

**SP**  
ТЕХНИЧЕСКОЕ  
РУКОВОДСТВО



---

**SP**  
ТЕХНИЧЕСКОЕ  
РУКОВОДСТВО

<b>1</b>	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	
<b>2</b>	<b>ВОДОСНАБЖЕНИЕ</b>	<b>8</b>
2.1	Ресурсы	9
2.2	Грунтовые воды	9
2.2.1	Скважины	9
2.2.2	Водозабор руслового типа	9
2.2.3	Потребность в грунтовых водах	10
2.2.4	Требуемый объем скважинной воды и номинальная мощность системы водоподготовки	11
2.2.5	Производительность и коэффициент использования скважины	12
2.3	Поверхностные воды	14
2.3.1	Из источников пресной воды	14
2.3.2	Из источников морской воды	14
<b>3</b>	<b>ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ</b>	<b>16</b>
3.1	Подача пресной воды	17
3.2	Откачка воды	19
3.2.1	Горнодобывающая промышленность	19
3.3	Горизонтальное применение	20
3.4	Воздух/газ в воде	20
3.5	Кавитация	21
3.5.1	Глубина установки	22
3.6	Гидравлический удар	24
3.7	Агрессивная вода (морская вода)	25
3.8	Горячие грунтовые воды и геотермальная вода	26
3.9	Бустерные модули	27
<b>4</b>	<b>НАСОСЫ</b>	<b>28</b>
4.1	Принципы работы насосов	29
4.2	Изнашиваемые детали	30
4.3	Выбор насоса	30
4.4	Кривые рабочих характеристик	31
4.5	Энергопотребление	32
<b>5</b>	<b>ДВИГАТЕЛИ И УПРАВЛЕНИЕ</b>	<b>36</b>
5.1	Типы двигателей, общее описание	37
5.2	Кабели и кабельные соединения	39
5.3	Устройства защиты электродвигателя	40
5.4	Методы снижения пусковых токов	40
5.4.1	Метод прямого включения — DOL	40
5.4.2	Схема включения «звезда-треугольник» — SD	42
5.4.3	Метод включения электродвигателя через пусковой трансформатор — AF	43
5.4.4	Главное устройство пуска резистивного типа, RR	43
5.4.5	Плавный пуск электродвигателя — SS	43
5.4.6	Пуск с помощью преобразователя частоты — FC (частотно-регулируемый привод)	44
5.5	Эксплуатация с частотным преобразователем	46
5.6	Частотно-регулируемый привод CUE для насосов SP	47
<b>6</b>	<b>ПИТАНИЕ</b>	<b>50</b>
6.1	Выработка электроэнергии	51
6.2	Напряжение	51
6.2.1	Асимметрия напряжений	51
6.2.2	Низкое и высокое напряжение	51
6.3	Частота	52
6.4	Частотно-регулируемые приводы	52
6.5	Подключение к сети	53
6.6	Асимметрия токов	54

<b>7</b>	<b>УСТАНОВКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ</b>	<b>58</b>
7.1	Скважины и условия их эксплуатации	59
7.2	Глубина спуска насоса	60
7.3	Выбор насоса и электродвигателя	60
7.3.1	Рабочая точка	60
7.3.2	Диаметр скважины	61
7.3.3	Дебет скважины	61
7.3.4	КПД насоса	61
7.3.5	Температура воды	64
7.3.6	Снижение номинальной мощности погружных электродвигателей	65
7.3.7	Защита от перегрева электродвигателя	65
7.3.8	Кожух охлаждения	65
7.4	Выбор напорного трубопровода	66
7.5	Выбор и определение размеров кабеля	67
7.6	Техническое обслуживание	69
7.6.1	Сборка насоса/электродвигателя	69
7.6.2	Соединение силового и ответвительного кабелей	69
7.6.3	Соединения напорного трубопровода	69
7.7	Параллельная эксплуатация насосов	70
7.8	Последовательная работа насосов	70
7.9	Число пусков/остановов	71
7.10	Пуск насоса	71
7.11	Эксплуатация с частотно-регулируемым электроприводом	71
7.12	Работа генератора	71
<b>8</b>	<b>ОБМЕН ДАННЫМИ</b>	<b>74</b>
8.1	Назначение систем передачи данных	75
8.2	Системы SCADA	75
8.2.1	Основные компоненты SCADA	75
8.2.2	Функции SCADA	75
8.2.3	SCADA на веб-сервере	76
8.3	Основы сетевой работы	77
8.3.1	Сетевая топология	77
8.3.2	Протокол связи	78
8.3.3	Функциональный профиль	78
8.3.4	Промышленная шина	78
8.4	GENIbus	78
8.4.1	Исходные данные	78
8.4.2	Указания по прокладке кабелей	79
8.5	Изделия Grundfos GENIbus для насосов SP	80
<b>9</b>	<b>ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ</b>	<b>82</b>
<b>10</b>	<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</b>	<b>84</b>
10.1	Кожухи охлаждения	85
10.2	Защита от коррозии в морской воде	85
10.2.1	Катодная защита	85
10.2.2	Системы гальванической катодной защиты	86
10.2.3	Системы катодной защиты подачей тока	86
10.3	Ответвительные кабели	87
10.4	Концевая заделка кабеля	87
10.5	Напорные трубопроводы	88
10.6	Соединение труб	88
10.7	Защита электродвигателя	88
10.8	Частотный преобразователь CUE	88
<b>11</b>	<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b>	<b>90</b>
	АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	92



1  
ВВЕДЕНИЕ

GRUNDFOS®

## Действуем в общих интересах

Настоящее техническое руководство было разработано с особым акцентом на самой популярной серии насосов SP от компании Grundfos. Созданная в конце 1960-х годов, эта линейка насосов стала прорывом, который определил новые стандарты долговечности, эффективности и проектирования из тонкостенной листовой стали. Современное разнообразие типов, размеров и конфигурации насосов выступает доказательством инновационной природы исходных насосов SP.

Ежедневная работа с насосами SP нередко порождает множество различных вопросов. Мы создали данное техническое руководство, чтобы помочь вам быстро и без лишних усилий найти ответы на многие из них. Мы преследуем общие интересы и стремимся предоставить всем нашим клиентам наилучшие решения и обслуживание.

Третье издание технического руководства по насосам серии SP содержит большое количество изменений и дополнений, которые, в первую очередь, описаны в главе 8 касательно средств передачи данных. Кроме того, изменения коснулись и нашу программу по двигателям.

Обратите внимание, что данное руководство является дополнением и не заменяет каталоги и руководства по монтажу изделий. Всегда следует использовать самые последние редакции этих документов.

Мы потратили немало времени и усилий, чтобы сделать данный документ максимально простым и понятным. Однако мы понимаем, что нам всегда есть куда стремиться, поэтому мы ждем ваших замечаний. Если вы хотите внести интересующие вас темы в будущие издания, обратитесь к местному представителю Grundfos.

Мы искренне надеемся, что данное руководство будет полезным в вашей работе с насосами SP.



Кент Х. Нильсен  
Директор глобальной линейки продуктов  
Grundfos Holding A/S



2  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ



## 2.1 РЕСУРСЫ

Объем воды в мире остается постоянным. Меняются местоположение, качество, состояние воды, но не ее количество. Примерно 97,5% всей воды приходится на моря и океаны. Пресная вода составляет оставшиеся 2,5%, две третьих объема которых закованы в ледниках, полярных шапках и снежном покрове. Только менее 1% всей воды в мире доступно из различных источников для использования человеком в своих целях.

К источникам относятся:

- грунтовые воды, мелкие или глубокие водоносные горизонты,
- поверхностные воды, реки или озера.

Если пресная вода недоступна, морская или загрязненная вода проходят очистку и опреснение.

## 2.2 ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ

Возраст грунтовых вод обычно составляет от 25 до 10 000 лет. Прежде чем попасть в водоносный горизонт, вода, проходя через различные слои грунта, подвергается естественной фильтрации и биологической очистке. В этой связи грунтовые воды, как правило, обладают высоким качеством и практически не требуют очистки перед употреблением.

### 2.2.1 Скважины

Грунтовых вод с запасом хватает для систем орошения и водоснабжения, обслуживающих до 500 000 потребителей и близлежащие промышленные объекты. Обычный размер незагрязненных водоносных горизонтов составляет более 600 км<sup>2</sup>. Самый экологически чистый, безопасный и надежный способ производства воды — бурение от 75 до 150 насосных скважин, ведущих к различным водоносным горизонтам, залегающим на разной глубине. Если водопродовные сооружения обслуживают более 1 млн потребителей, необходимо рассмотреть дополнительный источник, например, водозабор из рек, прибрежный водозабор или опреснение.

В процессе добычи питьевой воды отдельные скважины необходимо углублять до менее загрязненных грунтовых вод. Оросительные скважины могут использовать слегка загрязненную воду из верхнего или вторичного водоносных горизонтов. Уровень грунтовых вод меняется в зависимости от сезона, но его необходимо соблюдать в годовом выражении, поскольку максимальный выкачиваемый объем восполняется в течение года.

Снижение уровня грунтовых вод без возможности восстановления приводит к повышенному содержанию соли и прочих нежелательных веществ, что так или иначе приводит к проблемам в системе водоснабжения.

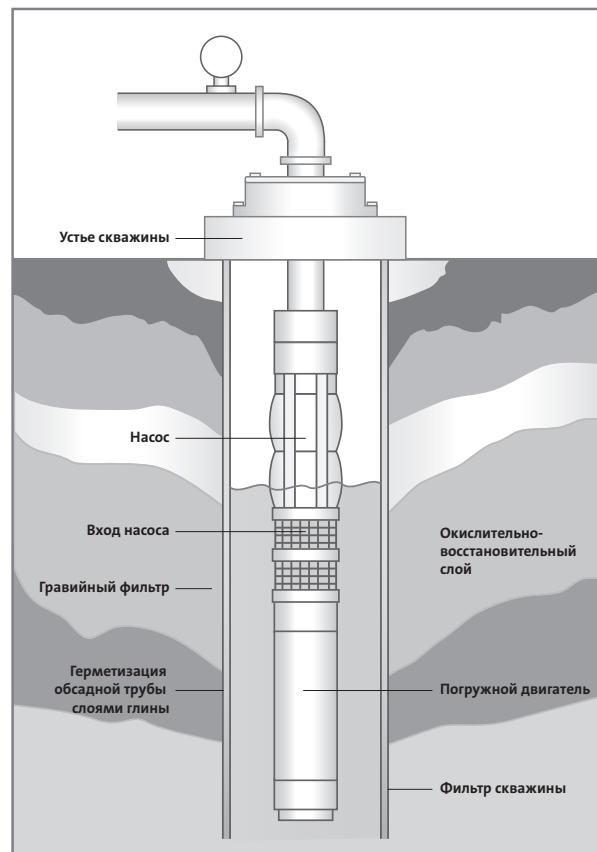


Рисунок 1 Скважина с погружным насосом для добычи грунтовых вод

### 2.2.2 Водозабор руслового типа

Этот метод позволяет естественным путем увеличить мощность установки прямого забора, выкачивая предварительно отфильтрованную грунтовой водой с помощью скважин, расположенных вблизи русла реки. Вода, прошедшая предварительную фильтрацию, требует меньше усилий по ее финальной очистке, а при понижении уровня воды в реке, забор производится из водоносного горизонта.

Каждый раз после паводка грязь/ил/отложения на берегу реки уносятся вниз по течению и частично заменяются на новые. Этот естественный процесс обеспечивает идеальные условия для сокращения уровня занесенных человеком энзимов, вирусов, бактерий, патогенов и пр. в добываемой воде на 90%. Во время паводков ближайшие водоносные горизонты также заполняются речной водой, где она хранится в готовом виде для скважинного



водозабора, когда уровень воды в реке опускается во время сухого сезона.

Хранение речной воды в водоносных горизонтах снижает водную нагрузку на реку во время сухих сезонов.

Скважины на берегу реки можно сооружать по принципу скважин грунтовых вод, или в виде 7–8 метровых вертикальных стволов в русле реки. Они могут быть дополнены 8–12 стальными ситами или фильтрами для забора воды без примесей.

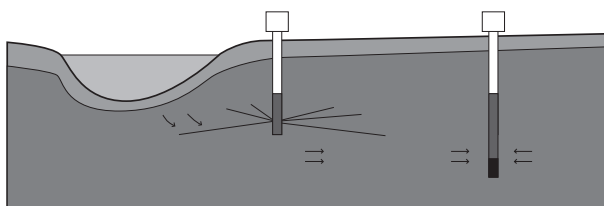


Рисунок 2 Скважины на берегу реки

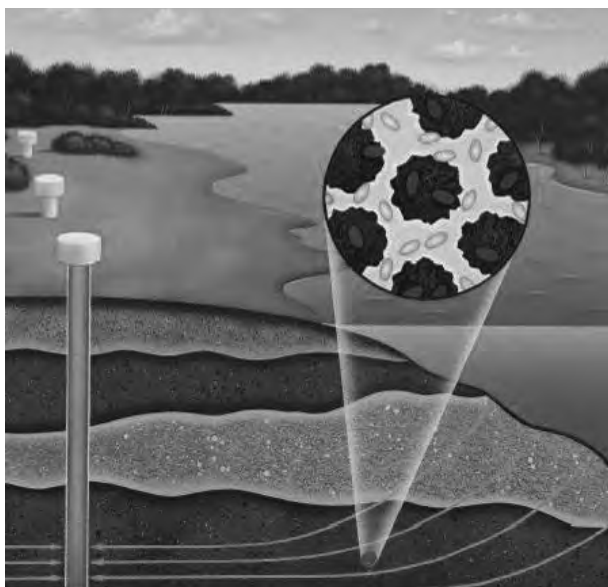


Рисунок 3 Естественная фильтрация при водозаборе руслового типа. Бактерии патогены и пр. остаются в грунте.

### 2.2.3 Потребность в грунтовых водах

Основанием для определения требований к грунтовым водам из группы скважин является оценка связи между объемом хранилища воды и объемом выработки очищенной воды по сравнению с максимальным и суточным потреблением.

Для определения пикового часового потребления перейдите на страницу MPC Booster в онлайн-инструменте Grundfos Product center, или изучите рисунки 4 и 5.

#### Требования к откачиванию

Вода используется множеством различных потребителей, каждый из которых потребляет воду в своих целях. Существует ряд методов расчета потребного расхода воды, как вручную, так и программных.

Таблицу ниже можно использовать для примерного расчета потребности в воде для:

- офисных зданий;
- жилых зданий, включая многоквартирные дома;
- торговых центров;
- больниц;
- отелей.

Категория	Количество водопотребителей	Средняя потребность, м <sup>3</sup> /ч
Жилые дома	2 000	70
Офисные здания	2 000	30
Торговые центры	2 000	55
Отели	1 000	110
Больницы	1 000	80
Максимальная пиковая нагрузка (теплый сезон)		345

Коэффициенты расчета суточного водопотребления:

- Минимальная нагрузка 100 водопотребителей: коэффициент 8.
- Минимальная нагрузка 30 водопотребителей: коэффициент 4.
- Минимальная нагрузка 10 водопотребителей: коэффициент 2,5.

Максимальное суточное водопотребление в этом примере составляет:  $8 \times 345 \text{ м}^3/\text{ч} = 2760 \text{ м}^3/\text{день}$ .

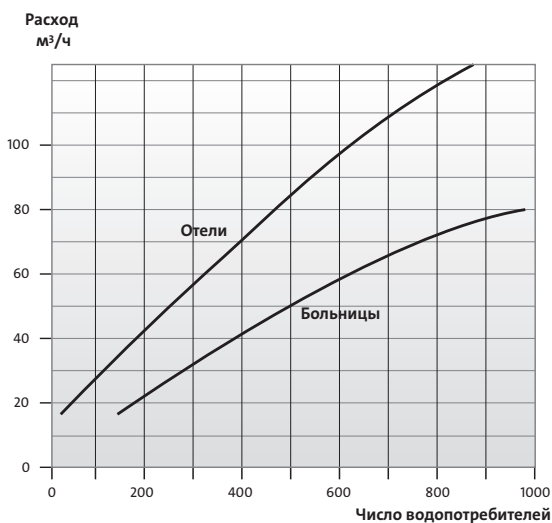


Рисунок 4 Максимальное потребление воды

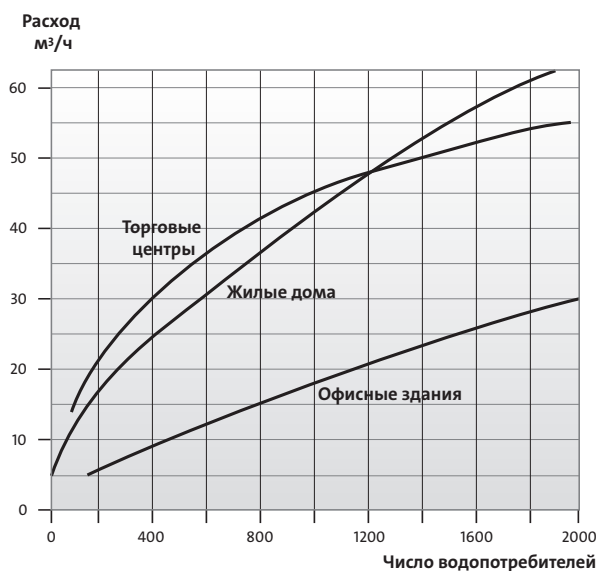


Рисунок 5 Максимальное потребление воды

Максимальное водопотребление в час можно преобразовать в расчетный дневной расход при помощи коэффициентов 8/4/2,5.

## 2.2.4 Требуемый объем скважинной воды и номинальная мощность системы водоподготовки

Связь между хранилищем воды и ежедневным расходом показывает долю ежедневного расхода, которая находится в хранилище. Зная эту долю, двигайтесь по горизонтали на рисунке 6, чтобы найти необходимую потребность в скважинной воде. Суточный расход, умноженный на долю выкачиваемой воды, дает необходимый объем для выкачивания из группы скважин.

Если на очистной установке отсутствует резервуар чистой воды или водонапорная башня, объем скважинной воды и очистки должен равняться максимальному потреблению в час, т.е.  $Q_{\text{сырой воды}} = 345 \text{ м}^3/\text{ч}$  в примере. (Максимальная нагрузка — теплый сезон).

