избытка воздуха из камеры
- Датчики уровня, поплавковые датчики или емкостные электроды в камере для запуска и останова компрессора и открывания, и перекрытия клапана
- Индикаторы уровня жидкости или смотровое окно для контроля уровня воды в камере
- Смотровой люк для проверки и обслуживания
- Фланцевое соединение с напорным трубопроводом
- Конструкция воздушной камеры соответствует местным требованиям
- Установите в воздушную камеру предохранительный клапан
- Соотношение воздуха и воды в нормальном режиме давления (установившийся режим) должно быть 1/1
- Когда воздушная камера используется для сточных вод, используйте только вертикальные резервуары с коническим или овальным дном.

7.6. МЕМБРАННЫЕ УРАВНИТЕЛЬНЫЕ БАКИ

Мембранные уравнивательные баки — это водяные резервуары повышенного давления, где вода и воздух разделены гибкой мембраной, позволяющей воде расширяться и гасить перепады давления. Поскольку мембрана гибкая, она способна сглаживать резкие изменения давления и таким образом противостоять гидроудару.

Когда давление воды в баке повышается из-за обратного потока в трубопроводной системе после останова насоса или отказа

сети питания, бак начинает заполняться водой, а воздух, находящийся с другой стороны мембраны, сжимается. Вода не сжимается, поэтому, когда она начинает расширяться из-за обратного потока, ей необходимо куда-то двигаться. С другой стороны воздух сжимаем. Поэтому расширившаяся вода движется в одну сторону и сжимает воздух с другой стороны. Это позволяет предотвратить воздействие расширяющейся воды на другие части системы.



Рис. 7 Пример мембранного уравнивательного бака, предназначенного для поглощения гидроудара и перепадов давления воды во время пуска и останова насоса.

7.7. МАХОВИК

Инерция насоса может оказывать значительное влияние на развитие гидроудара, особенно в системах с короткими трубопроводами. Установкой маховика можно усилить инерцию вращения вала насоса, которая во многих случаях является превосходным способом снижения силы гидроудара.

Маховик — это вращающийся механический компонент, используемый для сохранения энергии вращения. Маховики обладают инерцией, называемой моментом инерции, и таким образом противостоят изменениям скорости вращения. Количество энергии, сохраненной в маховике, пропорционально квадрату скорости вращения. Энергия передается маховику путем приложения к нему момента, тем самым увеличивается скорость его вращения, благодаря чему и сохраняется энергия. И наоборот, маховик высвобождает сохраненную энергию путем приложения момента к механической нагрузке, тем самым скорость вращения маховика снижается.

Во время использования маховика, соединенного с насосом и электродвигателем, маховик высвобождает сохраненную энергию, когда момент от источника энергии к маховику не применяется. В процессе высвобождения сохраненной энергии скорость насоса медленно снижается в случае выключения питания, что также может предотвратить возникновение гидроудара в трубопроводной системе.

Другими словами маховик, установленный на приводе, увеличивает время торможения насоса до полного останова путем приложения сохраненной энергии вращения:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$$

где:

J: Момент инерции маховика в кг·м²

ω: Угловая скорость с⁻¹

Для однородного твердого диска с радиусом r и массой m момент инерции равен:

$$J = \frac{m \cdot r^2}{2}$$

На Рис. 8 показаны маховики насосных станций. Однако с помощью маховика, применение которого на практике экономически и технически целесообразно, увеличение времени полного останова достижимо только для сравнительно короткого трубопровода с малым временем отражения.

Использование маховика для предотвращения гидроудара ограничивается трубопроводами длиной от 1 до 2 км.

Благодаря конструктивным особенностям решения с применением маховика не подходит для погружных насосов с электродвигателями. На насосах других типов необходимо заранее убедиться, что маховик не мешает запуску привода насоса. Маховики, возможно, наиболее безопасные и простые средства подавления перепадов давления; по надежности они превосходят все остальные способы ограничения.

В системах большой мощности маховики не требуют контроля в процессе работы, за исключением подшипников.



Рис. 8 Маховики насосных станций в США. Диаметр маховика — 864 мм, высота — 247 мм, момент инерции — 106 кг·м².

7.8. ЗАПОРНАЯ АРМАТУРА

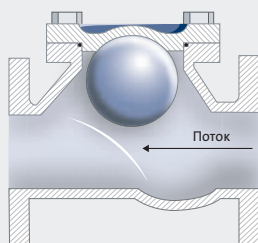
В насосных системах часто возникает проблема резкого перекрытия запорной задвижки с последующим броском давления. Некоторые запорные клапаны и обратные затворы, установленные в системах, подвержены эффекту резкого перекрытия. Резкое перекрытие запорной задвижки возникает после останова или отказа в сети питания, когда поток в напорной трубе разворачивается в обратную сторону до того, как запорная задвижка полностью закроется. Такое резкое изменение состояния системы приводит к тому, что движущийся водяной столб резко разворачивается. Это изменение может стать причиной возникновения ударной волны, которая распространяется вперед и назад между перекрытой запорной задвижкой, которая ее вызвала, и вторичным барьером. Если интенсивность ударной волны велика, возможно физическое разрушение системы.

7.9. ТИПОВЫЕ ОБРАТНЫЕ КЛАПАНА

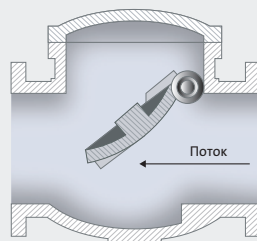
В течение длительного времени проводились исследования с целью изучения динамических характеристики закрытия обратных клапанов, включая шаровые, поворотные, наклонные дисковые, упругие дисковые, двойные дисковые и замкнутые обратные клапана. Захлопывание обратного клапана — это двухэтапный процесс.

Во-первых, после останова насоса поток продолжает двигаться через обратный клапан до полной остановки потока.

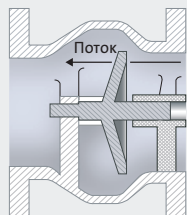
Во-вторых, перекрывающий элемент резко отсекает обратный поток.