Если на очистной установке присутствует резервуар чистой воды или водонапорная башня объемом  $2760 \text{ м}^3$ , пиковый расход обеспечивается резервуаром чистой воды. Это значит, что насосы могут работать непрерывно 24 часа в сутки с расходом  $2760/24 \text{ м}^3/\text{ч} = 115 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Полезный объем резервуара чистой воды и/или водонапорной башни и максимальная емкость очистной установки являются важнейшими факторами при расчете капитальных затрат на размещение скважин для добычи грунтовой воды.

Рассмотрим пример, в котором имеется резервуар чистой воды объемом  $1600 \text{ м}^3$ . Это значит, что в резервуаре содержится  $1600/2760 \times 100 = 58\%$  дневной потребности.

При максимальном пиковом расходе  $345 \text{ м}^3/\text{ч}$  и максимальном суточном  $2760 \text{ м}^3/\text{день}$  при полезном объеме бака чистой воды  $1600 \text{ м}^3$ , расход сырой воды должен составлять минимум  $2760 \times 7,6/100 = 210 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Значение 7,6 получено из рисунка 6. Это дает максимальное время работы насосов сырой воды  $2760/210 = 13 \text{ часов/день}$ .

Расход  $210 \text{ м}^3/\text{ч}$  разделяется между тремя-четырьмя скважинами. Если скважин меньше, необходимо выполнить резервную установку.

Объем резервуара чистой воды, выраженный в процентах к ее суточной потребности:

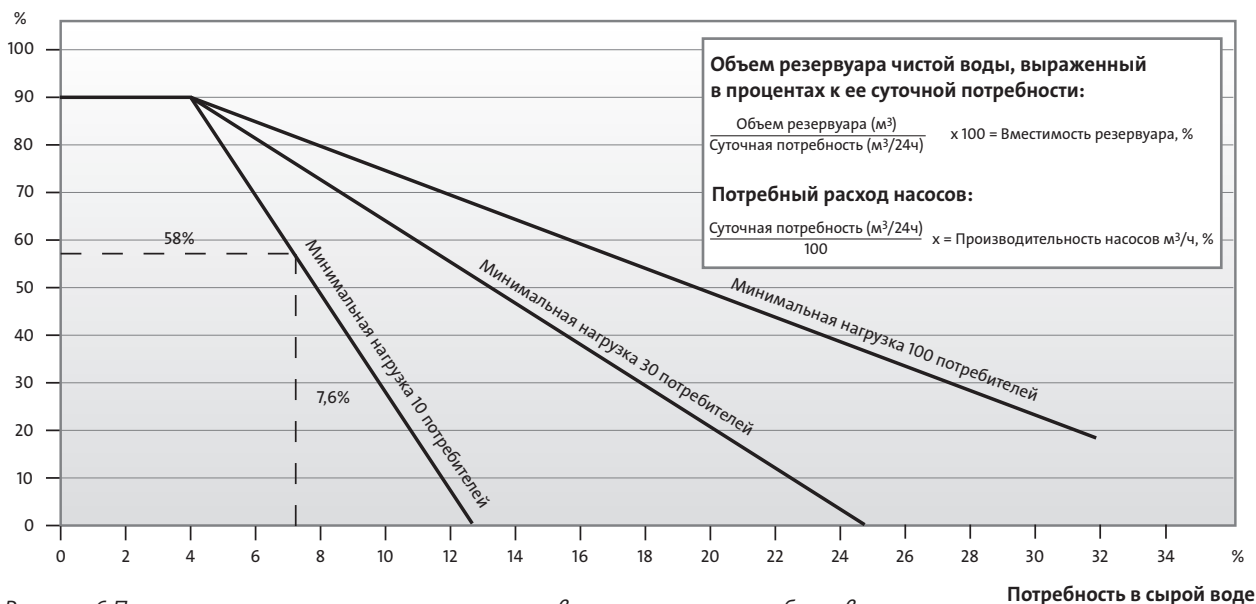


Рисунок 6 Процентное соотношение между производительностью добычи воды из скважины (м<sup>3</sup>/ч) и ее суточной потребностью (м<sup>3</sup>/день)

### 2.2.5 Производительность и коэффициент использования скважины

Каждая скважина характеризуется производительностью, выраженной в м<sup>3</sup>/ч на каждый метр снижения уровня выкачиваемой воды. Зная потребный расход в неочищенной воде, можно нагрузить каждую скважину таким образом, чтобы получить наименьшее среднее снижение уровня выкачиваемой воды в резервуаре. Чем меньше снижение уровня воды, тем меньше общий напор. Чем меньше перепад напряжения в кабелях питания, тем выше коэффициент использования.

- Чрезмерное откачивание приведет к сильному снижению уровня грунтовых вод. Это вызывает окисление, приводящее к образованию ржавчины, которая может засорить фильтр скважины и насос. Как следствие, это приводит к повышению эксплуатационных расходов на восстановление скважины и к возможному сокращению ее срока службы.
- Чрезмерное откачивание приводит к снижению уровня воды в горизонте, что может способствовать химическим превращениям и осаждению тяжелых металлов. Попадание нитратов и пестицидов в воду может привести к повышению расходов на водоочистку.

Увеличение расхода воды часто приводит к увеличению мощности или длительности работы насосов.

Самым частым случаем чрезмерного откачивания из скважины или водоносного горизонта является увеличенный расход воды. Это покрывается увеличением мощности или длительности работы существующих погружных насосов без увеличения водосборной площади или количества скважин.

#### Нагрузка на водоносный горизонт

При выкачивании с постоянным расходом в течение нескольких часов, динамический уровень воды в скважине должен оставаться примерно одинаковым. Если уровень значительно уменьшается, это значит, что объем выкачиваемой воды превышает объем поступающей. Если уровень падает год от года, объем выкачиваемой воды необходимо уменьшить и использовать воду из других горизонтов.

#### Нагрузка на скважину

Во время испытательного откачивания объем воды повышается через определенные интервалы, что приводит к снижению динамического уровня воды. Если изобразить на графике снижение уровня воды в скважине в зависимости от увеличения откачивания, получится грубая парабола.

**Линейное снижение уровня при умеренном расходе**

При умеренном расходе типовое увеличение расхода воды на  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$  приводит к практически линейному понижению уровня воды в скважине на  $10 \text{ см}/\text{м}^3$ .

Увеличение откачивания с  $10$  до  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$  приведет к снижению уровня воды примерно на  $1 \text{ м}$ .

Увеличение откачивания с  $10$  до  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  приведет к снижению уровня воды примерно на  $2 \text{ м}$ .

При умеренном расходе, кривая снижения уровня воды будет близка к прямой линии, поскольку увеличенное снижение уровня воды обусловлено сопротивлением фильтра потока.

**Параболическое снижение уровня воды при большом расходе**

При возрастающем расходе прогрессивно увеличивающееся сопротивление трения в фильтре и горизонте приводит к снижению уровня воды, которое можно проиллюстрировать параболой второго порядка. Это означает постепенное падение уровня воды в скважине при увеличении откачивания.

Увеличение откачивания с  $80$  до  $90 \text{ м}^3/\text{ч}$  дает дополнительное понижение уровня воды примерно на  $5 \text{ м}$ ; с  $80$  до  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  — около  $11 \text{ м}$ , т.е., гораздо больше, чем при умеренном расходе. Самая низкая нагрузка на скважину имеет место, когда кривая понижения уровня воды растет постепенно из прямой.

Если дебет скважины недостаточен для удовлетворения потребности в воде, даже при длительной работе, необходимо выполнить следующее:

- Пригласить специалиста изучить проблему.
- Пробурить вспомогательную скважину.

Обратите внимание, что правила и стандарты могут меняться в зависимости от страны.

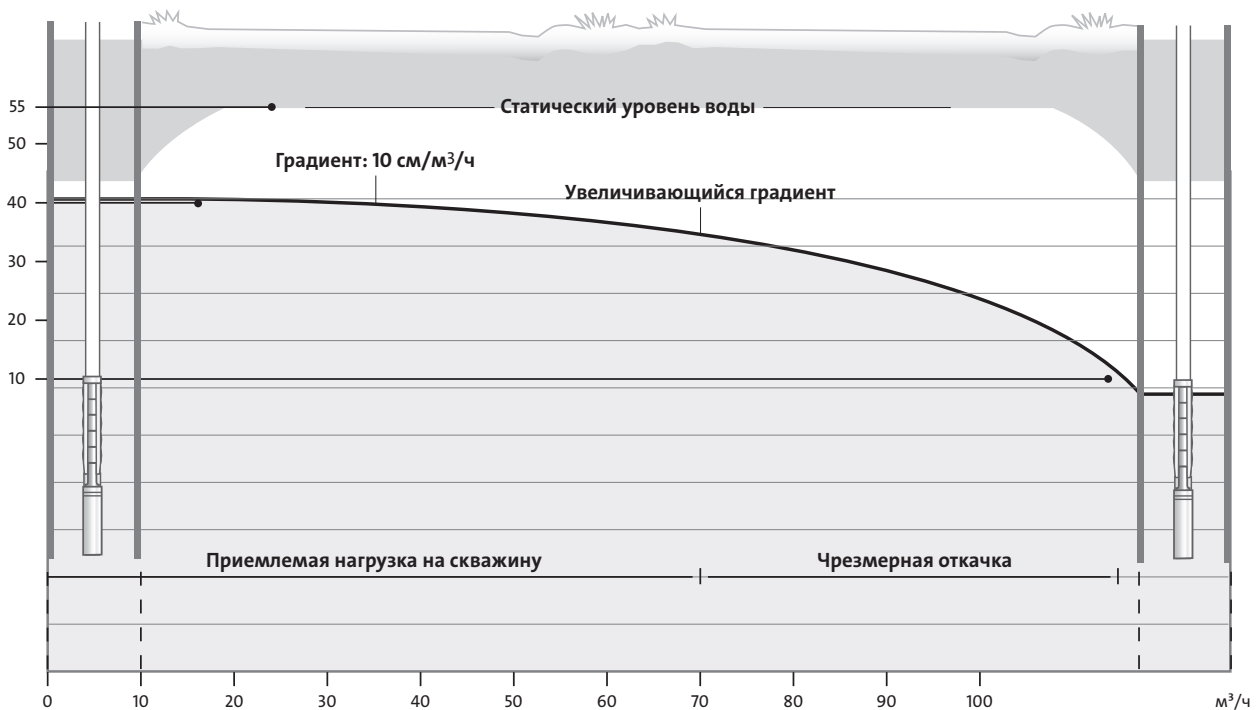


Рисунок 7 Динамическое изменение уровня воды при испытательном откачивании

## 2.3 ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

### 2.3.1 Из источников пресной воды

Поверхностные воды обычно берутся из озер или рек. В отличие от грунтовых вод, они не защищены от воздействия природы или человека, поэтому всегда требуют очистки. Уровень и качество поверхностных вод меняются в зависимости от сезона. Например, после сильного ливня или таяния снега, течение уносит огромное количество твердых веществ и песка.

Во избежание негативных последствий при окончательной очистке воды твердые и абразивные минералы, а также материалы, подверженные биоразложению, необходимо осадить или отфильтровать перед забором. Погружные насосы идеально подходят в случае периодического неуправляемого повышения уровня воды. Обратите внимание, что кабели питания и электрическое оборудование необходимо устанавливать в сухих местах.

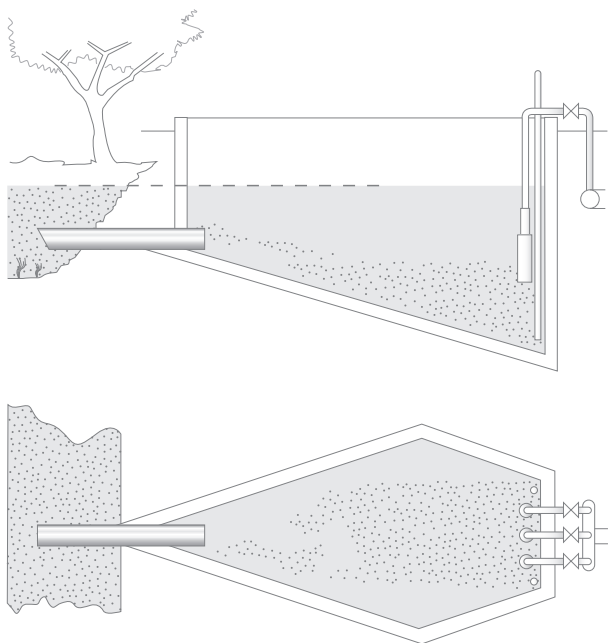


Рисунок 8 Принцип работы отстойника

Для стационарных установок рекомендуется использовать естественную прибрежную фильтрацию через песок или гальку в бассейны для дальнейшего водозабора или в скважины на берегу. Такая природная фильтрация улучшает качество воды и экономит до 20 % энергии, химикатов и времени при окончательной очистке.

Во время прямого забора воды и стандартной очистки, в связанные трубопроводы и резервуары попадет только микроскопическая разнообразная биодинамически сбалансированная фауна, которая может включать в себя как одноклеточные, так и микроскопические патогенные организмы. Эту фауну необходимо устранить при помощи большого количества хлора. В холодное время года, когда химические реакции протекают очень медленно, прямой водозабор требует превышения расхода химикатов.

### 2.3.2 Из источников морской воды

Прибрежный забор морской воды необходимо устанавливать в местах с наименьшим содержанием соли. В береговой зоне, лежащей выше уровня максимального прилива, большой объем воды испаряется, что повышает содержание соли в оставшейся воде. На деле, содержание соли может повыситься в два раза.

Чтобы обеспечить минимальное содержание соли, возникает необходимость переместить водозабор на сотни метров от береговой зоны, лежащей выше уровня максимального прилива. Такой способ водозабора предпочтителен в том случае, когда пропускная способность системы превышает 1000 м<sup>3</sup>/ч.

Если пропускная способность системы ниже 1000 м<sup>3</sup>/ч, рекомендуется использовать устойчивые к коррозии инфльтрационные прибрежные скважины. Эти установки обеспечивают экономию до 20 % на обслуживании, ремонте, энергопотреблении и химикатах для установки обессоливания.

Прибрежные водозаборные скважины морской воды разрабатываются по принципу водозаборных скважин на берегу реки, но с повышенной защитой от коррозии, чтобы противостоять воздействию солей.





3  
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ



### 3.1 ПОДАЧА ПРЕСНОЙ ВОДЫ

Самым частым применением погружных насосов является подача пресной воды для питьевых целей, на различные сельскохозяйственные и промышленные нужды. В каждом отдельном случае достаточно хорошие результаты демонстрируют насосы различных конструкций, произведенные из различных материалов.

Для стандартных задач очевидным выбором являются насосы Grundfos SP из нержавеющей стали EN1.4301/AISI 304. Насос прослужит долгие годы, если разработка и монтаж скважины выполнены правильно, и производится забор чистой воды без песка.

Однако в некоторых случаях подачи воды для скота и орошения качество воды настолько низкое, что насосы из стандартной нержавеющей стали не прослужат долго. В этих случаях можно использовать насос из нержавеющей стали согласно EN1.4401/AISI 316 или EN1.4539/AISI 904L.

На схемах ниже приведена оценка временных диапазонов на проведение мероприятия по техническому обслуживанию насосов. Они включают в себя:

- рекомендуемые периоды обслуживания вследствие износа;
- расчетную стоимость ремонта;
- потерю эффективности во время обслуживания.

Обратите внимание, что на схемах не показано снижение эффективности, вызванное засорением отложениями или окалиной.

#### Интервалы обслуживания погружных насосов

Погружные насосы, как и многие другие, подвержены износам. Но, к сожалению, их расположение под землей затрудняет контроль износа. Схема на следующей странице позволит рассчитать следующее:

- Когда необходимо выполнить обслуживание погружного насоса?
- На какой процент уменьшился КПД с момента последнего обслуживания?
- Сколько будет стоить обновление (примерная стоимость)?

Необходимо заранее определить множество параметров, среди которых:

- Скорость воды на элементе, который необходимо испытать.
- Характеристики материалов насоса и окружающей среды.
- Присутствие или отсутствие в перекачиваемой воде твердых веществ и агрессивного диоксида углерода.



Представленный ниже график может помочь в определении интервалов обслуживания погружных насосов. Для определения интервалов, необходимо выполнить следующие действия:

1. Отметить точку 1 на кривой А. Кривая выбирается согласно материалу насоса и условиям среды, указанным в обозначениях к графику.
2. Провести параллельную прямую вправо. Потеря материала рабочего колеса примерно 0,18 мм на 1000 часов работы (точка 2).
3. Далее из точки 2 необходимо продлить линию, пока не достигните прямой дифференцирования, соответствующую содержанию агрессивного CO<sub>2</sub> и материалу детали насоса. Отметьте условия на примере (точка 3).

4. Из точки 3 под углом 90° проведите прямую линию вниз. Содержание агрессивного CO<sub>2</sub> увеличило потерю материала до 0,25 мм. Отметьте уровень соли в воде (точка 4). Проведите горизонтальную линию через эту точку; идите по ней влево и считывайте результаты.
5. Рекомендуемые интервалы обслуживания вашего насоса: спустя каждые 6 000 часов работы (точка 5).
6. Потеря КПД: примерно 18 % (точка 6).
7. Примерная стоимость обновления насоса: 75% стоимости нового агрегата (точка 7).

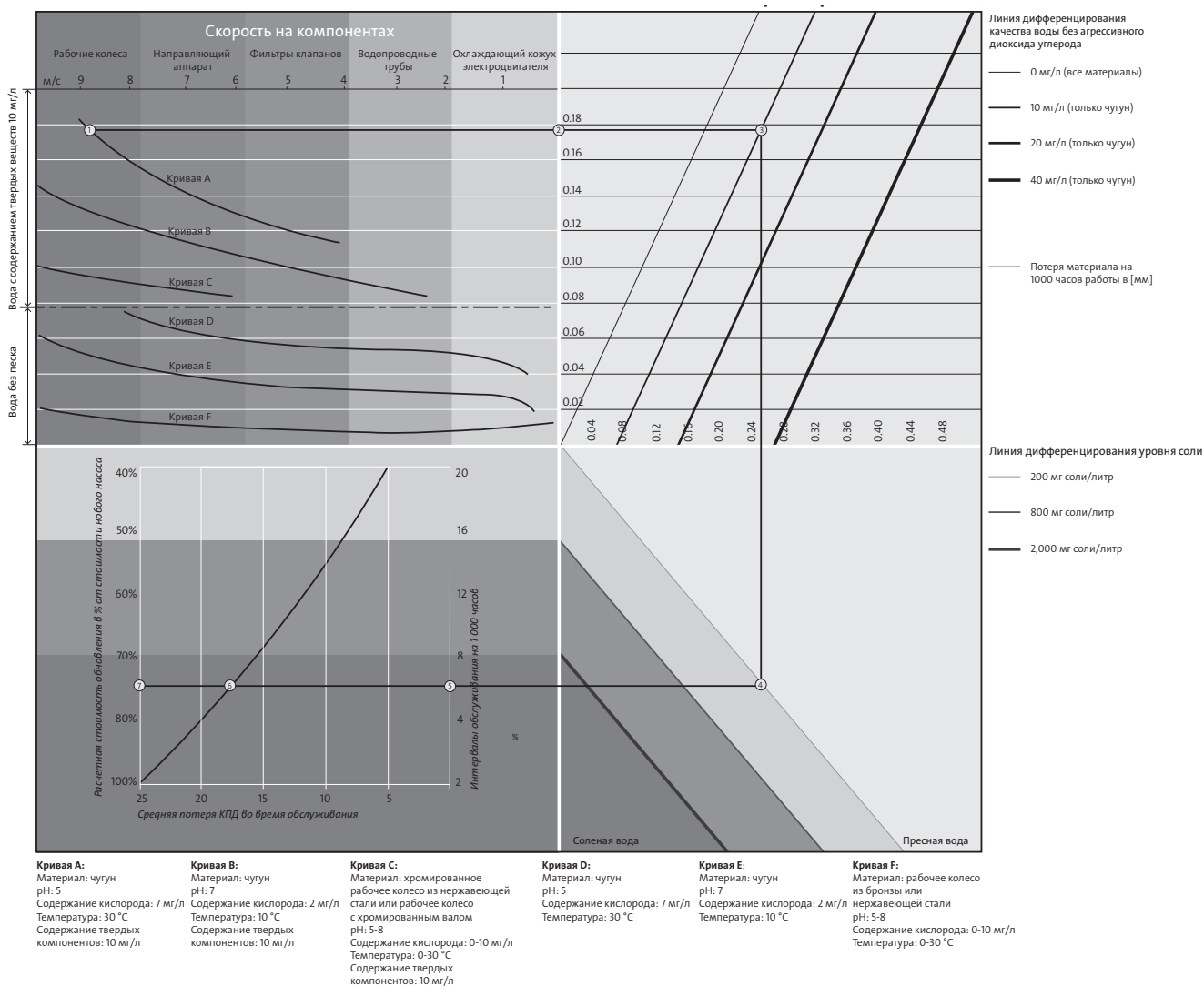


Рисунок 9 Рекомендуемые временные интервалы обслуживания погружных насосов



## 3.2 ОТКАЧКА ВОДЫ

Откачка воды в горнодобывающей промышленности или на строительных площадках часто выполняется при помощи погружных насосов. Качество воды определяет возможность применения стандартного насоса EN1.4301 (AISI 304) или необходимость использования нержавеющей стали более высокой марки.

При снижении уровня грунтовых вод, водоносный горизонт подвергается воздействию кислорода, что приводит к образованию ржавчины и налета прочих липких твердых веществ. Они смываются и проходят через скважинный фильтр, а затем попадают в насосный агрегат.

Для поддержания КПД насоса рабочая точка выбирается правее точки максимальной производительности.

Чем выше скорость вращения рабочего колеса, тем больше интервалы между мероприятиями по техническому обслуживанию. Высокая скорость предотвращает засорение насоса и потерю КПД. В случае перекачивания очень вязких смесей рекомендуется снять обратный клапан, чтобы улучшить промывку насоса и труб после остановки насоса.

### 3.2.1 Горнодобывающая промышленность

Классической областью применения погружных насосов для откачки воды является горнодобывающая промышленность. Однако вода зачастую содержит

агрессивные по отношению к погружному насосу компоненты, поэтому рекомендуется использовать насосы из высококачественной нержавеющей стали.

Существует технология выщелачивания горных пород, где жидкая агрессивная среда используется для растворения добываемых минералов. Затем эти минералы выкачиваются вместе с растворителем на поверхность для дальнейшего восстановления.

Один из способов описан ниже:

1. Найдите коррозионный потенциал хлорида (эквивалент хлорида = ч/млн хлорида — (0,5 x ч/млн кислоты)).
2. Используя значение эквивалента хлорида, с помощью рисунка 10 определите минимальное значение pH, подходящее для нержавеющей стали EN1.4539 (AISI 904L). Если значение эквивалента приходится на зону высокого риска возникновения коррозии, требуется эпоксидное покрытие электродвигателя.
3. Большинство кабелей питания и соединительных муфт неустойчивы в кислой воде. По возможности используйте синий силовой кабель Grundfos TML по всей длине от соединения с электродвигателем до соединения с ответвительным кабелем на поверхности.
4. Установите устройство для центровки на насос или электродвигатель, чтобы обеспечить оптимальное охлаждение всей поверхности насоса.
5. Для коррозионной защиты следует использовать ионообменные установки, чтобы уменьшить содержание хлорида, или цинковые аноды в качестве катодной защиты.

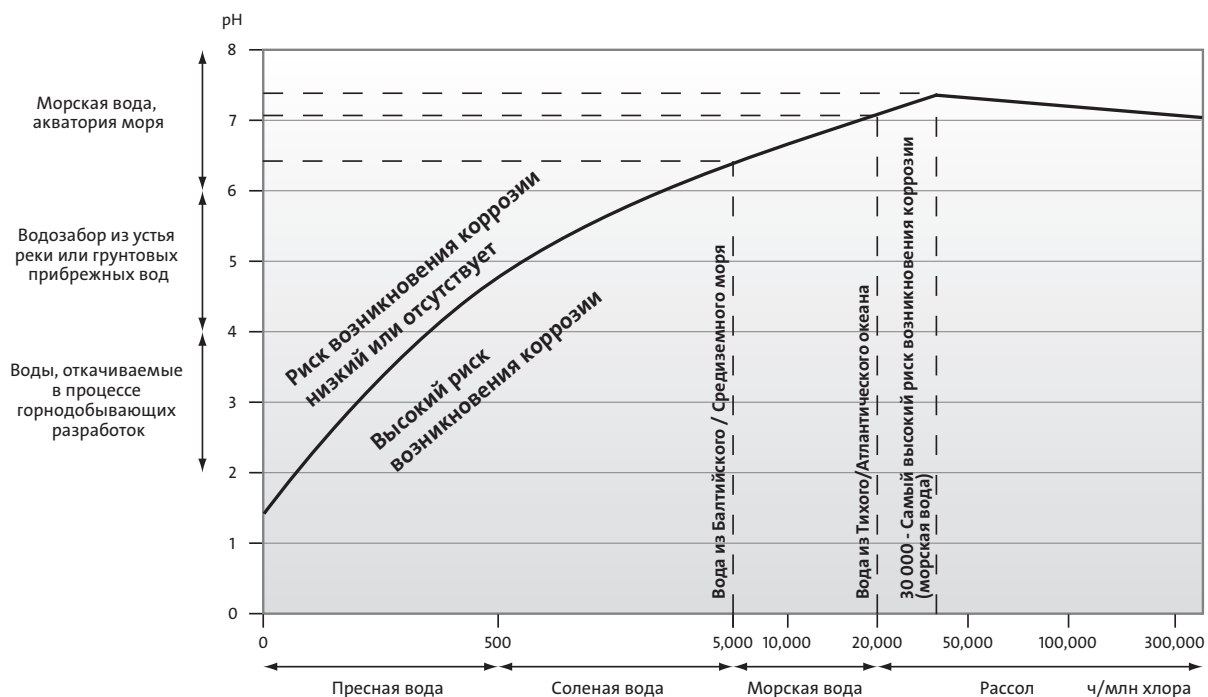


Рисунок 10 Коррозия из-за воздействия хлоридов

### 3.3 ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Перекачивание воды из резервуара очень часто выполняется при помощи стандартного погружного насоса. Погружной насос по сравнению с насосом, установленным на суше, имеет множество преимуществ, например:

- **Низкий уровень шума:** погружной насос работает бесшумно и не мешает соседям.
- **Защита от кражи:** насос устанавливается на дне резервуара.
- **Без уплотнения вала:** это устраняет риск протечки над землей.

При горизонтальной установке Grundfos всегда рекомендует устанавливать охлаждающий кожух для образования потока и направляющую пластину для предотвращения завихрения потока при низком уровне воды.

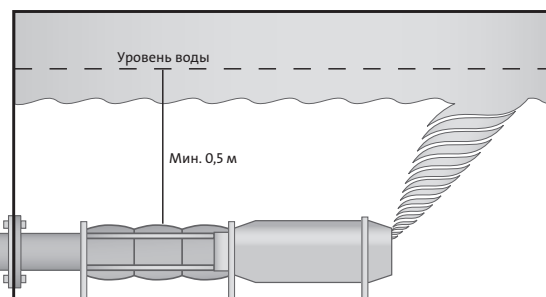


Рисунок 11 Охлаждающий кожух на всасывании, установленный вдоль горизонтально расположенного электродвигателя

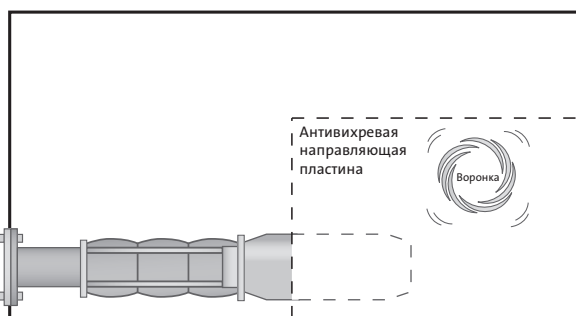


Рисунок 12 Использование антивихревой направляющей пластины для горизонтально расположенного погружного электродвигателя (вид сверху)

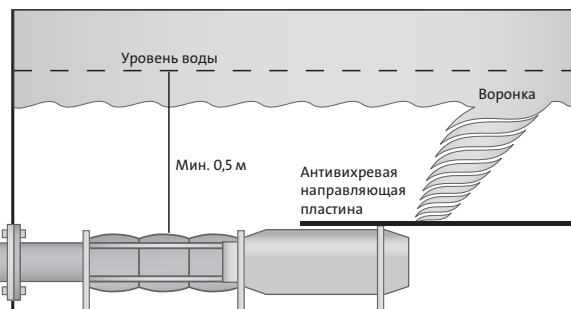


Рисунок 13 Использование антивихревой направляющей пластины для горизонтально расположенного погружного электродвигателя (поперечный разрез)

Если в резервуаре установлено несколько погружных насосов, расстояние между ними должно равняться внешнему диаметру насоса и электродвигателя, учитывая диаметр кожуха охлаждения.

Погружные насосы из-за их малой инерции, запускаются и останавливаются очень быстро, благодаря чему, установленные горизонтально, они идеально подходят для использования в системах фонтанов. Из-за высокой частоты пусков и остановов рекомендуется использовать только герметичные электродвигатели, не следует использовать двигатели, пригодные к перемотке.

Высокая частота пусков и остановов также сильно нагружает устройства пуска, которые имеют ограниченный срок службы. Чтобы защитить электродвигатель от сбоя в работе устройства пуска, Grundfos рекомендует установить реле обрыва фазы между реле контроля перегрузок и электродвигателем.

Наконец, важно правильно выбрать размер насоса и всасывающего патрубка таким образом, чтобы насос никогда не работал при максимальном расходе, а его КПД всегда был максимальным.

### 3.4 ВОЗДУХ/ГАЗ В ВОДЕ

Высокое содержание воздуха или газа в воде сильно мешает выполнению гидравлических функций центробежных насосов, приводит к снижению КПД, а иногда к остановке насоса. Чтобы увеличить КПД, необходимо повысить давление, погрузив насос глубже в скважину.

Если решить проблему таким образом невозможно, ее можно обойти путем установки кожуха ниже напорного патрубка. Кожух должен простираться вверх как можно выше, но никогда не превышать динамический уровень воды.

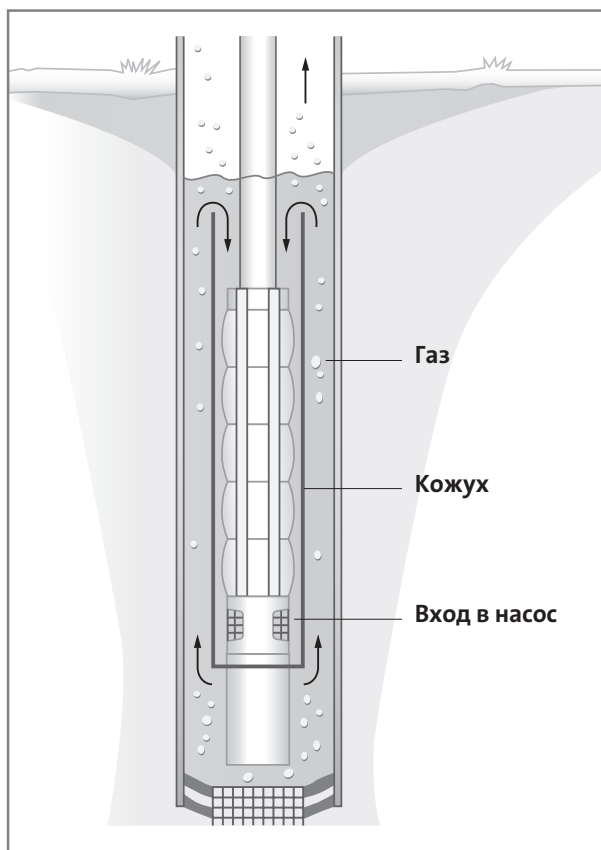


Рисунок 14 Конструкция скважины с кожухом для дегазации

#### Скважины с вакуумным дегазатором

Если в воде содержится так много газов, что защитный кожух не справляется с обеспечением требований к качеству воды, необходимо в обсадной трубе создать разрежение.

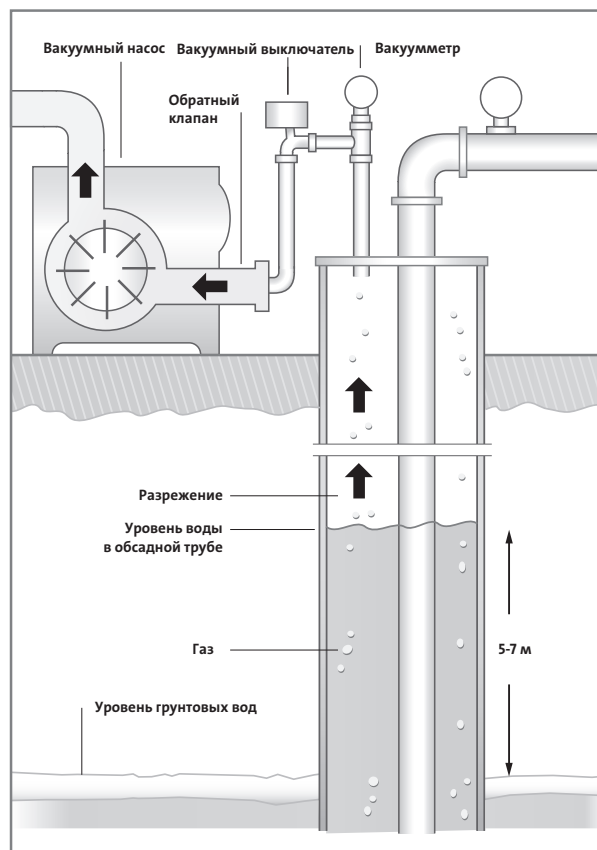


Рисунок 15 Конструкция скважины с вакуумным дегазатором

Когда камера загерметизирована, создать разрежение можно путем подключения вакуумного насоса к вентиляционной трубе. Для этого требуется достаточная прочность обсадной трубы скважины, чтобы она смогла выдержать разрежение и соответствовать требованиям критического кавитационного запаса (NPSH).

### 3.5 КАВИТАЦИЯ

Обычно во время эксплуатации погружных насосов кавитации не возникает. Однако при сочетании двух нижеприведенных факторов, могут возникнуть вызванные кавитацией повреждения насоса и электродвигателя, установленных на небольшой глубине:

1. Перекачивание воды с высоким содержанием растворенного воздуха.
2. Уменьшение противодавления, вызванное, например, прорывом в трубе, значительной (питтинговой) коррозией водоподъемной трубы и чрезмерно большим расходом.

Для предупреждения кавитации, повреждения насоса и электродвигателя, требуемую высоту всасывания  $H$  рассчитывают по формуле:

$$H = H_b - NPSH - H_{\text{потерь}} - H_v - H_s$$

$H_b$  = атмосферное давление

$NPSH$  = приведенный подпор на всасывании

$H_{\text{потерь}}$  = падение давления во всасывающей трубе

$H_v$  = давление пара

$H_s$  = коэффициент запаса

Если в результате расчета значение  $H$  положительное, то насос теоретически может обеспечить всасывание на заданной высоте  $H$ . В этом случае подходит стандартное значение глубины установки.