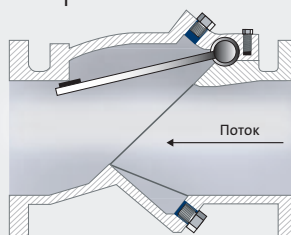
Шаровый
обратный клапан



Поворотный
обратный клапан



Подпружиненный
обратный клапан



Обратный
клапан с упругим
шарниром

8. Скорость потока преобразуется в давление

Когда движущийся в трубопроводной системе поток резко разворачивается, кинетическая энергия движущейся жидкости преобразуется в давление. С изменением скорости на каждые 0,3 м/с возникает скачок давления, приблизительно равный 3 барам. Для возникновения эффекта резкого перекрытия достаточно изменения скорости 0,15 м/с или давления 1,5 бар.

Изменение скорости на 0,3 м/с или давления на 3 бар может привести к возникновению шума, который будет слышен во всем здании, раздражать персонал или даже будет слышен в соседних зданиях. При резком перекрытии слышен звук, похожий на удар заслонки о седло, но в реальности хлопок возникает из-за скачка давления, который мгновенно заставляет растягиваться стенку трубы, вызывая возникновение звуковой волны от гидроудара.

Резкий останов приводит к возникновению обратного потока, и в результате возникает бросок давления, который является причиной резкого перекрытия, поэтому идеальная запорная задвижка должна перекрываться до изменения направления потока. К сожалению, все запорные задвижки вызывают возникновение обратного потока, в зависимости от динамических характеристик системы.

9. Резкое перекрытие различных обратных клапанов

Последствия резкого перекрытия различных обратных клапанов и способность обратных клапанов предотвращать возникновение обратного потока можно оценить, исходя из геометрии клапана. Как сказано выше, лучший способ предотвратить резкое перекрытие — это захлопнуть обратный клапан очень быстро. Но что позволит захлопнуть обратный клапан очень быстро?

Положение диска в значительной степени влияет на перекрытие. Если диск перемещается или поворачивается против потока, будучи открытым, обратному потоку будет трудно перекрыть обратный клапан. Из трех упомянутых обратных клапанов — шарового, поворотного и шарнирного — запирающий элемент шарового обратного клапана выталкивается потоком и поднимается в конусообразный канал, тогда как диск замкнутого обратного клапана остается в направлении потока.

Поэтому когда направление потока меняется, это сразу оказывает влияние на диск замкнутого обратного клапана, заставляя ее закрываться быстрее, чем шарового обратного клапана. Хотя замкнутый обратный клапан закрывается в течение одной десятой доли секунды, обратный поток успевает начать движение через него, но в незначительном объеме. Что касается поворотных или шарнирных обратных клапанов, все они снабжены запирающим элементом, расположенным в направлении потока, который помогает быстро перекрыть обратный клапан. К сожалению, диск может слегка отклоняться в направлении потока в полностью открытом состоянии, поэтому многие обратные клапана снабжены средствами регулировки крайнего положения открывания, чтобы направить диск в направлении потока и снизить эффект резкого захлопывания.

10. Моделирование и предупреждение удара в запорной арматуре

Чтобы предотвратить удар в запорном клапане, не нужно искать сверхскоростную запорную задвижку и делать ее «стандартной», а привести характеристики запорной задвижки насосной системы в соответствие с требованиями по предотвращению эффекта резкого перекрытия. Чтобы выбрать запорную задвижку без эффекта резкого перекрытия, разработчик должен сначала проанализировать насосную систему и рассчитать замедление столба жидкости после останова насоса. Другими словами, если скорость потока равна 3,5 м/с, и расчеты или измерения показывают, что поток будет остановлен за 2 секунды, среднее замедление — это результат деления скорости 3,5 м/с на 2 секунды, или 1,75 м/с².

Расчет торможения может быть усложнен, т.к. оно является функцией с множеством параметров, таких как инерция насоса, длина столба жидкости, потери на трение в трубопроводной системе и статический напор или наклон трубы. Инженеры обычно полагаются на компьютерное моделирование системы для расчета торможения.

Обязанностью изготовителей запорных клапанов является предоставление характеристик перекрытия. Характеристики используются инженером для предотвращения возникновения максимальной скорости обратного потока в трубопроводной системе.

Торможение (м/с²) — это изменение скорости поступательного движения, поделенное на время. Скорость обратного потока можно найти в результате испытаний, она выражается в единицах скорости, м/с.

В системах с одним насосом и низким напором торможение составляет менее 6 м/с². В системах с высоким напором в составе нескольких насосов торможение может составлять более 12 м/с². Скорость обратного потока можно преобразовать непосредственно в давление гидроудара с помощью знакомого уравнения Жуковского:

$$h = \frac{av}{g}$$

где:

h = рост давления в метрах водяного столба

a = скорость распространения волны в стальной трубе (975 м/с)

v = скорость обратного потока в м/с

g = 9,81 м/с²

Обратный поток со скоростью 0,3 м/с соответствует гидроудару давлением 3 бар. Практический опыт показывает, что гидроудар в диапазоне от 1,5 до 3 бар или скорость обратного потока от 0,15 до 0,30 м/с создает слабый удар и не является опасным для системы. И наоборот, в результате гидроудара давлением более 3 бар или скорости обратного потока более 0,3 м/с возникает громкий звук, такой гидроудар необходимо предотвратить, для этого можно выбрать другую запорную задвижку или модифицировать запорную задвижку установкой более мощных пружин или гидравлических амортизаторов.



Рис. 9 Запорная задвижка с гидравлическим амортизатором.



Рис. 10 Запорная задвижка с пружиной.

11. Стационарный и нестационарный режимы течения в трубе

Как правило, разработчики систем начинают с определения значений рабочего давления стационарного режима и значений объемного расхода потока. В этом контексте термин «стационарный» означает, что значения объемного расхода, давления и скорости насоса не меняются со временем. На Рис. 11 показан типовой профиль стационарного потока.

При постоянном диаметре трубы и постоянной шероховатости внутренней поверхности трубы кривая гидростатического напора будет прямой линией. В простых случаях работу насоса в стационарном режиме можно графически отобразить на графике Min/Max Hydraulic Grade Line Plot (График мин./макс. линии гидравлического градиента) (HGL — см. Рис. 12–15). Это делается путем определения точки, в которой кривая насоса пересекает характеристическую кривую трубопровода.

Насосная система не может все время работать в стационарном режиме, поскольку пуск и останов отдельного насоса приведет к изменению рабочих условий. Строго говоря, каждое изменение рабочих условий и каждое возмущение вызывают изменение давления и расхода или вызывают изменение состояния потока с течением времени. Состояние потока такого вида обычно называют неустойчивым или переходным, его можно графически показать на схеме Transient at nodes plot (График переходных процессов в узловых точках). Что касается значений давления, иногда они называются динамическими изменениями давления или импульсами давления.