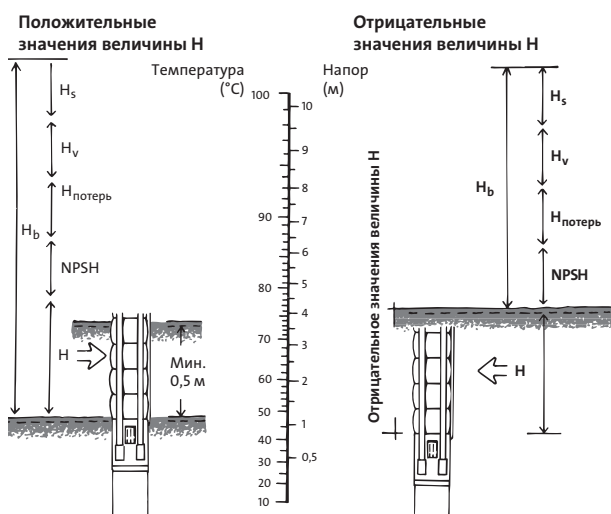


Рисунок 16 Глубина установки насоса в скважине

**Пример:**

Погружной насос модели SP 60 с расходом 78 м<sup>3</sup>/ч.

$H_b$	10,0 м
NPSH согласно паспорту	4,2 м
$H_{потерь}$	0,0 м
$H_v$ при температуре 32 °С	0,5 м
$H_s$	1,0 м
$H = 10 - 4,2 - 0 - 0,5 - 1,0 = 4,3$ м	

Поскольку значение  $H$  положительное, насос сможет создать разрежение 0,43 бар без негативных последствий. Это значит, что специальные меры предотвращения кавитации не требуются. В случае коррозии водоподъемной трубы и, как следствие, образования отверстия в этой трубе диаметром 20 мм, противодавления не возникнет, и расход насоса увеличится не более чем 90 м<sup>3</sup>/ч.

$H_b$ не изменилась	10,0 м
NPSH увеличились до	8,0 м
$H_{потерь}$ не изменилась	0,0 м
$H_v$ увеличивается из-за рециркуляции в скважине до	4,6 м
$H_s$ не изменилась	1,0 м

Это дает

$$H = 10 - 8 - 0 - 4,6 - 1,0 = -3,6 \text{ м}$$

Полученное отрицательное значение величины  $H$  означает, что вход насоса должен находиться не менее чем на 3,6 м ниже динамического уровня воды, в противном случае возникнет кавитация насоса.

При кавитации насоса возникают значительные потери его производительности, см. рисунок ниже.

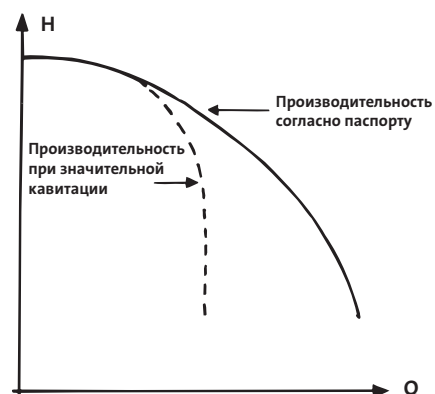


Рисунок 17 Потеря производительности насоса при кавитации

### 3.5.1 Глубина установки

**Простое определение правильной глубины установки**

Фактическое значение величины NPSN определяется согласно паспорту.  $H_{потерь}$  + коэффициент безопасности рассматривают в качестве исходной точки на диагональной линии потерь.

**Пример:**

Коэффициент запаса  $H_s + H_{потерь} = 4,5$  м откладываем на диагональной линии потерь, ведем из этой точки линию вертикально вверх до кривой NPSH (8 м). Из полученной точки двигаемся горизонтально вправо до линии температуры воды (10 °С), затем вертикально вниз до линии X, а оттуда горизонтально влево. В результате получаем необходимую глубину монтажа насоса в скважине ниже динамического уровня воды. В данном случае минимальная глубина установки насоса составляет 4 м.

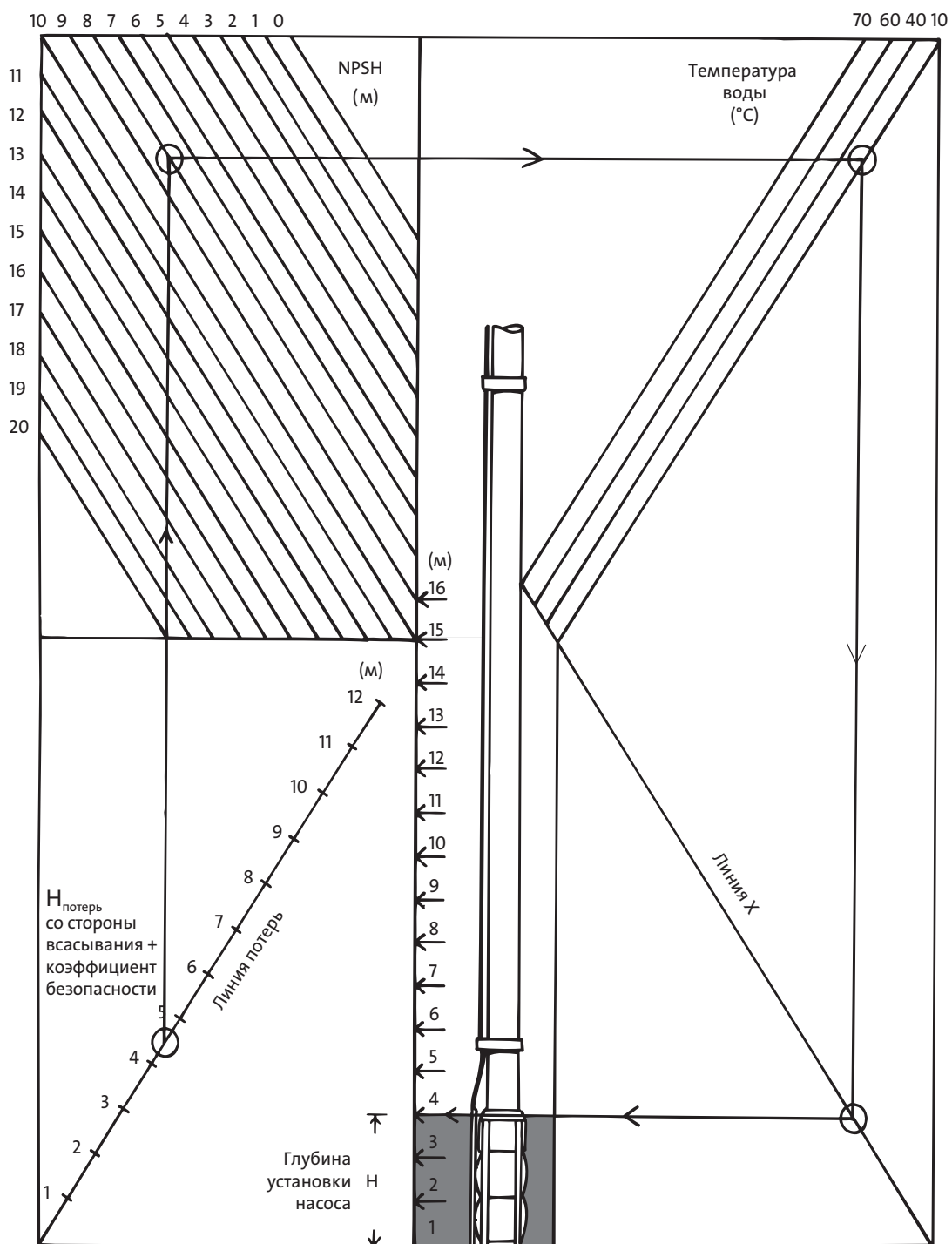


Рисунок 18 Диаграмма расчета минимальной глубины монтажа насоса в скважине

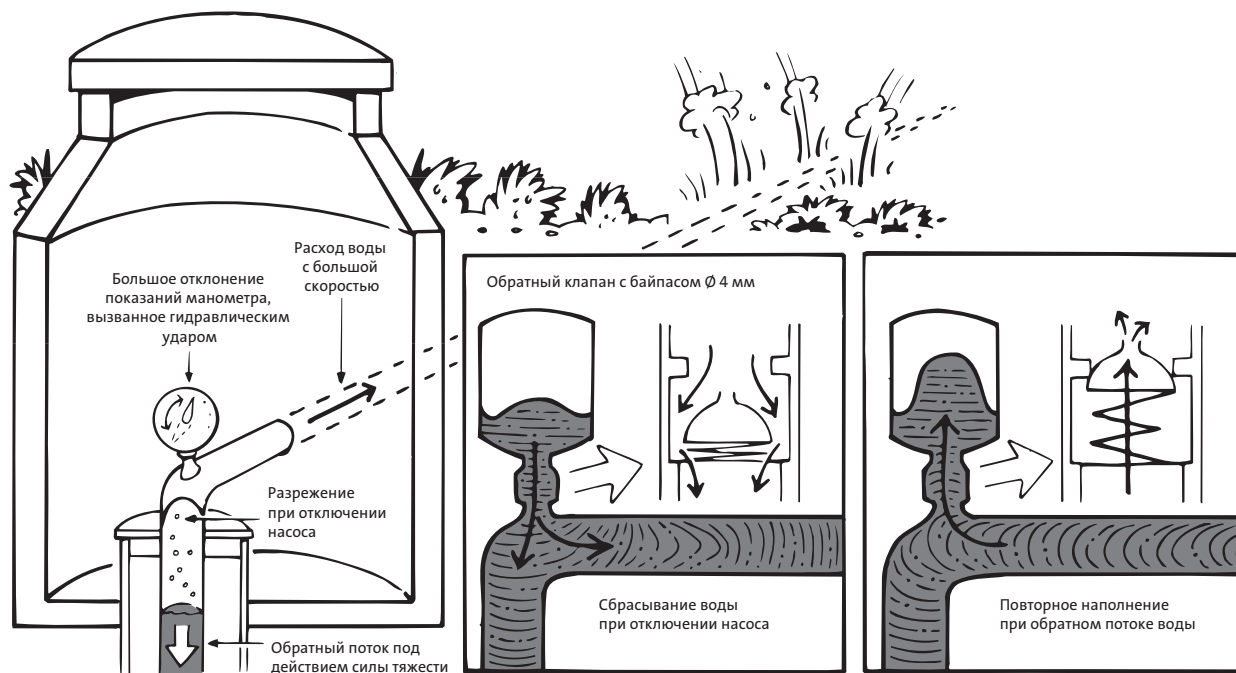


Рисунок 19 Устранение гидроудара

### 3.6 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР

В системе трубопровода, подающего грунтовую воду и служащего для распределения воды, содержится несколько тонн воды, которые при пуске/останове насоса резко приводятся в движение или тормозятся. В результате перепады давления обычно находятся в пределах допустимого номинального давления (PN) соответствующей системы труб.

Значительно уменьшить перепады давления для насосов в системе с достаточно протяженным участком вертикального трубопровода зачастую можно путем выполнения одного из следующих условий:

1. Установить мембранный напорный бак емкостью 50 л с начальным давлением, соответствующим 0,7 фактической величины рабочего давления (при подаче насоса до 50 м<sup>3</sup>/ч). При подаче насоса свыше 50 м<sup>3</sup>/ч, необходимо установить один мембранный напорный бак объемом 100 л или два бака емкостью по 50 л каждый с соответствующим начальным давлением.
2. Обеспечить частотно-регулируемый пуск насоса, при котором частота в течение минимум 30 секунд повышается с 25 Гц до 50 Гц.
3. Установить устройство плавного пуска со временем ускорения 3 секунды, дополняемое наличием мембранного напорного бака емкостью 50 л с начальным

давлением, соответствующим 0,7 фактической величины рабочего давления. Установка одного только устройства плавного пуска сама по себе не гарантирует защиту от гидравлического удара.

4. Установить дроссельный клапан с таймером и электроприводом, время открытия которого составляет 60 секунд. При пуске насоса этот клапан начинает постепенно открываться и за 60 секунд до остановки насоса закрывается. Это решение нерационально с точки зрения энергопотребления.

Мембранные напорные баки служат лишь для компенсации скачков давления, поэтому они неприменимы для регулирования насосов. В скважинах глубиной более 8 или 9 м колебания давления при остановке насоса создают разрежение, в результате которого в скважину могут засасываться загрязнения. Проблема решается использованием мембранных напорных баков.

#### Гидравлический удар, вызывающий вакуум

Если выходящая из скважины горизонтальная напорная магистраль имеет слишком большую длину, то при остановке насоса может возникнуть гидравлический удар.

При остановке насоса водяной столб в водозаборной трубе вследствие силы тяжести стремительно опускается и возникает разрежение на стыке горизонтального и вертикального участков.



Это создает вакуум в вертикальном трубопроводе, что приводит к разрыву столба воды и преобразованию ее в пар. Из-за внезапно возникающего вакуума водяной столб в горизонтальной трубе тормозится, и вода течет обратно в направлении насоса.

Этот поток воды наталкивается на водяной столб, находящийся над обратным клапаном, превышает давление парообразования и происходит гидравлический удар, сопровождаемый сильным шумом. При больших объемах обратного потока воды возникает опасность повреждения насоса и всей системы. Кроме того, он производит ужасный шум.

### 3.7 АГРЕССИВНАЯ ВОДА (МОРСКАЯ ВОДА)

Погружные насосы часто используются для перекачивания морской воды, например, в системах разведения рыбы, в морских промышленных установках или для подачи воды на опреснение обратным осмосом.

Насосы SP производятся из различных материалов и относятся к разным классам коррозионной стойкости в зависимости от их применения. Высокое содержание соли и высокая температура составляют неблагоприятное со-

четание для нержавеющей стали, поэтому эти факторы необходимо всегда учитывать.

Хороший способ оценки коррозионной устойчивости нержавеющей стали заключается в оценке ее устойчивости к точечной коррозии. Рисунок иллюстрирует сравнительную характеристику, называемую: «Эквивалент устойчивости к точечной коррозии» (PRE). На рисунке 20 показаны самые распространенные типы нержавеющей стали, используемые в Grundfos.

$$PRE = (\% Cr) + (3,3 \times \% Mo)$$

Для сравнения с прочими типами нержавеющей стали, которые содержат азот (N), формула приобретает следующий вид:

$$PREN = (\% Cr) + (3,3 \times \% Mo) + (16 \times \% N)$$

Помимо температуры и содержания соли, на интенсивность коррозии влияет присутствие прочих металлов, кислот и биологической активности. Это также показано на рисунке 20.

Представленный ниже график может использоваться для выбора подходящей марки стали.

#### Устойчивость материалов погружных насосов к коррозии в морской воде

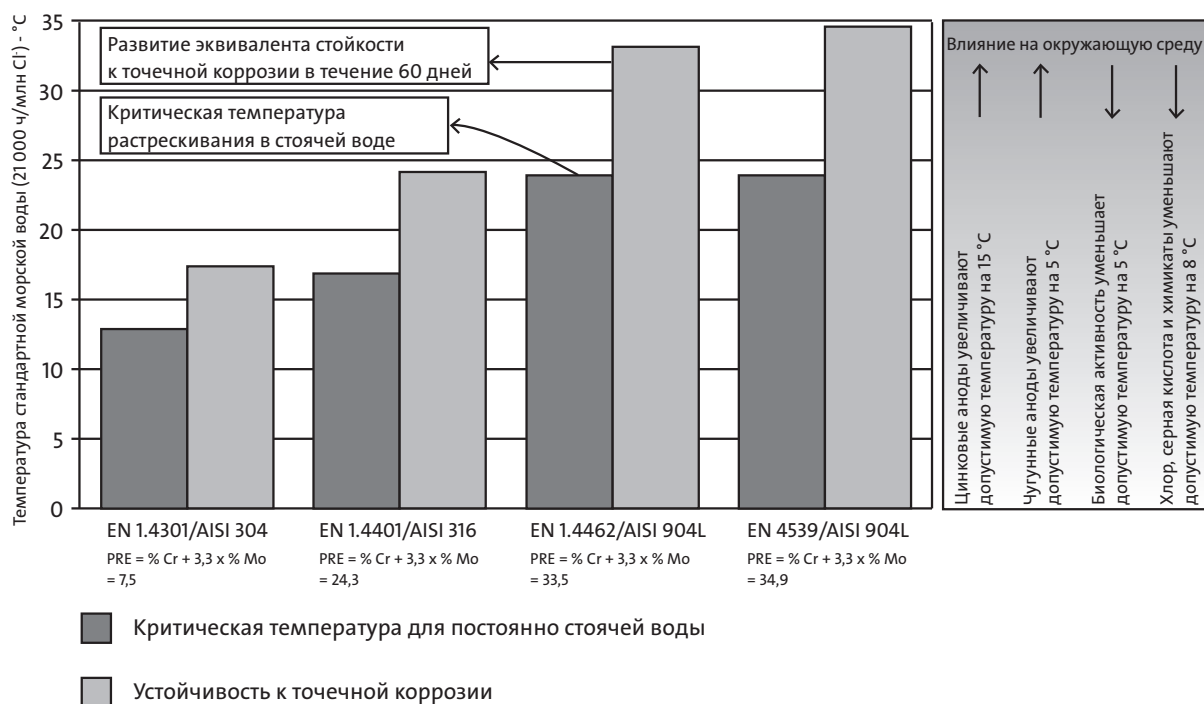


Рисунок 20 Сравнительная характеристика коррозионной устойчивости некоторых типов нержавеющей стали



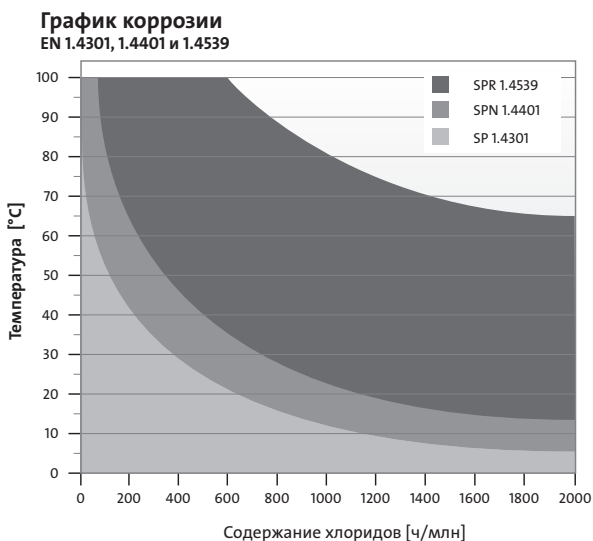


Рисунок 21 График коррозии

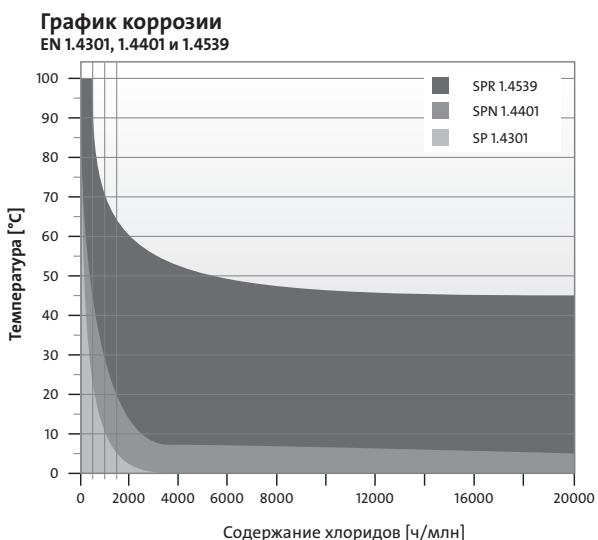


Рисунок 22 График коррозии

Вследствие низкого качества воды, эластомерные компоненты в насосе также могут получить повреждения, например, если вода содержит много углеводов и химикатов. В таких случаях стандартный эластомер заменяется на синтетический фторированный каучук. Насосы Grundfos SPE разработаны специально для таких требований. Для всех прочих моделей насосов, эластомерные компоненты определяются и поставляются по запросу.