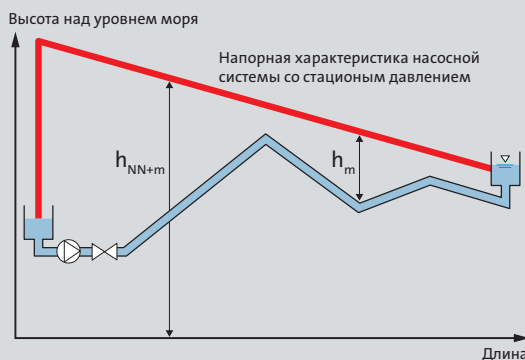


Рис. 11 Напорная характеристика насосной системы со стационарным давлением.

На следующих схемах показано сравнение различных пассивных методов защиты в условиях отключения насоса на примере описанной системы.

Труба: DN200 из полиэтилена (PE) марки 100 со стандартным соотношением диаметра и толщины (SDR 6.3), что означает диаметр, поделенный на толщину.

Насос: 50 л/с с напором 51 м, момент инерции 0,25 кг·м².

Запуск насоса и отключение через 100 сек. работы.

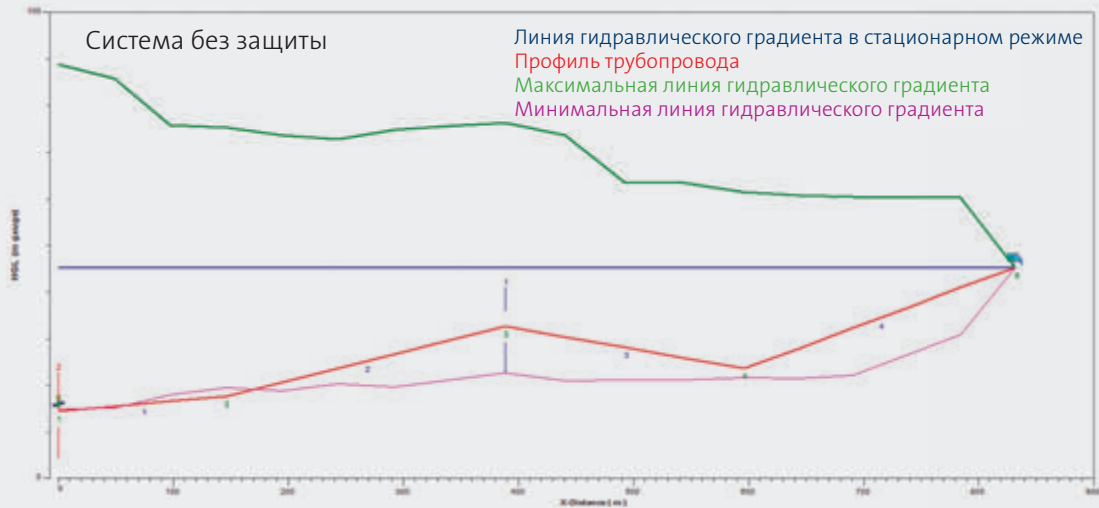


Рис. 12 Система без защиты — на большей части профиля наблюдается аномально низкое давление.

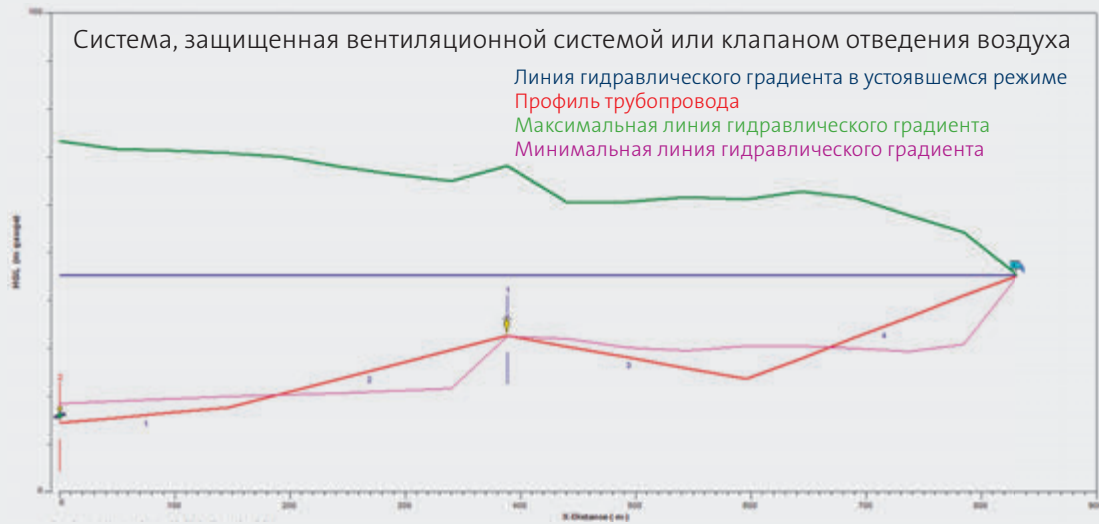


Рис. 13 Система, защищенная воздушным клапаном — Участок профиля с аномально низким давлением сокращен до минимума.

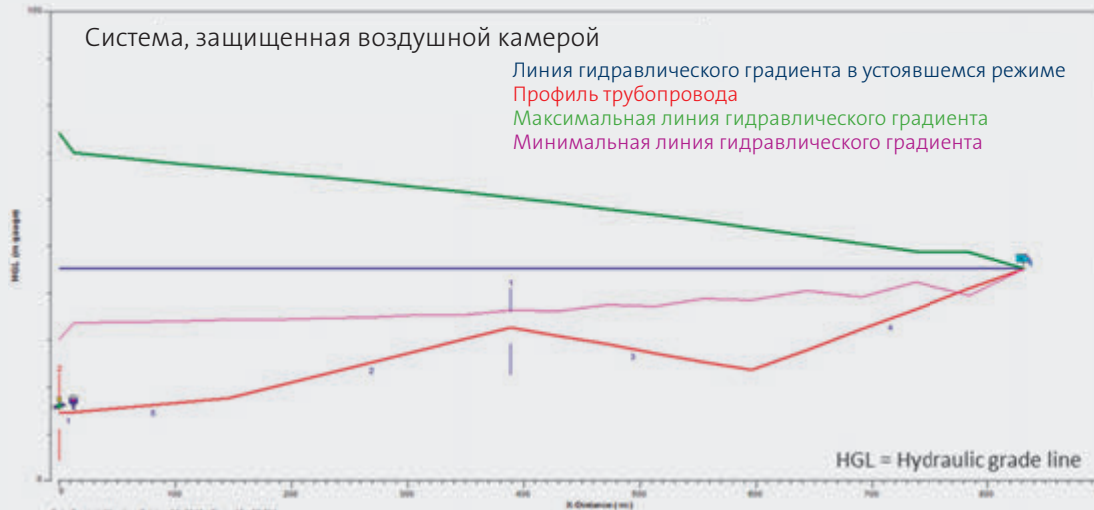


Рис. 14 Система с защитой воздушной камерой — Линия anomalно низкого давления полностью поднята на всех участках, колебания давления намного плавнее.

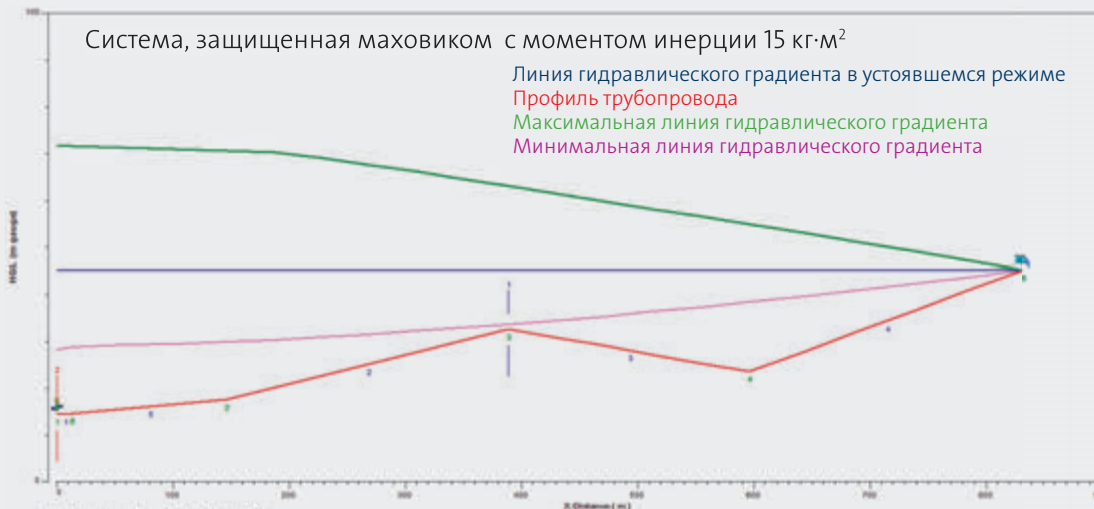


Рис. 15 Система, защищенная маховиком — Минимальная линия гидравлического градиента находится полностью выше профиля трубопровода, а колебания давления сглажены.



[14]

ИСПЫТАНИЯ НАСОСОВ

1. Общие сведения

Стандартные насосы Grundfos в специальном исполнении подвергаются детальной проверке на испытательных стендах.

На своем крупнейшем стенде компания Grundfos имеет возможность испытывать различные типы насосов, такие как погружные канализационные насосы (серия S), погружные осевые насосы (серии KPL и KWM), насосы «ин-лайн» для сухой установки (серии HS и TP) и погружные канализационные насосы для сухой установки.

Мы испытываем свои насосы в соответствии с международными стандартами, принятыми для оценки характеристик насосов.

Для проведения испытаний погружных насосов в контролируемых условиях требует наличие стационарного испытательного стенда, отвечающего требованиям стандартов проведения испытаний. Наш испытательный стенд снабжен всеми необходимыми трубопроводами и приборами для измерения давления, расхода и NPSH. В состав оборудования испытательного стенда также входят различные устройства регистрации измерений, а также компьютерное оборудование для обработки и представления результатов измерений.

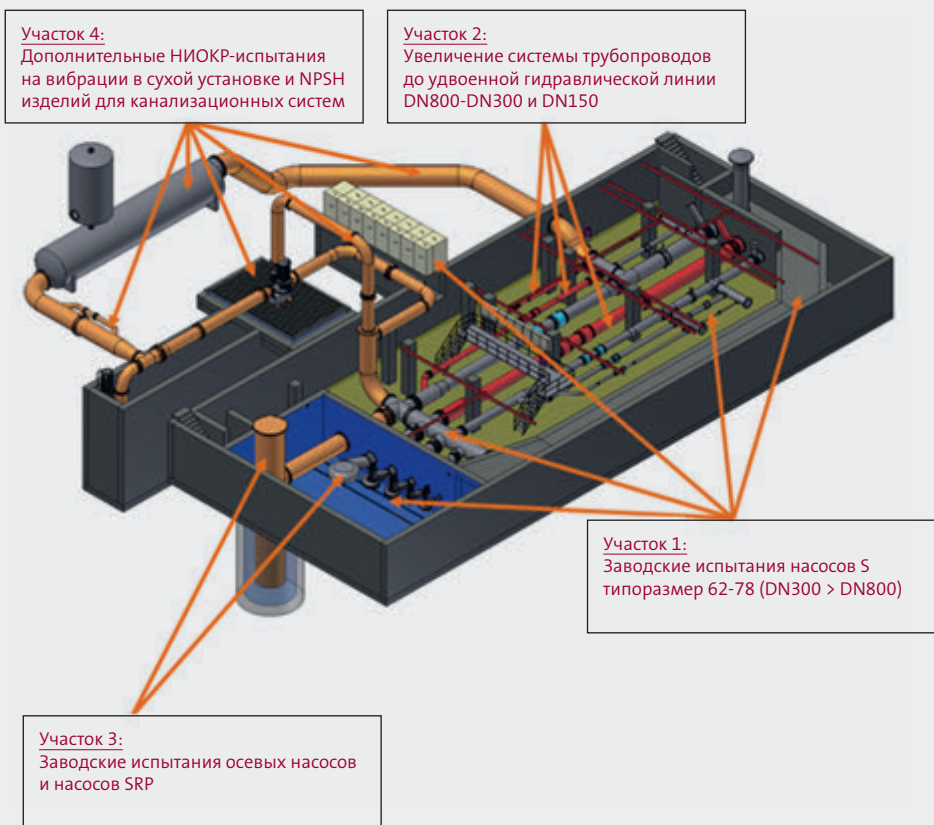


Рис. 1 Компоновка крупнейшего испытательного стенда Grundfos.