### 3.8 ГОРЯЧИЕ ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ И ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ВОДА

Грунтовые воды, находящиеся ближе к поверхности, имеют температуру, близкую к среднегодовой температуре воздуха в регионе. По мере увеличения глубины температура повышается на 2–3 °C каждые 100 м скважины вне геотермальной зоны.

В геотермальных областях такое увеличение может составлять 5–15 °C на каждые 100 м скважины. При бурении глубоких скважин требуются эластомеры, электрические кабели, соединения и электродвигатели, устойчивые к высоким температурам.

Во многих регионах, особенно в районах вулканической активности, горячие грунтовые воды используются для центрального отопления, а также в рекреационных целях.

Жидкость электродвигателя в погружном насосе имеет более высокую точку кипения, чем вода в скважине, и это не дает смазке подшипника электродвигателя вытечь из-за более низкой вязкости жидкости. Двигатель необходимо погрузить ниже, чтобы поднять температуру кипения, как показано в таблице.

Температура	Давление насыщенных паров	Кинематическая вязкость
°C	м.вод.ст.	мм <sup>2</sup> /с
0	0,00611	1,792
4	0,00813	1,568
10	0,01227	1,307
20	0,02337	1,004
30	0,04241	0,801
40	0,07375	0,658
50	0,12335	0,554
60	0,19920	0,475
70	0,31162	0,413
80	0,47360	0,365
90	0,70109	0,326
100	1,01325	0,294
110	1,43266	0,268
120	1,98543	0,246
130	2,70132	0,228
140	3,61379	0,212
150	4,75997	0,199
160	6,18065	0,188



В геотермальной воде присутствует большое количество растворенного газа. В связи с этим, во избежание снижения мощности насоса при перекачивании геотермальной воды, компания Grundfos рекомендует устанавливать насос как минимум на 50 м ниже динамического уровня жидкости.

### 3.9 БУСТЕРНЫЕ МОДУЛИ

Насосы Grundfos типов VM и VME – это насосы SP, заключенные в кожух. При последовательном подключении нескольких модулей, можно добиться очень высокого давления.

Эти насосы, в основном, используются для подачи воды на обратный осмос для дальнейшей очистки загрязненной или опреснения морской воды.

Бустерные модули Grundfos также используются для подачи воды в трубопроводы системы распределения воды для поддержания давления на длинных участках трубопроводов. Основными преимуществами бустерных модулей по сравнению со стандартными бустерными насосами являются бесшумная работа и отсутствие уплотнения вала, которое может протекать.



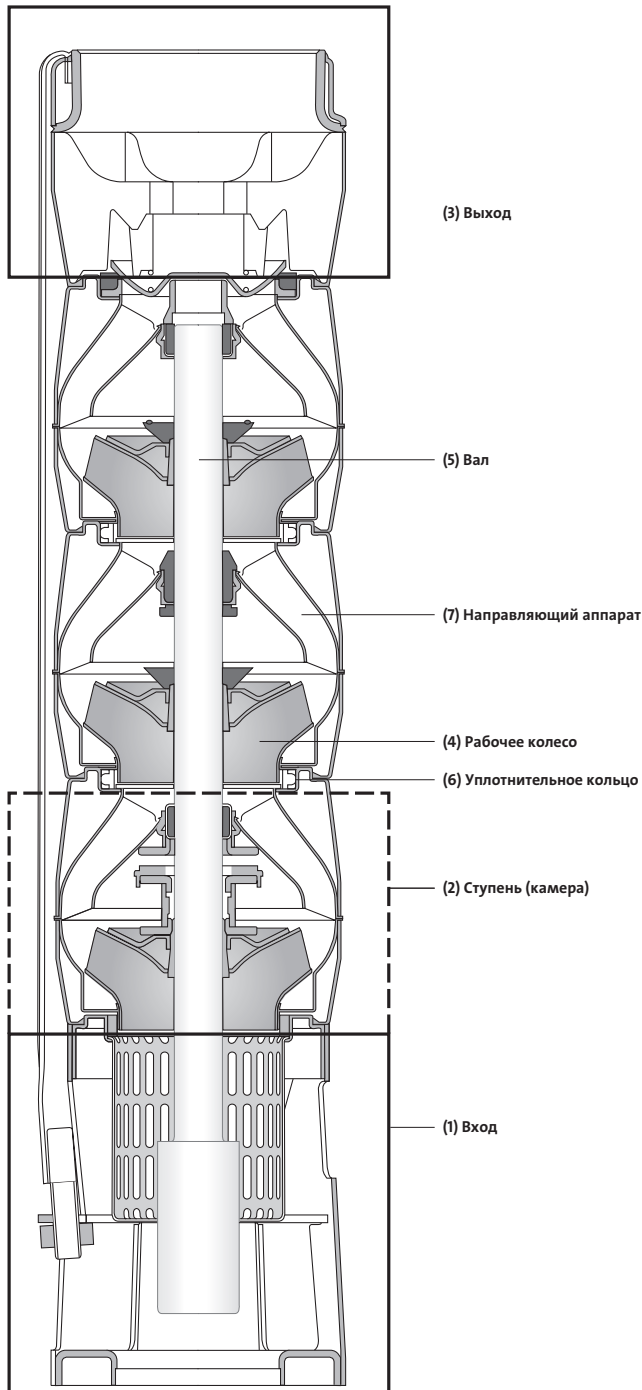
Рисунок 23 Бустерный модуль Grundfos

НАСОСЫ



## 4.1 ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ НАСОСОВ

Насосы серии SP представляют собой центробежные насосы, принцип работы которых заключается в преобразовании механической энергии электродвигателя в кинетическую энергию перекачиваемой среды. Этот процесс сопровождается образованием перепада давления в рабочей среде между всасывающим и напорным патрубками насоса.



Насос состоит из входа (1), нескольких ступеней (2) и выхода (3). На каждой ступени насоса создается разность давлений. Чем большее давление необходимо создать, тем больше должно быть ступеней.

Ступень насоса включает в себя рабочее колесо (4), лопасти которого сообщают механическую энергию электродвигателя скорости потока воды, преобразуя в потенциальную энергию давления. Каждое рабочее колесо прикреплено к валу насоса (5) посредством шлицевого соединения или конуса с разрезом.

Для погружных насосов существует два основных типа конструкции рабочего колеса:

- радиальная;
- полуосевая.

Радиальная конструкция рабочего колеса характеризуется большой разницей между входным и выходным диаметрами рабочего колеса, а также между диаметром колеса и шириной выхода (высотой канала) на выходе из колеса. Такой тип конструкции подходит в случае, когда требуется высокий напор.

Полуосевая конструкция больше подходит для насосов с большим расходом.

Уплотнительное кольцо (6) между входной частью рабочего колеса и камерой ограничивает возможность противотока. Ступень также включает направляющий аппарат (7), передающий воду на следующую ступень, а также преобразующий динамическое давление в статическое.

Входной патрубок насоса не только направляет воду на первое рабочее колесо, но также является соединительным устройством с двигателем. Для большинства насосов размеры соответствуют стандарту NEMA для 4", 6" и 8". Для более крупных насосов и двигателей применяются различные стандарты, в зависимости от поставщика. Вход насоса должен проектироваться таким образом, чтобы подача воды на первое рабочее колесо осуществлялась оптимальным способом, тем самым сводя потери к минимуму.

У некоторых радиальных лопастных колес вход также включает в себя заправочный винт (прикреплен к валу насоса), который позволяет обеспечить гарантированный забор воды и исключить возможность сухого хода насоса.

Рисунок 24 Принципиальная схема конструкции погружного насоса

Выход насоса обычно включает обратный клапан, который предотвращает обратное течение жидкости в напорном трубопроводе при остановке насоса. При этом можно выделить несколько преимуществ:

- Отсутствует потеря энергии из-за обратной циркуляции.
- Всегда при повторном запуске насоса обеспечивается противодействие. Это необходимо, чтобы КПД насоса сохранялся в пределах номинальных насосных характеристик производительности.
- Снижается вероятность повреждения насоса вследствие гидравлического удара.
- Ограничивается загрязнение грунтовых вод из-за обратной циркуляции.

## 4.2 ИЗНАШИВАЕМЫЕ ДЕТАЛИ

Техническое обслуживание насоса рекомендуется выполнять в зависимости от состава перекачиваемой среды и режима эксплуатации насоса. Техническое обслуживание во время осмотра включает в себя замену всех изнашиваемых деталей насоса, таких как:

- радиальные подшипники;
- седло клапана;
- кольца кабельного ввода;
- уплотнительное кольцо;
- упорное кольцо.

Может потребоваться замена вала и рабочих колес, если насос сильно изнашился под влиянием высокого содержания песка в перекачиваемой воде.

Обновление изнашиваемых деталей во время обслуживания необходимо для поддержания высокого КПД насоса и низких эксплуатационных расходов.

Подробную информацию вы найдете в инструкциях по монтажу и эксплуатации насосов Grundfos.

## 4.3 ВЫБОР НАСОСА

Выбор насоса следует начинать с оценки расхода и давления. Общий напор складывается из следующих компонентов:

- динамического уровня грунтовых вод (1);
- высоты подъема воды над землей (2);
- давления нагнетания (3);
- потерь в трубах, клапанах и изгибах (4).

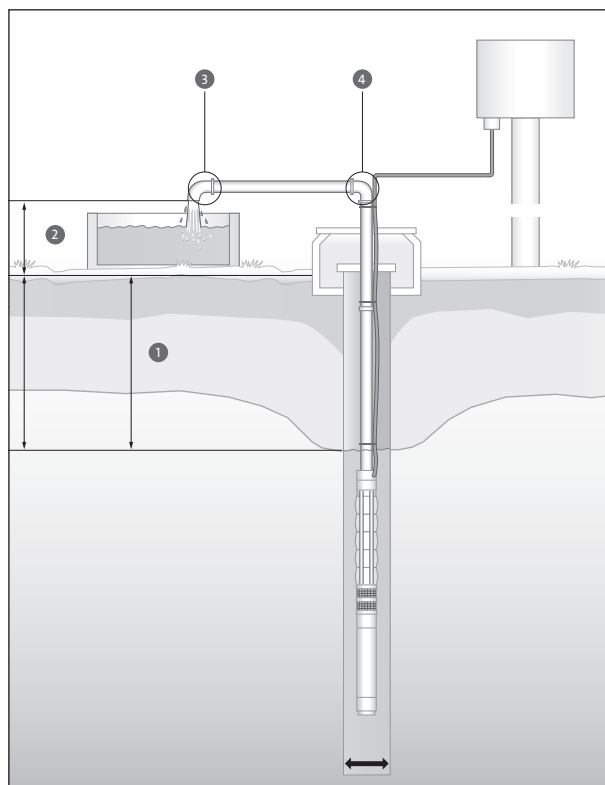


Рисунок 25 Расчет общего напора

При оценке потребного расхода также нужно учитывать дебет скважины. Информацию о дебете можно получить из протокола испытаний, который составляется специалистами во время разработки скважины. По возможности, чтобы сократить снижение уровня грунтовых вод и уменьшить общее энергопотребление в кВт·ч/м<sup>3</sup>, необходимо обеспечить расход настолько низкий, насколько это возможно.

#### 4.4 КРИВЫЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК

После оценки необходимого расхода и напора выбор насоса можно осуществить с помощью онлайн-инструмента Grundfos Product Center или каталога соответствующего насоса. В обоих источниках представлены кривые рабочих характеристик насоса.

Помимо напора, в каталоге также указывается номинальное энергопотребление. Поставщик насоса различает выходную мощность на валу электродвигателя P2 (отмечена на фирменной табличке насоса) и потребляемую мощность насоса P1, которая используется в качестве критерия выбора электрической части установки.

Обратите внимание, что P4 — это гидравлическая работа насоса.

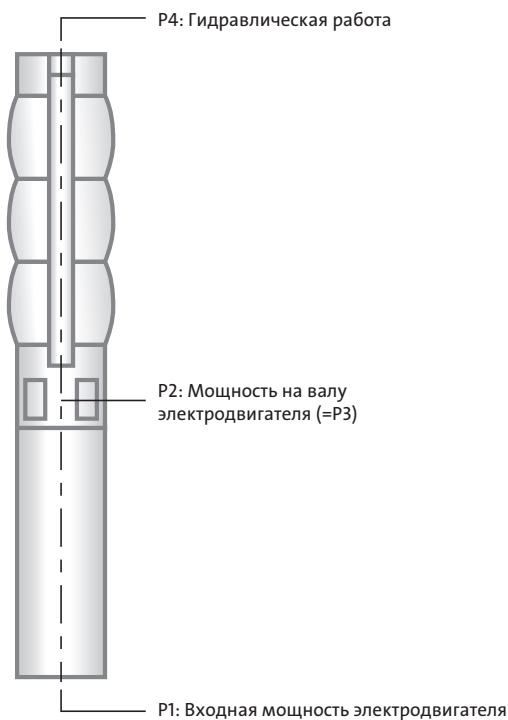


Рисунок 26 Определение мощности

Обычно энергопотребление указывается как функция от расхода.

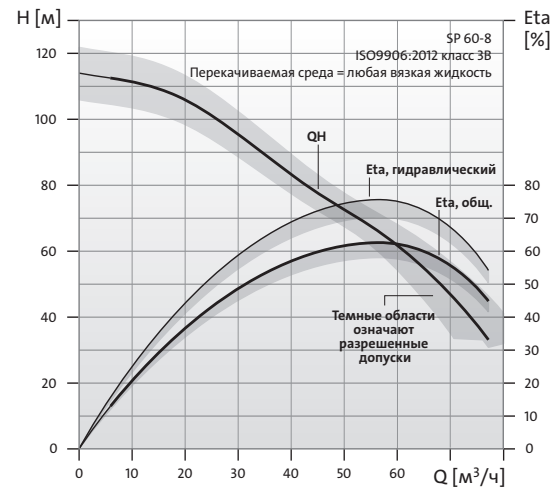


Рисунок 27

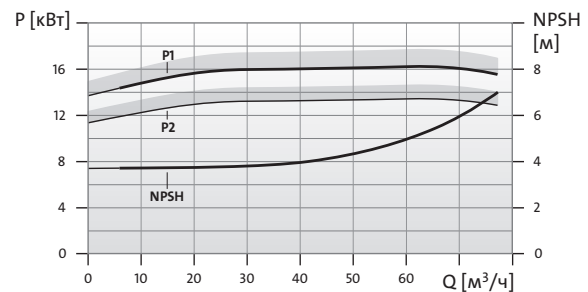


Рисунок 28

Рисунки 27 и 28 Рабочие характеристики насоса, включая допуски

В каталоге имеется информация о производительности насоса, ее можно показать как КПД на стороне насоса (на основе P2) или как полный КПД насоса, включая электродвигатель (на основе P1). В некоторых случаях потери в обратных клапанах не включены в показанный КПД. Кривые КПД используются для выбора размера насоса, при этом зоны с наивысшим КПД соответствуют требуемому расходу. Если полный КПД насоса не показан, его можно вычислить, используя расход (Q), напор (H) и входную мощность P1:

$$\text{Eta}_{\text{общ.}} = (Q \times H \times 9,81) / (P1 \times 3600)$$

Значение NPSH означает «кавитационный запас» и является мерой необходимого давления на входе = минимального уровня воды над входом насоса.

В целом, значение NPSH увеличивается при больших расходах и, если необходимое давление на входе не достигнуто это приводит к испарению воды, риску кавитации и повреждению насоса.

Допуски на кривых рабочих характеристиках регулируются различными стандартами. Характеристики насосов Grundfos SP показаны согласно ISO9906 : 2012, класс 3B. Кривые QH в данном документе иллюстрируют расчетные значения. Согласно ISO9906, класс 3B, кривые мощности имеют только верхнюю границу допуска, а кривые КПД — только нижнюю. Изучите пример, показанный на рисунках 27 и 28 выше. Общие условия согласно ISO 9906 для кривых КПД на данном рисунке:

- Измерения проводятся в воде без содержания растворенного воздуха и при температуре 20 °С.
- Кривые относятся к кинематической вязкости 1 мм<sup>2</sup>/с. При перекачивании жидкостей с более высокой плотностью требуется более мощный двигатель.

По запросу в дополнение к кривым QH, Q–P, Q–Eta, также предоставляется кривая осевой нагрузки. Гидравлической создается усилие, которое передается на упорный подшипник электродвигателя. Общая осевая нагрузка рассчитывается путем умножения значений одной ступени на количество ступеней. Ее можно использовать для проверки соответствия несущей способности упорного подшипника двигателя.

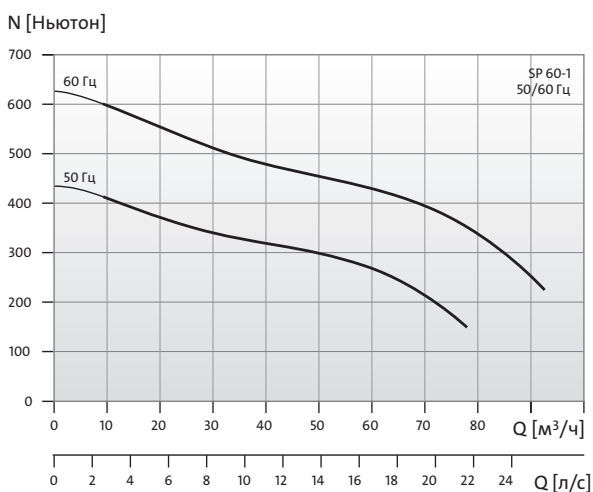


Рисунок 29 Кривая осевой нагрузки одной ступени, SP 60

## 4.5 ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

### Энергопотребление погружных насосов

Рассмотрим распределение издержек за весь срок службы погружного насоса, предназначенного для водоснабжения, в процентном соотношении:

- 5% капитальные затраты (стоимость насоса);
- 85% эксплуатационные расходы / энергопотребление;
- 10% затраты на техническое обслуживание.

Очевидно, что добиться наибольшей экономии можно за счет снижения затрат на энергопотребление.

Ежегодное энергопотребление (E) погружного насоса рассчитывается следующим образом:

$$E = c \times h \times P1 \text{ (евро)}$$

c = удельная стоимость электроэнергии (евро/кВт\*ч)

h = количество рабочих часов в год (часы)

P1 = потребляемая мощность погружного насоса (кВт).

### Пример расчета энергопотребления:

Расчет ежегодного энергопотребления погружного насоса, тип SP 125–3.

SP 125–3 с MS 6000, 30 кВт, 3 x 400 В, 50 Гц.

### Рабочая точка:

Расход: Q = 120 м<sup>3</sup>/ч

Общий напор: H = 63 м

Стоимость электроэнергии: c = 0,1 евро/кВт\*ч (включает в себя дневной и ночной тарифы)

Рабочих часов в год: h = 3200

$$P1 = \frac{Q \times H \times \rho}{367 \times \eta_{\text{нас.}} \times \eta_{\text{двиг.}}} \text{ [кВт]}$$

Q = м<sup>3</sup>/ч

H = м

Плотность ρ = кг/дм<sup>3</sup> (принимается равной 1)

367 = коэффициент преобразования

η<sub>нас.</sub> = (не путать с кривой КПД ступени)

η<sub>двиг.</sub> = (в примере 84,5%, в уравнении 0,845).

Кривая P2/Q упрощает расчет энергопотребления.

$$P1 = \frac{P2}{\eta_{\text{двиг.}}}$$

$P2 = 26$  кВт (требуемая мощность насоса SP 125–3 при подаче  $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ , по кривой  $P2/Q$  на стр. 34).

#### Расчет КПД электродвигателя в рабочей точке

По умолчанию SP 125–3 снабжен электродвигателем MS6000 на 30 кВт. В рабочей точке ( $Q = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) насос требует 26 кВт, то есть: нагрузка на двигатель 87% (26 кВт / 30 кВт) и резерв мощности 13%.

Из таблицы на странице 35 мощность электродвигателя определяется как:

84% при нагрузке 75% ( $\eta_{75\%}$ )

83% при нагрузке 100% ( $\eta_{100\%}$ )

Интерполированное значение в данном примере

$\eta_{\text{двиг.}} = 84,5\%$ ,  $\eta_{\text{двиг.}} = 0,845$ .

$E = 0,1$  евро/кВт\*ч x 3200 ч x 30,77 кВт.

$$P1 = \frac{26}{0,845} = 30,77 \text{ кВт}$$

Ежегодные расходы на электроэнергию составляют 9846 евро. Если мы сравним расчетные данные по затратам на электроэнергию для этого экономичного погружного насоса Grundfos с расчетными данными погружного насоса типа SP 120–4 версии 1995 года, ( $Q = 110–120 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $H = 63–58 \text{ м}$ ;  $\eta_{\text{двиг.}} = 82\%$ ), мы увидим, что при том же ежегодном расходе  $384\,000 \text{ м}^3$  и той же удельной стоимости электроэнергии  $0,1$  евро/кВт\*ч ежегодные эксплуатационные расходы на энергопотребление для старого насоса составляли 12777 евро.

**При этом, износ и влияние отложений в насосе и двигателе в расчете эксплуатационных расходов не учитывались.**

Срок окупаемости  $A$  (месяцев) рассчитывается следующим образом:

$$A = \frac{\text{Стоимость приобретения энергоэффективного насоса}}{\text{Экономия энергии в год}} \times 12$$

Стоимость приобретения энергоэффективного насоса составляет 4090 евро.

$$A = \frac{4090}{(12,777 - 9,846 \text{ евро})} \times 12 = 16,7 \text{ месяцев}$$

Следовательно, насос окупит капитальные затраты за 16,7 месяцев.

**Примечание:** компоненты системы (кабели/напорные трубы) также должны быть выбраны с точки зрения обеспечения энергоэффективности системы.

#### Выбор кабеля

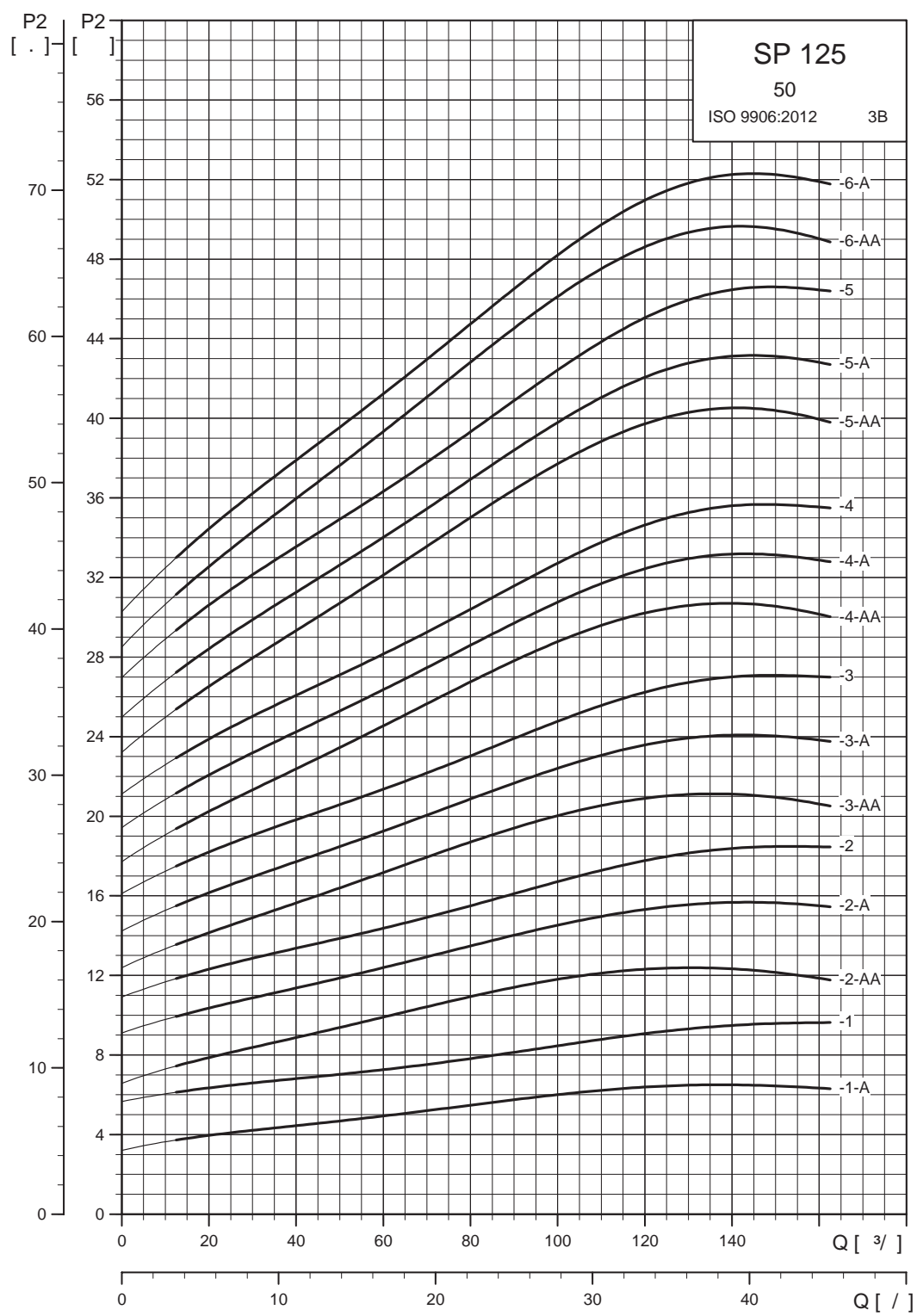
Чтобы добиться экономичной работы насоса, падение напряжения должно быть небольшим.

Сегодня крупные водопроводные станции уже используют кабели, размер которых допускает максимальное падение напряжения всего 1%.

Гидравлическое сопротивление в напорной трубе должно стремиться к минимуму.



Кривые мощности



## 1 x 230 В, погружные электродвигатели

Электротехнические данные											Размеры			
Электродвигатель			Ток полной нагрузки I <sub>n</sub> [А]	КПД двигателя [%]			Коэффициент мощности			$\frac{I_{ст}}{I_n}$	Блок управления для 3-проводных двигателей	Конденсатор для двигателей РС	Длина [мм]	Вес [кг]
Тип	Размер	Мощность [кВт]		η50 %	η75 %	η100 %	Сos φ 50 %	Сos φ 75 %	Сos φ 100 %					
MS 402	4"	0,37	3,95	48,0	54,0	57,0	0,58	0,68	0,77	3,4*	SA-SPM 2	16 мкФ, 400 В, 50 Гц	256	6,8
MS 402	4"	0,55	5,80	49,5	56,5	59,5	0,52	0,65	0,74	3,5*	SA-SPM 2	20 мкФ, 400 В, 50 Гц	291	8,2
MS 402	4"	0,75	7,45	52,0	58,0	60,0	0,57	0,69	0,79	3,6*	SA-SPM 2	30 мкФ, 400 В, 50 Гц	306	8,9
MS 402	4"	1,1	7,30	62,0	69,5	72,5	0,99	0,99	0,99	4,3*	SA-SPM 3	40 мкФ, 400 В, 50 Гц	346	10,5
MS 402	4"	1,5	10,2	56,5	66,5	71,0	0,91	0,96	0,98	3,9	SA-SPM 3	-	346	11,0
MS 4000 (R)	4"	2,2	14,0	67,0	73,0	75,0	0,91	0,94	0,96	4,4	SA-SPM 3	-	576	21,0

\* Применяется к 3-проводным электродвигателям.

2-проводные электродвигатели MS 402 оснащены встроенной системой защиты и, следовательно, могут быть подключены к сети напрямую.

## 3 x 230 В, погружные электродвигатели

Электротехнические данные											Размеры	
Электродвигатель			Ток полной нагрузки I <sub>n</sub> [А]	КПД двигателя [%]			Коэффициент мощности			$\frac{I_{ст}}{I_n}$	Длина [мм]	Вес [кг]
Тип	Размер стойки подшипника	Мощность [кВт]		η50 %	η75 %	η100 %	Сos φ 50 %	Сos φ 75 %	Сos φ 100 %			
MS 402	4"	0,37	2,55	51,0	59,5	64,0	0,44	0,55	0,64	3,7	226	5,5
MS 402	4"	0,55	4,00	48,5	57,0	64,0	0,42	0,52	0,64	3,5	241	6,3
MS 402	4"	0,75	4,20	64,0	69,5	73,0	0,50	0,62	0,72	4,6	276	7,7
MS 4000R	4"	0,75	3,35	66,8	71,1	72,9	0,66	0,76	0,82	5,1	401	13,0
MS 402	4"	1,1	6,20	62,5	69,0	73,0	0,47	0,59	0,72	4,6	306	8,9
MS 4000R	4"	1,1	5,00	69,1	73,2	75,0	0,57	0,70	0,78	5,2	416	14,0
MS 402	4"	1,5	7,65	68,0	73,0	75,0	0,50	0,64	0,75	5,0	346	10,5
MS 4000R	4"	1,5	7,40	66,6	71,4	72,9	0,53	0,66	0,74	4,5	416	14,0
MS 402	4"	2,2	10,0	72,5	75,5	76,0	0,56	0,71	0,82	4,7	346	11,9
MS 4000 (R)	4"	2,2	11,6	64,5	70,8	73,3	0,44	0,58	0,69	4,2	456	16,0
MS 4000 (R)	4"	3,0	14,6	67,5	72,8	74,6	0,48	0,62	0,73	4,4	496	17,0
MS 4000 (R)	4"	4,0	17,6	73,9	77,4	77,9	0,52	0,67	0,77	4,9	576	21,0
MS 4000 (R)	4"	5,5	24,2	76,0	78,8	79,6	0,51	0,66	0,76	4,9	676	26,0
MS 6000 (R)	6"	5,5	24,8	77,0	79,0	80,0	0,51	0,64	0,73	4,5	544	35,5
MS 6000 (R)	6"	7,5	32,0	79,0	82,0	82,0	0,55	0,68	0,77	4,6	574	37,0
MS 6000 (R)	6"	9,2	39,5	77,0	80,0	80,0	0,56	0,70	0,78	4,8	604	42,5
MS 6000 (R)	6"	11	45,0	81,0	82,5	82,5	0,60	0,72	0,79	4,8	634	45,5
MS 6000 (R)	6"	13	54,5	81,0	82,5	82,5	0,58	0,71	0,78	4,8	664	48,5
MS 6000 (R)	6"	15	62,0	82,0	83,5	83,5	0,59	0,71	0,78	5,2	699	52,5
MS 6000 (R)	6"	18,5	76,5	82,5	84,5	84,0	0,56	0,69	0,77	5,3	754	58,0
MS 6000 (R)	6"	22	87,5	84,5	85,0	84,0	0,61	0,74	0,81	5,2	814	64,0
MS 6000 (R)	6"	26	104	83,5	84,0	83,5	0,61	0,73	0,81	5,0	874	69,5
MS 6000 (R)	6"	30	120	83,0	84,0	83,0	0,59	0,72	0,80	5,0	944	77,5

MS 402: Данные относятся к 3 x 220 В.



5  
ДВИГАТЕЛИ И УПРАВЛЕНИЕ

GRUNDFOS

GRUNDFOS



## 5.1 ТИПЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Эта глава относится только к погружным электродвигателям и к элементам их управления. Погружные электродвигатели — это специализированный тип изделий, предназначенный для работы под водой. В остальном их принцип работы такой же, как и у всех прочих асинхронных электродвигателей.

Обратите внимание, что все электродвигатели Grundfos 4", 6", и 8" соответствуют стандартам NEMA.

Погружной электродвигатель MS состоит из корпуса и кабеля. Система присоединения кабеля представлена разъёмным кабельным вводом и позволяет легко заменить его при необходимости. Кабель рассчитан для использования под водой, чтобы сократить занимаемое вдоль насоса пространство, а над насосом соединяется с ответвительным кабелем при помощи концевой кабельной муфты.

### Герметичный электродвигатель

В герметичном электродвигателе обмотки выполнены из эмалированного провода (как в двигателях Grundfos MS), герметично защищенным от внешних воздействий и залитым специальным материалом для фиксации обмоток и увеличения теплопередачи. В этих электродвигателях используется система опорных подшипников, состоящая из верхнего и нижнего радиальных подшипников, а также верхнего и нижнего упорных подшипников. Гидродинамическая работа упорных подшипников и подшипников скольжения осуществляется в моторной жидкости на водной основе.

### Электродвигатель с мокрой обмоткой, (перематываемый)

В моторах этого типа обмотка статора погружена в охлаждающую жидкость, поэтому обмотку выполняют специальным герметичным проводом. Соединение между обмотками и кабелем электродвигателя также герметично и всегда находится внутри электродвигателя, система разъема отсутствует.

### Маслонаполненный электродвигатель

Двигатель с масляной изоляцией оснащен стандартной пропитанной обмоткой электродвигателей. В электродвигатель заправлено трансформаторное масло, которое используется для смазки и в качестве охлаждающего агента. Масло должно обладать хорошими изолирующими свойствами и может быть как минеральным, так и растительным. Кабельное соединение, обычно, выполняется внутри электродвигателя, аналогично двигателям с мокрой обмоткой, лишь некоторые из них обладают кабельными

разъёмами. Маслонаполненные двигатели включают в себя систему шариковых подшипников.

### Однофазные электродвигатели

Существует несколько исполнений однофазных электродвигателей. Все они обладают характерными преимуществами и недостатками. Для большинства электродвигателей требуется конденсатор и прочие принадлежности, встроенные в блок пускового устройства. Блок пускового устройства предназначен для пуска насоса и подбирается отдельно для каждого конкретного электродвигателя.

### Электродвигатели с постоянным разделением емкости (PSC)

Простые и надежные двигатели PSC требуют наличия рабочего конденсатора, постоянно включенного в цепь вспомогательной обмотки электродвигателя. Ёмкость конденсатора выбирается путем нахождения компромисса между увеличением пускового крутящего момента и обеспечением высокого КПД во время работы.