2. Характеристики испытательного стенда

Объем резервуара:	1 500 м ³
Максимальный напор насоса:	160 м
Максимальный расход:	9 000 м ³ /ч (с дальнейшим увеличением до 15 000 м ³)
Трубопроводная система:	DN300, DN400, DN500, DN600, DN800
Напряжение:	3 x 400 В или 3 x 690 В перем. тока
Питание:	до 1 200 А, 50 Гц или 60 Гц с регулируемой частотой вращения

Испытательный стенд насосов автоматизирован, поэтому оператору достаточно настроить насос в соответствии с параметрами испытаний, вся подготовка осуществляется под управлением программного логического контроллера (ПЛК) в фоновом режиме, в том числе выбор расходомера, регулировка расхода и пр. В состав электрической системы входит два частотно-регулируемых привода, которые могут обеспечить ток питания 1 200 А и номинальное напряжение до 690 В перем. тока. Эти системы позволяют проводить испытания с различной частотой вращения.



Рис. 2 Испытательный стенд для погружных канализационных насосов.

3. Характеристики испытательного стенда погружных канализационных насосов серии S

Диаметр напорного патрубка:	от DN125 до DN800
Минимальный расход:	30 м ³ /ч
Максимальный расход:	9 000 м ³ /ч
Минимальный гидростатический напор:	3 м
Максимальный гидростатический напор:	160 м
Минимальная мощность:	7,5 кВт
Максимальная мощность:	550 кВт



Рис. 3 Погружной канализационный насос серии S для установки на автоматическую муфту в испытательном стенде.

4. Характеристики испытательного стенда для погружных осевых насосов серий KPL и KWM

Диаметр трубы:	от DN500 до DN1400 (1600)
Минимальный расход:	30 м ³ /ч
Максимальный расход:	9 000 м ³ /ч
Минимальный гидростатический напор:	1 м
Максимальный гидростатический напор:	40 м
Минимальная мощность:	15 кВт
Максимальная мощность:	550 кВт

Для осевых насосов очищенных сточных вод и ливневых вод с расходомерной трубкой предусмотрен колодец глубиной 13 м и диаметром 1 600 мм для испытаний насосов серий KPL и KWM.



Рис. 4 Колодец для испытаний погружных осевых насосов серий KPL и KWM.

5. Виброиспытание

Для проведения виброиспытаний требуется специальное оборудование. Поэтому насосы устанавливаются на жесткий бетонный блок весом 250 тонн, что позволяет проводить испытания погружных насосов для сухой установки, насосов типа «инлайн» и насосов с разъемным корпусом с диаметром напорного патрубка от DN200 до DN800.



Рис. 5 Виброиспытания насоса с разъемным корпусом (не применяются для погружных канализационных насосов).

6. Стенд для испытания NPSH

Давление в системе на стороне сухой установки испытательного стенда может быть задано в диапазоне от вакуума 0,8 бар до 10 бар, что позволяет проводить испытания NPSH и строить кривую NPSH для насосов сухой установки.

Испытательный стенд для определения NPSH должен быть оснащен необходимыми трубами, клапанами и приборами, такими как:

- Приборы измерения давления на всасывающей и напорной стороне.
- Прибор считывания расхода жидкости.
- Измерение температуры перекачиваемой жидкости.
- Измерение барометрического давления.
- Измерение частоты вращения вала насоса.

На стороне всасывания установлен регулирующий клапан для постепенного снижения потока жидкости на всасе насоса и одновременного контроля расхода на напорной стороне насоса, чтобы провести измерения падения суммарного напора насоса.



Рис. 6 Трубопровод и измерительное оборудование, установленное ниже уровня пола.

7. Критерии испытаний в соответствии с высочайшими требованиями стандартов

Стандарт проведения приемочных испытаний гидравлических характеристик ISO 9906:2012 обеспечивает соглашение между компанией Grundfos, как производителя насосов, и нашими заказчиками на проведение приемочных испытаний насосов в наших испытательных лабораториях, расположенных в разных странах по всему миру.

Стандартом устанавливаются требования к измерительным системам, протоколам испытаний и процедурам испытаний, а также к правилам, определениям, терминологии и количественным показателям. Стандарт применяется к насосам любого размера, снабженным или не снабженным фитингами, и любым перекачиваемым жидкостям, обладающим свойствами чистой холодной воды.

Результаты испытаний являются положительными, только если находятся в допустимых пределах, указанных в стандарте. Допуски не являются жесткими, т.к. не существует идеальных литых или обработанных деталей, и каждое свойство может меняться.

Исполнения рабочего колеса насоса, корпуса насоса и установки в целом вместе с компонентами и приборами испытательного стенда способствуют возникновению разброса характеристик.

Поэтому стандарт ISO 9906:2012 является для наших заказчиков гарантией соответствия требованиям верификации рабочей точки расхода (Q) и напора (H), а также дополнительной верификации КПД (η и η_{gr}), мощности (P) и $NPSH_R$.

7.1. ОПИСАНИЕ КРИТЕРИЕВ ПРИЕМКИ

Критерии приемки (критерии допуска) устанавливаются напрямую между производителем и покупателем насоса или классом точности, если критерий приемки между производителем и покупателем не определен.

На европейском рынке приняты три уровня приемки:

- Классы 1B, 1E и 1U – допуски в узких пределах
- Классы 2B и 2U – широкий диапазон допусков
- Классы 3B еще более широкий диапазон допусков

где:

Классы 1В, 2В и 3В относятся к стандартным классам с двухсторонним диапазоном допусков.

Класс 1Е определяет допуски, измеренным в конкретной рабочей точке в узком двухстороннем диапазоне.

Классы 1U и 2U

«U» означает класс с односторонним допуском для расхода и напора. Класс 2U предусматривает допуск по КПД. Класс 1U не предусматривает допуск по КПД.

Для рынка США критерии допуска устанавливаются стандартом ANSI HI 1.6: 2011 Категория 1, Категория 2 или Категория 3.

Компания Grundfos предлагает класс испытаний 3В в качестве стандарта для погружных насосов, погружных насосов сухой установки, консольных и осевых канализационных насосов. Испытания в соответствии с классом 2В и 1В могут быть проведены по запросу.

Мы проводим испытания в собственных лабораториях, расположенных в разных странах мира, в присутствии независимых наблюдателей, с оформлением результатов испытаний в виде протокола, а также сертификацию испытанного оборудования. Мы гарантируем, что информация о характеристиках насоса будет храниться в электронном виде не меньше 5 лет.

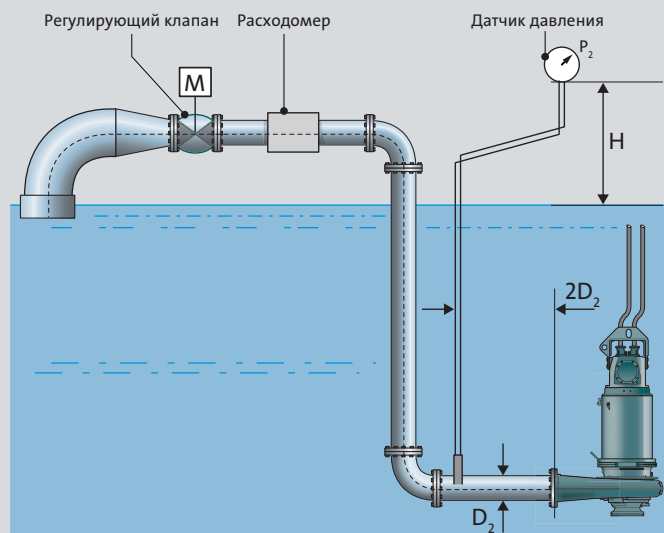


Рис. 7 Упрощенная иллюстрация испытаний расхода и напора стандартных промышленных насосов. Компонировка трубопровода обеспечивает идеальные и известные рабочие условия для снятия безошибочных показаний при помощи манометра и расходомера.

В соответствии с требованиями стандартов испытаний точка измерения давления должна находиться на расстоянии $2 \times D_2$ от напорного фланца насоса. Этот отрезок трубы должен быть прямым.

H_j = Необходимо рассчитать потери напора между точкой измерений и фланцем насоса.

Суммарный гидростатический напор насоса можно выразить как:

$$H = \frac{P_2}{\rho g} + Z_{1,2} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f$$

где:

$\frac{P_2}{\rho g}$ = показание манометра, измененное в соответствии с напором

$Z_{1,2}$ = высота установки манометра над уровнем воды

$\frac{V_2^2}{2g}$ = динамический напор насоса в точке измерения давления

$$V_2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_2^2}$$

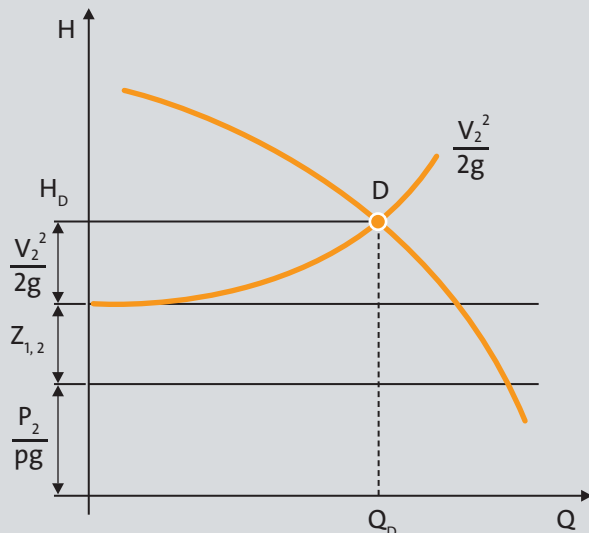


Рис. 8 При использовании кривой насоса для оценки рабочей точки необходимо добавить измеренный статический напор и динамический напор, чтобы получить кривую системы с рабочей точкой D.

8. Стандарты испытаний

Назначение стандартов испытаний — определить общий порядок испытаний насосов. Кроме того, стандартом также определяется порядок сравнения результатов испытаний с гарантированными значениями. Как правило, в состав стандартов входит следующая информация:

- Правила, определения и обозначения.
- Организации, проводящие испытания.
- Средства проведения испытаний.
- Точность измерений.
- Проверка гарантий.

Если не согласовано иное, стандартами испытаний устанавливаются следующие гарантированные значения:

8.1. ISO 9906:2012 (КЛАССЫ 1В, 2В И 3В)

Насосы с двигателями мощностью свыше 10 кВт:

- Рабочая точка Q/H
- КПД η или η_{gr}

Насосы с двигателями мощностью менее 10 кВт:

- Рабочая точка Q/H.
- КПД η .
- Потребляемая мощность двигателя P_{gr} (полный рабочий диапазон).

Серийно выпускаемые насосы, выбранные в соответствии с типовыми кривыми рабочих характеристик (Приложение А):

- Рабочая точка Q/H.
- КПД η .
- Потребляемая мощность насоса P.
- Потребляемая мощность двигателя P_{gr} .

Для испытаний в соответствии с Классом 1В требуется более высокая точность, тогда как Классом 2В определены менее жесткие допуски. Поскольку канализационные насосы обычно работают в повторно-кратковременном режиме, для таких насосов Класса 2В будет достаточно. Классом 3В предусмотрены наименее жесткие допуски. Классом 1В предназначена для испытаний точно регулируемых технологических насосов, работающих в непрерывном режиме.

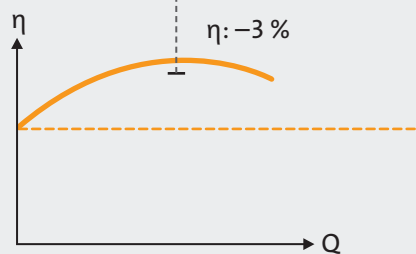
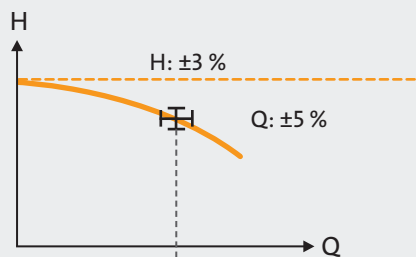


Рис. 9 Допуски в соответствии с Классом 1В. «В» относится к стандартным классам с двусторонним диапазоном допусков.

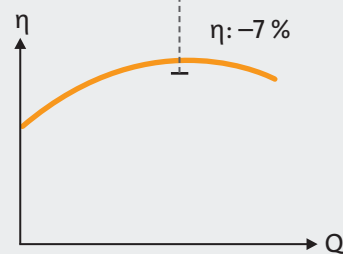
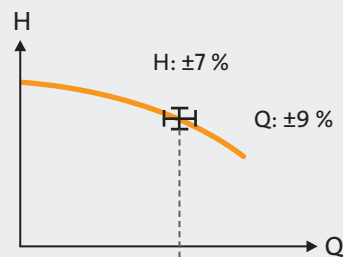


Рис. 11 Допуски в соответствии с Классом 3В. «В» относится к стандартным классам с двусторонним диапазоном допусков.