**Преимущества:** простота в эксплуатации, низкая стоимость, надежность, бесшумная работа.

**Недостатки:** низкий пусковой момент и низкий КПД.

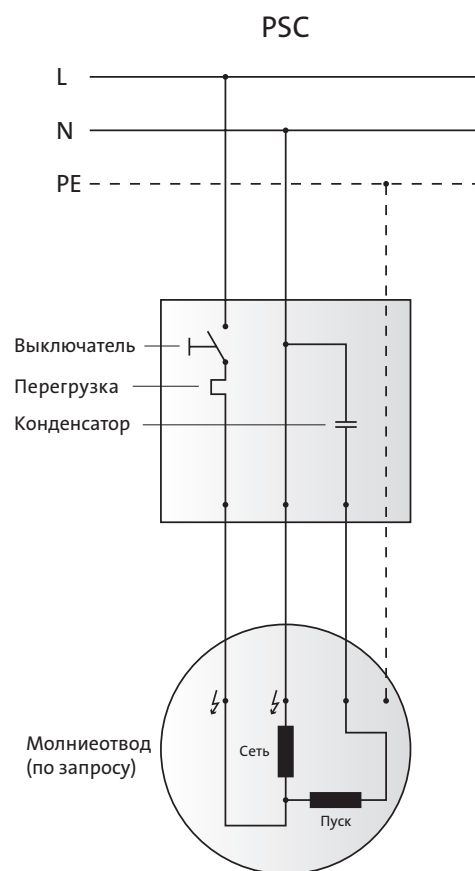


Рисунок 30 Схема подключения электродвигателя с постоянным разделением емкости (PSC)

**Электродвигатель с пусковым конденсатором (CSIR)**

Конденсатор электродвигателей CSIR последовательно включен в цепь пусковой обмотки статора. После того как скорость вращения электродвигателя приблизится к номинальной, цепь пусковой обмотки размыкается. Обычно двигатели CSIR используются для небольших номиналов <1,1 кВт.

**Преимущества:** высокий пусковой момент.

**Недостатки:** шумная работа (справедливо для однофазного двигателя), для отключения пускового конденсатора требуется реле.

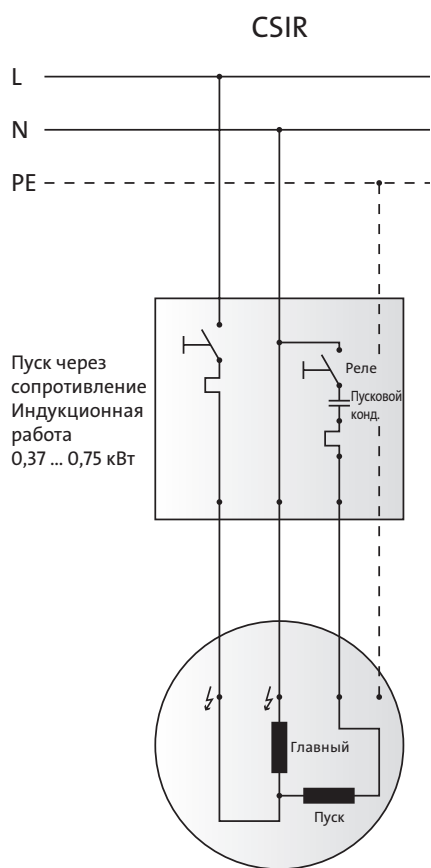


Рисунок 31 Схема подключения электродвигателя CSIR

**Электродвигатель с пусковым и рабочим конденсаторами (CSCR)**

В этом электродвигателе установлен как пусковой конденсатор для увеличения пускового момента, так и рабочий конденсатор (PSC). Это обеспечивает плавную работу и высокий КПД. Двигатель сочетает преимущества обоих указанных выше типов.

**Преимущества:** высокий пусковой момент, высокий КПД.

**Недостатки:** стоимость блока управления.

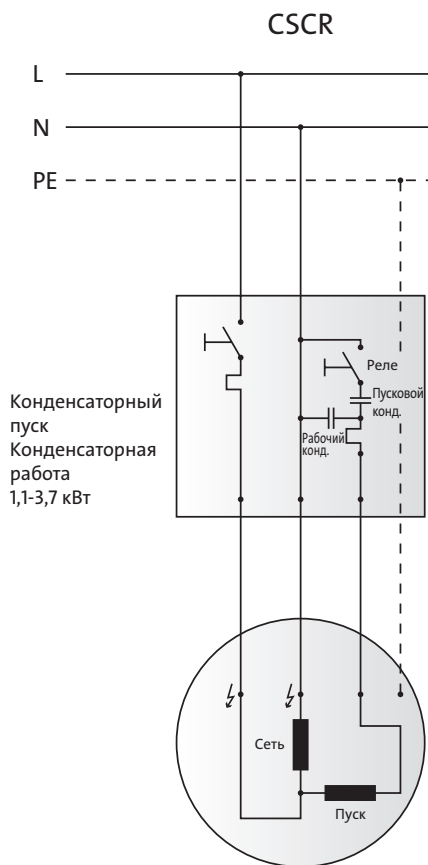


Рисунок 32 Схема подключения электродвигателя CSCR



### Асинхронный электродвигатель с пуском через сопротивление (RSIR)

Асинхронный электродвигатель с пуском через сопротивление (RSIR) оснащен встроенным в обмотку электродвигателя реле, которое отсоединяет пусковую обмотку, когда скорость вращения электродвигателя достигает приблизительно 75% от номинальной величины.

**Преимущества:** нет необходимости устанавливать конденсаторы (отсутствие блока управления), простота установки.

**Недостатки:** ограниченный пусковой момент, ограниченная номинальная мощность (только до 1,1 кВт).

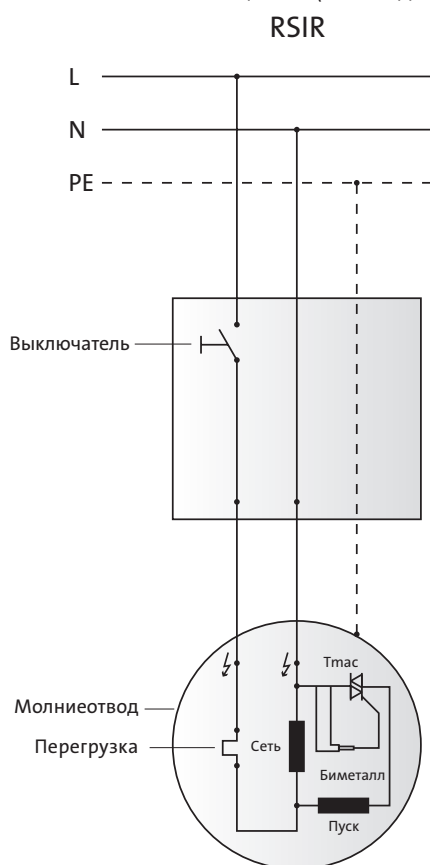


Рисунок 33 Схема подключения электродвигателя RSIR

#### Терминология: 2- и 3-проводные электродвигатели

Данные определения связаны с количеством проводов, необходимых для электрического подключения двигателя, при этом не учитывается заземляющий проводник. 2-проводные электродвигатели подключаются к питающей сети тремя проводниками: фаза, нейтраль и защитное заземление. 3-проводные двигатели подключаются к питающей сети четырьмя проводниками: фаза, нейтраль, питание вспомогательной обмотки и защитное заземление.

#### 2-проводные электродвигатели:

- Электродвигатели PSC в случае, если конденсатор уже встроен в мотор.
- RSIR.

#### 3-проводные электродвигатели:

- Электродвигатели PSC с конденсатором во внешнем блоке управления или пуска.
- Электродвигатели CSIR.
- Электродвигатели CSCR.

#### Ограничение рабочих характеристик электродвигателя

При подборе оборудования всегда необходимо учитывать условия эксплуатации электродвигателя, такие как: высокая температура окружающей среды и перекачиваемой жидкости; отклонение напряжения питающей сети от номинальных значений; несимметрия напряжения и возможности возникновения импульсных перенапряжений питающей сети. Любой из этих факторов создаёт дополнительную нагрузку на обмотку электродвигателя.

Самым простым решением является использование электродвигателя большей номинальной мощности, обычно не более чем в 2 раза выше необходимого. В результате продлевается срок службы, но КПД не будет оптимальным, поскольку двигатель никогда не будет эксплуатироваться в номинальной рабочей точке. Коэффициент мощности также будет низким, так как нагрузка будет ниже номинальной.

Более правильное решение – это специальная укладка обмотки электродвигателя, распределение ее по большей длине. Вследствие этого увеличивается площадь поверхности обмотки, и, как результат, электрические характеристики и способность к охлаждению. Такие электродвигатели предназначены для более высоких температур, более широких допустимых отклонений напряжения питания и пр. К тому же КПД такого электродвигателя сохраняется или даже увеличивается.

## 5.2 КАБЕЛИ И КАБЕЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Установка скважинных насосов предполагает использование погружных электродвигателей, при этом силовой кабель, а также его соединение с ответвительным кабелем находятся под водой. Если по какой-либо причине кабель электродвигателя не полностью погружен в воду, следует всегда проверять допустимую токовую нагрузку. См. также главу 7.5.

Кабель электродвигателя, соединительная муфта и погруженная часть ответвительного кабеля имеют достаточно большую площадь контакта с перекачиваемой средой. Важно выбрать правильный материал для конкретного случая. Также следует принимать во внимание местные требования к питьевой воде.

### 5.3 УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Для погружных насосов можно использовать тот же тип защитных устройств, что и для стандартных. Важно предотвратить влияние короткого замыкания на питающую сеть, и защитить электродвигатель от обрыва фазы и от перегрузки.

В большинстве однофазных электродвигателей имеется встроенная защита от перегрева. Если защита не встроена в обмотку, ее необходимо включить в клеммную коробку. Преимуществом данного типа защит является возможность простой организации сброса аварии как в ручном, так и в автоматическом режиме. Устройства защиты от перегрева должны соответствовать характеристикам обмотки электродвигателя, в которой их устанавливают.

Pt100 и Pt1000 — это стандартные резисторы с линейной зависимостью сопротивления от температуры. Датчики на их основе предназначены для контроля изменения температуры во времени. В герметичных электродвигателях датчик расположен в отверстии монтажной шпильки и измеряет температуру корпуса; в электродвигателях с мокрой обмоткой датчик находится в жидкости, которой электродвигатель заполнен.

Резисторы РТС и NTC редко используются в погружных применениях, поскольку они недостаточно быстрые и надежные для защиты погружного электродвигателя.

Grundfos предлагает специальный датчик температуры под названием Tempson. Это резистор NTC, расположенный возле обмотки для измерения температуры. Температура преобразуется в сигнал высокой частоты, передаваемый по линии питания электродвигателя и считывается блоком MP 204, где детектируется и отображается как температура на панели блока. MP 204 — это современная система комплексной защиты погружных, и не только, электродвигателей от различных негативных явлений.

### 5.4 МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПУСКОВЫХ ТОКОВ

Целью снижения пусковых токов является защита другого оборудования от скачков напряжения в связи с нагрузками большой мощности. Также осуществляется защита трубопроводов от гидравлических ударов.

Существует несколько способов уменьшить влияние на сеть, однако не все они применимы к насосам. Ниже опи-

саны несколько различных путей снижения пускового тока, а также данные о работе погружных насосов с преобразователями частоты.

Это относится к насосам с радиальными и полурадиальными рабочими колесами, включая насосы Grundfos SP. Однако осевые насосы здесь не рассматриваются.

Поскольку пусковой ток электродвигателя насоса часто превышает номинальный ток в 4–7 раз, в течение короткого времени наблюдается значительная нагрузка на сеть и электродвигатель. Чтобы защитить сеть, во многих странах существуют правила по снижению пусковых токов. Обычно это сводится к ограничению максимальной нагрузки в кВт или амперах, при которой допускается прямой пуск (DOL); это ограничение довольно сильно меняется в зависимости от страны, поэтому необходимо соблюдать местные требования. В некоторых случаях допускаются только определенные методы снижения пусковых токов.

Способы пуска электродвигателей:

- DOL — Прямое включение
- SD — «Звезда-треугольник»
- AF — Пусковой трансформатор
- RR — Реостатный пускатель
- SS — Устройство плавного пуска
- FC — Преобразователь частоты

Прежде чем сделать выбор, необходимо тщательно проверить область применения и технические требования, а также местные предписания и нормы.

#### 5.4.1 Метод прямого включения — DOL

При пуске методом DOL двигатель напрямую соединен с сетью посредством контактора или похожего устройства. Предположим, что все прочие параметры постоянные, тогда во время прямого пуска DOL в электродвигателе вырабатывается наименьшее количество тепла, следовательно, максимально продлевается срок службы электродвигателей мощностью до 45 кВт. При более высокой мощности электродвигателей механическая нагрузка будет настолько значительной, что Grundfos рекомендует снижать токи. Кроме того, несмотря на то, что стартер электродвигателя в схеме прямого пуска DOL обеспечивает самый высокий пусковой ток, это приведет к минимальным колебаниям в сети.



Способ снижения пусковых токов	Снижение пускового тока	Стоимость	Соотношение цена/производительность	Занимаемая площадь	Удобство пользования	Надежность	Снижение импульсов давления		Энергосбережение
							Механических	Гидравлических	
DOL	Нет	Низкая	Хорошее	Небольшая	Да	Да	Нет	Нет	Нет
SD менее 45 кВт более 45 кВт	Нет Да	Низкая Низкая	Низкое Хорошее	Небольшая Небольшая	Да Да	Да Да	Нет Да	Нет Нет	Нет Нет
AF	Да	Средняя	Хорошее	Средняя	Да/Нет	Да	Да/Нет	Нет	Нет
RR									
SS	Да	Средняя	Хорошее	Средняя	Да/Нет	Да/Нет	Да	Да	Да/Нет
FC	Да	Высокая	Хорошее	Средняя/ Высокая	Да/Нет	Да/Нет	Да	Да/Нет	Да/Нет

Однако во многих погружных насосах используются длинные кабели, что автоматически приводит к снижению пускового тока в связи с простыми физическими законами, поскольку емкостное сопротивление кабеля уменьшает ток. Если, например, кабель длинный и предназначен для снижения напряжения на 5% от предельной нагрузки (амперы), уменьшение пускового тока будет происходить автоматически. Этот пример проиллюстрирован ниже.

### Пример:

#### х рабочий ток

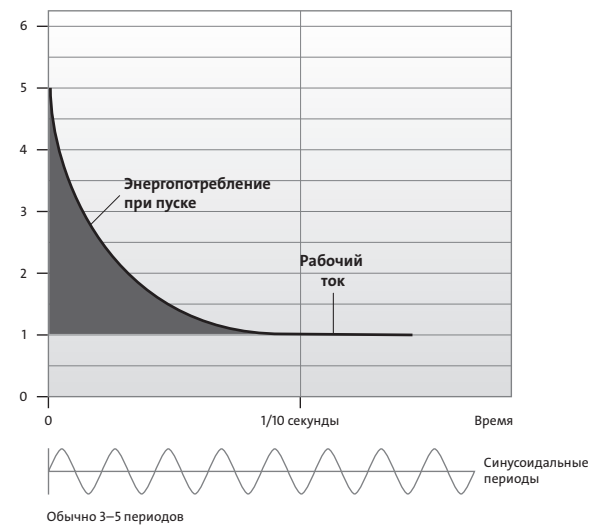


Рисунок 34 Ток при прямом пуске DOL



### 5.4.2 Схема включения «звезда-треугольник» — SD

Наиболее распространенный метод снижения пусковых токов электродвигателей в общем — это пуск способом «звезда-треугольник». Во время пуска электродвигатель подключен способом «звезда», а после окончания пуска переключается на «треугольник». Это происходит автоматически через заданный временной интервал. Во время запуска в положении «звезда» напряжение на клеммах электродвигателя снижается на 58 % от номинального пускового напряжения. Этот метод пуска широко известен на рынке и относительно недорог, прост и надежен, поэтому применяется довольно часто.

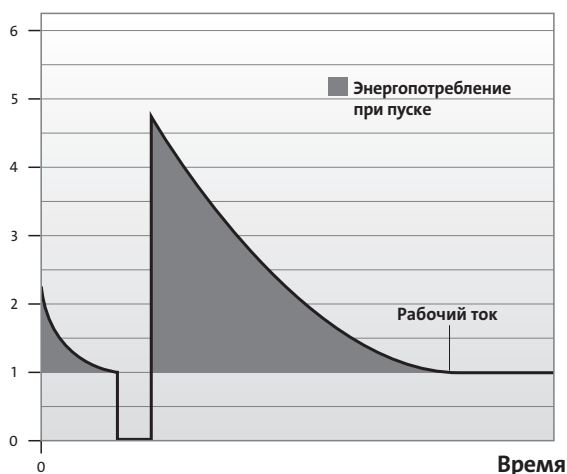


Рисунок 35 Пуск электродвигателя по методу «звезда-треугольник» — SD

Схема пуска SD не рекомендуется для насосов SP и в общем для насосов с низким моментом инерции, поскольку при переключении со «звезды» на «треугольник» происходит потеря скорости, а сам способ подключения не очень эффективен и даже не экономичен. Погружной насос разгоняется с 0 до 2900 об/мин за три цикла (0,06 с). Это также означает, что насос немедленно останавливается при отключении тока от сети.

Если сравнивать пусковые токи при прямом включении DOL и при включении по методу «звезда-треугольник», во втором случае при включении наблюдается заметное снижение величины тока. При переключении со звезды на треугольник насос быстро останавливается, и во второй раз он должен запускаться напрямую. Из графика видно, что на втором этапе значительного сокращения пускового тока уже не происходит.

Для центробежных насосов с большим диаметром и массой ситуация складывается немного по-другому, поскольку они обладают большим моментом инерции. Помните, что длительная работа в режиме «звезда» может привести к значительному нагреву электродвигателя и к сокращению его срока службы.

Системы, содержащие скважинные насосы с электродвигателями, подключаемыми методом SD часто бывают дороже, чем другие аналогичные установки, поскольку в этом случае требуются два соединительных кабеля (6 проводов) вместо одного (3 провода), необходимого в обычной ситуации. Как следствие, должны иметься два гнездовых соединения, что делает такой электродвигатель на 5% дороже обычного с одним разъемом.

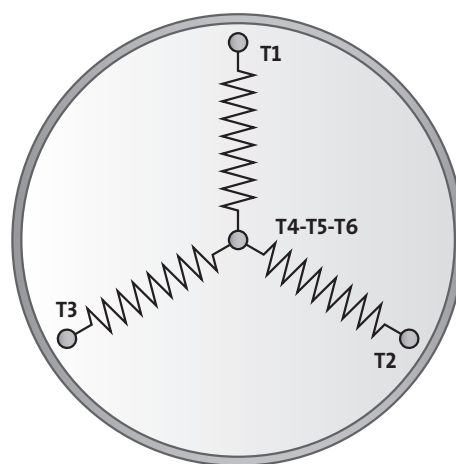


Рисунок 36 Метод подключения «звезда» при пуске

Спустя заданное время устройство пуска переключает обмотки на схему «треугольник», проиллюстрированную на рисунке 37.