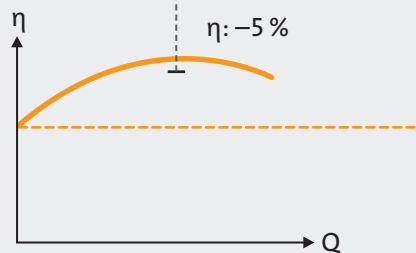
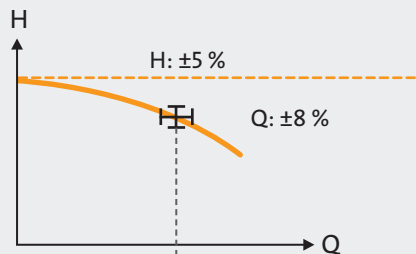


Рис. 10 Допуски в соответствии с Классом 2В. «В» относится к стандартным классам с двусторонним диапазоном допусков.

Для проверки гарантированных значений используется перекрестный метод. Принцип проверки показан на Рис. 12 и заключается в следующем:

Зона допуска ограничивается горизонтальной линией $\pm t_Q \cdot Q_G$ и вертикальной линией $\pm t_H \cdot H_G$, которые проведены через гарантированную точку Q_G, H_G .

Гарантия напора и расхода выполняется, если кривая измерений Q/H пересекает или, как минимум, касается вертикальной и/или горизонтальной линии.

КПД определяется следующим образом: находим точку пересечения кривой измерений Q/H и прямой линии, проходящей через рабочую точку Q_G, H_G и начало координат Q, H , затем чертим вертикальную линию до пересечения с кривой η .

Гарантированное значение КПД находится в допустимых пределах, если значение КПД в этой точке пересечения выше или равно $\eta_G (1-t_\eta)$.

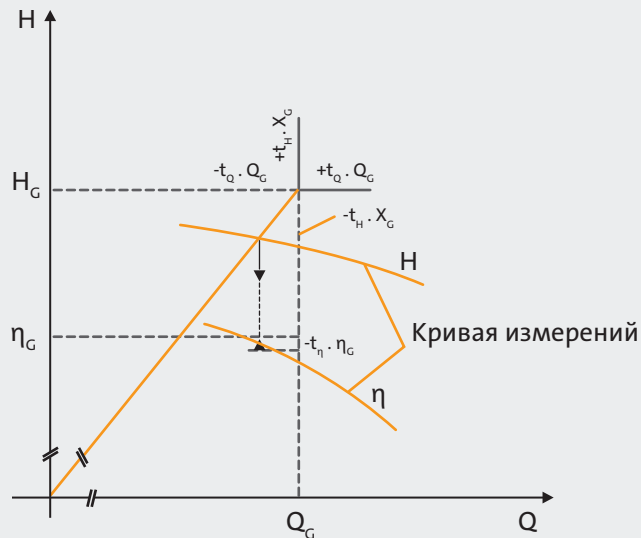


Рис. 12 Проверка гарантированной точки расхода, напора и КПД в соответствии с требованиями стандарта ISO 9906.

8.2. ISO 2548 (КЛАСС С)

- Рабочая точка Q/H
- КПД η или суммарный КПД η_{gr}

Серийно выпускаемые насосы, выбранные в соответствии с типовыми кривыми рабочих характеристик (Приложение В):

- Рабочая точка Q/H.
- Потребляемая мощность двигателя P_{gr} .

8.3. ISO 3555 (КЛАСС В)

- Рабочая точка Q/H
- КПД η или суммарный КПД η_{gr}

В этих стандартах указаны значения характеристик для определения допусков измеренных параметров.

Если гарантированные значения необходимо указать в спецификациях или в договорах продажи, в соответствии со стандартами испытаний достаточно указать следующие параметры:

- Рабочая точка Q/H.
- КПД η или суммарный КПД η_{gr} .

Перед началом испытаний необходимо согласовать используемый стандарт испытаний и требуемую рабочую точку насоса.

В соответствии со стандартами испытания необходимого NPSH насоса не являются обязательными и выполняются только по требованию заказчика. Стандартом испытаний ISO 9906 устанавливаются классы точности для испытания необходимого значения NPSH. Стандартами испытаний ISO 2548 и ISO 3555 классы точности при испытаниях необходимого NPSH не установлены.

8.4. ISO 2548 (КЛАСС С) И ISO 3555 (КЛАСС В)

Стандарт ISO 2548 (Класс С) в целом соответствует стандарту ISO 9906 Класс 2, а стандарт ISO 3555 (Класс В) стандарту ISO 9906 Класс 1. Стандарт ISO 2548 применим к канализационным насосам.

В этих стандартах для проверки гарантированных значений используется графический метод эллипса. Принцип показан на Рис. 13. Проверка КПД проводится в соответствии с требованиями стандарта ISO 9906.

Принцип проверки показан на Рис. 13 и заключается в следующем:

Овальной зоной допуска с полуосями $Q_G X_G$ и $H_G X_H$ показан участок гарантированной рабочей точки с центром в точке пересечения Q_G, H_G .

Гарантия напора и расхода выполняется, если кривая измерений Q/H пересекает или, как минимум, касается эллипса.

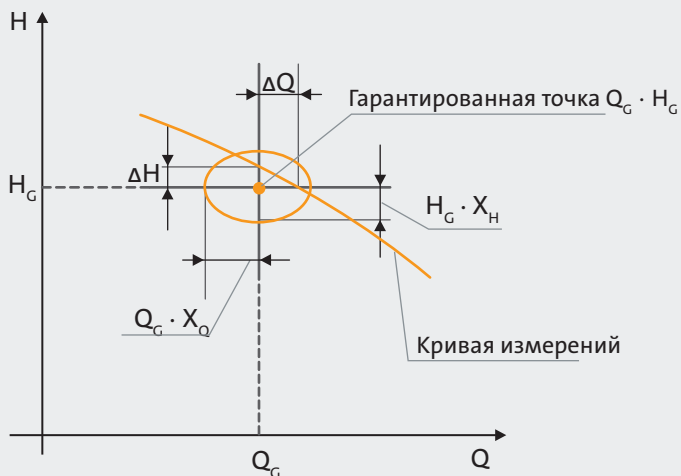


Рис. 13 Проверка гарантированной точки расхода и напора в соответствии с требованиями стандартов ISO 2548 и ISO 3555.

КПД определяется следующим образом: находим точку пересечения кривой измерений Q/H и прямой линии, проходящей через рабочую точку Q_G, H_G и начало координат Q, H , затем чертим вертикальную линию до пересечения с кривой η .

Гарантированное значение КПД находится в допустимых пределах, если значение КПД в этой точке пересечения выше или равно $\eta_G (1-t_\eta)$.

Компанией Grundfos разработан метод применения эллиптических зон допуска по стандарту ISO 2548, который позволяет упростить его использование во время числовых расчетов. Метод основан на использовании наклона касательной к кривой Q/H в точке проверки, он позволяет точно определить значения H_{\min} и H_{\max} в гарантированной точке расхода, чтобы выполнить условие эллипса.

9. Прочие стандарты испытаний

Многими странами опубликованы национальные стандарты, эквивалентные стандартам ISO. В США часто используется национальный стандарт испытаний, опубликованный Институтом гидравлики. Этот стандарт отличается от стандартов ISO системой допусков.

10. Допустимые отклонения фактической производительности

Максимальное возможное отклонение от гарантированной рабочей точки состоит из неточностей технологии измерений и допусков. Стандартами испытаний установлены требования к точности измерительных приборов и ориентировочных значений допусков.

Максимальное возможное фактическое отклонение от необходимого объемного расхода также зависит от формы характеристической кривой системы и положения рабочей точки на кривой Q/H характеристик насоса.

В соответствии со стандартами ISO 9906, Класс 2B и ISO 2548 отклонение от оптимальной точки может составлять $\pm 3-10\%$, в зависимости от формы основной кривой.

В соответствии со стандартом ISO 9006, Класс 1B и стандартом ISO 3555 отклонение составляет $\pm 2-6\%$. Если рабочая точка находится в нижней части диапазона расхода, а кривая характеристики системы — пологая, отклонения вверх могут быть намного больше.

Нормальные отклонения КПД насоса в соответствии со стандартами испытаний ISO следующие:

- ISO 9906, Класс 2B—5 %
- ISO 2548—5 %
- ISO 9906, Класс 1B—3 %
- ISO 3555—2,8 %

Это пропорциональные значения, а не проценты.

Для перекачивания сточных вод допуски \pm в соответствии со стандартами ISO 9906, Класс 2B и ISO 2548 являются вполне приемлемыми. Они также сравнимы со стандартными отклонениями в производстве. Если существуют дополнительные требования к допускам, они могут повлечь за собой дополнительные затраты в процессе производства и задержку поставки. Опубликованные кривые канализационных насосов соответствуют этим стандартам.

11. Приемно-сдаточные испытания

Приемо-сдаточные испытания насоса — это процедура, цель которой подтвердить, что характеристики насоса соответствуют данным, указанным компанией Grundfos в каталогах или спецификациях к контрактам.

Существует два метода проведения приемно-сдаточных испытаний: 1) в процессе производства и 2) в присутствии заказчика или его представителя после завершения процесса производства.

Стандартами испытания устанавливаются два основных принципа:

- Испытания насоса в соответствии с рабочей точкой, согласованной на момент начала производства
- Испытания насосов проводятся в любой точке кривой, опубликованной для насоса

Эта практика применяется к насосам серийного производства и допуски на них шире, чем на насосы специального исполнения.

Компания Grundfos выполняет производственные испытания всех насосов серийного производства на множестве точек кривой или в трех отдельных точках.

Эти три точки находятся с обоих концов допустимого участка кривой насоса, а также в середине кривой.

Стандартами испытаний не регламентируются действия в случае выхода насоса из допустимого диапазона. Стороны должны согласовать действия в случае возникновения таких проблем в момент покупки или позднее.

12. Протокол испытаний

После испытаний каждого насоса распечатывается протокол испытаний, который прикладывается к насосу. Результаты испытаний насосов хранятся в базе данных компании Grundfos.

The figure shows three pages of a test report for a pump, titled "Test Report for Pump - Verification Of Duty Point ISO 9906:2012 Grade IU".

Page 1 (Left): Contains header information (Customer, Serial number, Date, Task) and a table of test conditions for various parameters like Voltage, Frequency, Average current, Maximum flow, etc. It also includes a list of calculated values such as Total efficiency and specific energy consumption.

Page 2 (Middle): Features two performance graphs. The top graph, "Measured values for tested pumps", plots Head (m) on the y-axis (8.0 to 16.0) against Q (m³/h) on the x-axis (500 to 2300). The bottom graph plots Efficiency (%) on the y-axis (0 to 100) against Q (m³/h) on the x-axis (500 to 2300). Both graphs show data points and trend lines for three different pump models.

Page 3 (Right): Contains a "Result" table with columns for Q (m³/h), P (m), η_{TOT} (%), η_{EFF} (%), and Q_{EFF} (m³/h). Below it is a "Summary of verification" table comparing measured values with ISO 9906:2012 Grade IU limits. A "Head comparison" table follows, and the page ends with a note: "Additionally, during manufacturing the following tests have been carried out: Tightness of the motor, winding insulation test, High voltage test according to IEC 60529-1, Noise test, Insulation resistance test, Earth continuity test."

Рис. 14 Протокол испытаний насоса на трех страницах.

13. Испытания по всему миру

Мы проводим испытания насосов в собственных лабораториях, расположенных в разных странах мира, на соответствие Классам 1В, 2В или 3В. И оборудование, и процедуры находятся под контролем независимых экспертов.

Также возможно проведение испытаний в присутствии заказчика. Если заказчики хотят проверить характеристики своих насосов до отгрузки с завода, мы предлагаем им присутствовать на испытаниях, или они могут следить за ходом испытаний на экранах компьютеров на своих рабочих местах.

Испытательные лаборатории Grundfos:

ДАНИЯ — Олеструп

ДАНИЯ — Бьеррингбро

ВЕНГРИЯ — Секешфехервар

США — Чикаго

США — Хьюстон

КИТАЙ — Уси

КИТАЙ — Сучжоу

КОРЕЯ — Кванджу

СИНГАПУР



be think innovate

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

GRUNDFOS 

70267333 0819
Возможны технические изменения.
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. © 2019 Grundfos Holding A / S, все права защищены.