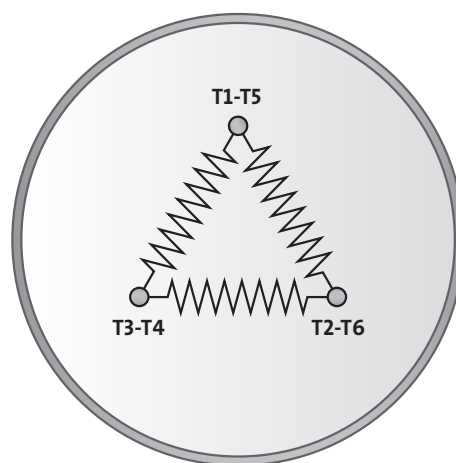


Рисунок 37 Подключение электродвигателя по схеме «треугольник»



### 5.4.3 Метод включения электродвигателя через пусковой трансформатор — АТ

Такой метод пуска предполагает снижение напряжения с помощью трансформаторов (обычно двух), по одному на каждую фазу. Этот принцип также называется методом Корндорфа.

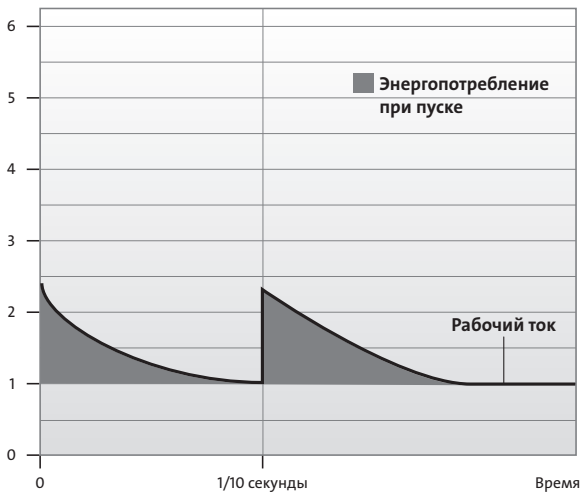


Рисунок 38 Электрический ток при пуске с автотрансформатором

Когда требуется запуск электродвигателя, на него сначала подается пониженное напряжение, а затем полное. При переключении обмотки трансформаторы подключены как дроссельные катушки. Это значит, что электродвигатель все время подключен к сети, а частота вращения электродвигателя не снижается. Энергопотребление при запуске показано на рисунке 34.

Пусковые трансформаторы относительно дороги, но очень надежны. Пусковой ток определяется характеристиками электродвигателя и насоса и в зависимости от их типоразмера может значительно колебаться.

Никогда не включайте автотрансформатор в цепь более чем на 3 секунды.

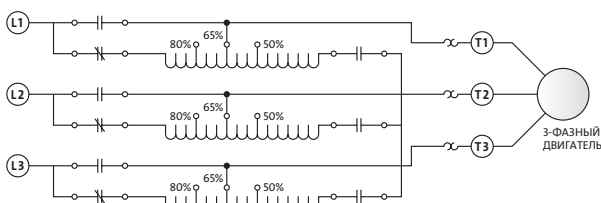


Рисунок 39 Типовая электрическая схема трансформаторного пуска электродвигателя с пониженным напряжением

### 5.4.4 Главное устройство пуска резистивного типа, RR

В этом методе пуска напряжение снижается посредством резисторов, подключенных последовательно в каждой фазе электродвигателя. Эта функция позволяет увеличить сопротивление во время пуска, тем самым ограничивая ток при заторможенном роторе. Правильно подобранное устройство пуска снижает пусковое напряжение (на клеммах электродвигателя) примерно до 70% сетевого напряжения.

Устройство пуска отключается контактором, управляемым таймером, это значит, что напряжение будет сниженным только в течение заданного времени, а электродвигатель будет получать питание постоянно.

Никогда не подключайте резисторы более чем на 3 секунды, поскольку это снизит пусковой момент и увеличит температуру обмотки.

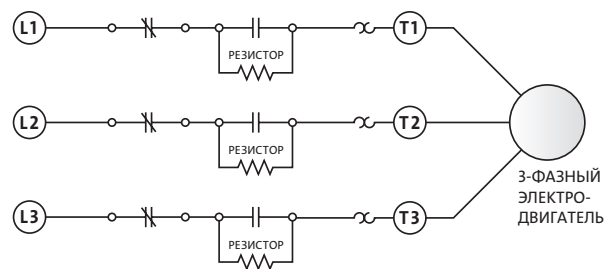


Рисунок 40 Типовая электрическая схема для резистивного устройства пуска со сниженным напряжением

### 5.4.5 Плавный пуск электродвигателя — SS

Устройство плавного пуска электродвигателя — это электронное устройство, которое снижает напряжение и, следовательно, пусковой ток путем фазового управления. Электронный прибор состоит из блока управления, в котором задаются различные рабочие и защитные параметры, и силового блока с симметричным триодным тиристором (триак).

Пусковой ток обычно ограничен величиной, в 2–3 раза превышающей рабочий ток.

**Номинальное напряжение**

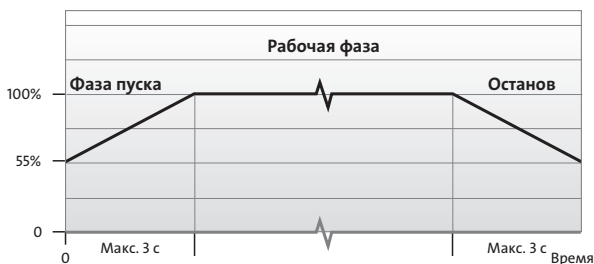


Рисунок 41 Рекомендуемое время пуска и останова, максимум 3 с.

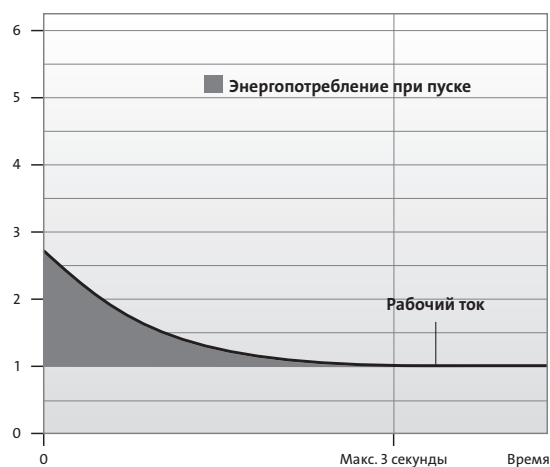


Рисунок 42 Электрический ток при плавном пуске

При сохранении прочих параметров, выключение электродвигателя по этому методу также обеспечивает снижение начального пускового момента. Наличие инерции в процессе плавного пуска может привести к значительному теплообразованию в электродвигателе, что ведет к сокращению его срока службы. Однако, при коротком времени ускорения/замедления (например, 3 секунды), это не имеет практического значения. Это утверждение относится также к пуску электродвигателей по методу SD (включение через «звезду-треугольник») и AF (подключение через пусковой трансформатор).

Поэтому при использовании устройства плавного пуска Grundfos рекомендует соблюдать указанные на рисунке временные параметры ускорения/торможения. В том случае, если требуется высокий пусковой момент, пусковое напряжение можно повысить до 55%. Однако при нормальных условиях эксплуатации для электродвигателей, которыми оснащаются насосы Grundfos, этого не требуется.

При плавном пуске электродвигателя, его выключатель обеспечивает подачу несинусоидального тока и вызывает некоторые помехи в сети. В сочетании с очень малым временем ускорения/торможения это не имеет практической значимости и не идет вразрез со стандартами относительно помех в сети.

Представляем новое поколение устройств плавного пуска электродвигателей. Они оснащены программируемой функцией быстрого повышения/понижения напряжения при пуске для еще большего снижения пускового тока или для снижения высоких инерционных потерь. Если используются такие устройства плавного пуска электродвигателя, время ускорения/торможения не должно превышать 3 секунды. В общем, Grundfos рекомендует всегда устанавливать устройство плавного пуска с обходным контактором с тем, чтобы электродвигатель в процессе эксплуатации работал в режиме DOL. Таким образом, снижаются износ и потери мощности в устройстве плавного пуска во время работы.

Рекомендуем использовать преобразователи частоты, если требуются другие значения времени нарастания/спада.

В том случае, если плавный пуск электродвигателей Grundfos производится через обходной контактор, они могут работать с системой тепловой защиты Tempcon.

Устройства плавного пуска могут использоваться только для 3-фазных погружных насосов.

Максимальная длительность периода сниженного напряжения не должна превышать 3 секунды.

### 5.4.6 Пуск с помощью преобразователя частоты — FC (частотно-регулируемый привод)

Частотный преобразователь идеально подходит для управления производительностью насоса путем регулировки скорости электродвигателя до требуемой рабочей точки, что позволяет получить более эффективную и экономичную насосную установку. Поэтому этот тип устройств пуска является идеальным как для снижения тока при заторможенном роторе, так и для снижения перепадов давления.

**Примечание:** низкая частота вызывает медленное вращение рабочего колеса, снижая производительность насоса.

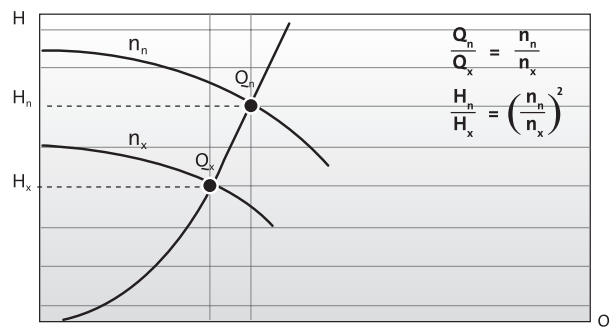


Рисунок 43 Производительность насоса с различными частотами

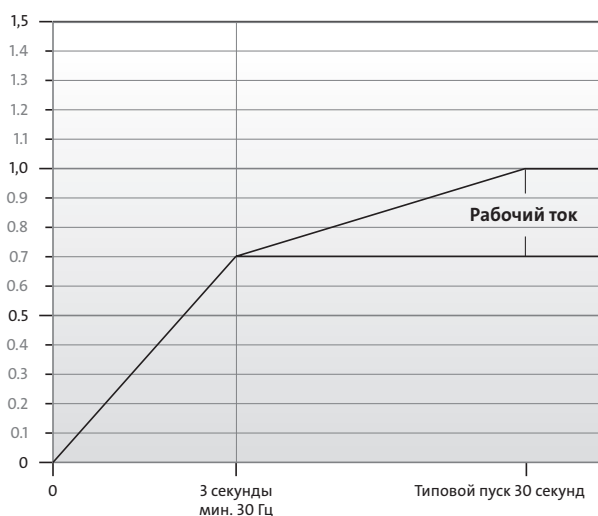


Рисунок 44 Электрический ток при пуске с преобразователем частоты

Преобразователи частоты имеют наиболее высокую стоимость среди вышеуказанных устройств и, в основном, используются при работе с переменной производительностью.

На рынке представлено несколько типов преобразователей частоты с различными техническими характеристиками. Ниже представлен их краткий обзор:

- Самый простой частотный преобразователь основан на кривой частоты напряжения. Этот преобразователь иногда называют преобразователем U/f или V/f. Они рассчитывают фактическое выходное напряжение по частоте, не учитывая фактическую нагрузку. С целью оптимизации к конкретной задаче могут выбираться различные кривые U/f или V/f. Обычно к насосам применяется кривая переменного момента. Такие частотные преобразователи самые дешевые и используются чаще всего.

- Следующий по сложности преобразователь — частотный преобразователь с векторным управлением. Этот преобразователь частоты учитывает модель электродвигателя и рассчитывает выходное напряжение на основе нескольких параметров, включая фактическую нагрузку. Это обеспечивает более высокую производительность при управлении валом электродвигателя, например, более высокую точность по частоте, моменту и пр. Эти приводы более дорогие, чем приводы на основе U/f, и обычно используются для промышленных задач. Однако они также используются в системах, в которых часто возникает нестабильность. Более точный способ управления валом обычно устраняет проблемы, вызванные нестабильным насосом, приводы с векторным управлением обычно имеют более высокий КПД или функцию автоматической оптимизации энергии.

Выходная секция частотного преобразователя может выполняться двумя разными способами: как с 6, так и с 12 транзисторами.

Их также можно назвать 6- или 12-импульсными инверторами. Чаще всего используются шесть транзисторов, поскольку это самый дешевый и простой способ создания выходного каскада. Для снижения нагрузки на изоляцию электродвигателя и улучшения качества управления был создан выходной каскад с 12 транзисторами. Эксплуатация с 12 транзисторами обычно сочетается с усовершенствованными средствами управления, основанными на моделях потоков электродвигателя. Преимущества 12-транзисторного решения обычно включают в себя улучшенное управление на низких скоростях и меньшую нагрузку на электродвигатель. 12-импульсный преобразователь частоты стоит дорого.

Основной фактор выбора при комбинировании преобразователя частоты и насоса — это ток полной нагрузки, включая коэффициент перегрузки. Преобразователь частоты следует выбирать таким образом, чтобы он всегда выдавал требуемый ток. Например, если для электродвигателя требуется 9,7 А, выберите преобразователь частоты с выходным током 9,7 А или выше.

## 5.5 ЭКСПЛУАТАЦИЯ С ЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

При эксплуатации погружных электродвигателей с частотными преобразователями следует принимать во внимание некоторые условия эксплуатации, приведенные ниже.

1а. Частотный преобразователь должен быть оснащен выходным фильтром для ограничения скачков напряжения ( $U_{\text{макс.}}$ ) и уменьшения  $dU/dt$  (или  $dV/dt$ ), которые приводят к нагрузке на изоляцию погружного электродвигателя. Максимальное напряжение ( $U_{\text{макс.}}$ ) необходимо снизить до уровня менее 850 В (кроме MS402);  $dU/dt$  также необходимо ограничить в соответствии с таблицей ниже.

Максимальный скачок напряжения и максимальный $dU / dt$ для погружных электродвигателей Grundfos		
Серия электродвигателя	Макс. напряжение $U_{\text{макс.}}$	Макс. $dU / dt$
MS402	650 В между фазами	2000 В / микровыкл.
MS4000	850 В между фазами	2000 В / микровыкл.
MS6/MS6000	850 В между фазами	2000 В / микровыкл.
MMS6/MMS6000	850 В фаза-земля	500 В / микровыкл.
MMS8000	850 В фаза-земля	500 В / микровыкл.
MMS10000	850 В фаза-земля	500 В / микровыкл.
MMS12000	850 В фаза-земля	500 В / микровыкл.

Все типовые выходные фильтры для преобразователей частоты — это фильтры Lc (также называются синусными фильтрами) или Rc. Поставщики частотных преобразователей могут предоставить данные значений  $U_{\text{макс.}}$  и  $dU/dt$ . См. главу 5.6.

Обычно фильтры также требуются в том случае, если вместе с преобразователем частоты используются длинные кабели электродвигателя.

Значения  $U_{\text{макс.}}$  и  $dU/dt$  следует измерять на клеммах двигателя.

Допустимые значения  $dU/dt$  приведены в таблице выше.

1б. Частотные преобразователи обычно разрабатываются для использования с промышленным оборудованием. Если частотный преобразователь используется в населенном пункте, во избежание воздействия электрических помех от преобразователя частоты на другое оборудование, подключенной к той же сети, может потребоваться установка входного фильтра. Обычно существует на выбор три возможных варианта применения фильтров:

- Без фильтра (только для промышленного использования, когда фильтрование происходит в другом месте).
- Фильтры для промышленных задач.
- Фильтры для бытовых задач.

Версия для бытового использования может являться дополнением к промышленной версии или поставляться отдельно.

Чтобы сохранить на изделии маркировку CE необходимо соблюдать требования из руководства по монтажу и эксплуатации для частотного преобразователя. Если требования не соблюдаются, маркировку CE наносить запрещено.

2. Скорость обтекания электродвигателя должна составлять минимум 0,15 м/с. Если при перекачивании достаточная скорость не достигается, электродвигатель необходимо оснащать кожухом охлаждения.

3. При управлении погружными насосами в открытых системах с высоким гидростатическим напором, энергопотребление не будет сильно меняться. Это значит, что снижение производительности насоса приведет к повышению выработки тепла в электродвигателе и, как следствие, к сокращению его срока службы. Для работы частотного преобразователя Grundfos всегда рекомендует использовать электродвигатель с запасом мощности, т.е. промышленный двигатель T60 или стандартный двигатель с уменьшенной мощностью.

4. Частота электродвигателя:  
минимум: 30 Гц  
максимум: 60 Гц

5. Использование частотного преобразователя отключает систему Grundfos Tempson в двигателях MS (предохранитель отключает электрическую систему от сети — без возможности восстановления). **Использовать MP204 вместе с частотным преобразователем нельзя.**

За температурой можно следить при помощи датчиков (Pt100 или Pt1000), установленных на погружной электродвигатель (анкерный болт для MS, MMS6 и MMS8000 установлен прямо в жидкость электродвигателя, а для MS10000 и MMS12000 во вставную трубку).

Сигнал может использоваться со стандартными измерительными реле или прямо в преобразователе частоты. Потребуется дополнительное кабельное соединение.



Если соблюдены описанные выше условия, срок службы электродвигателя будет надлежащим.

Обратите внимание, что внешние частотные преобразователи приводят к потере энергии и передаче импульсных помех, а также:

- приводят к выработке большего количества тепла в электродвигателе по сравнению со схемой прямого включения,
- снижают КПД электродвигателя,
- увеличивают энергопотребление электродвигателя.

Поэтому следует всегда использовать промышленный электродвигатель Т60, разработанный для компенсации этих недостатков.

С точки зрения экономичности эксплуатации, следует учитывать следующее:

- Частотное регулирование погружных насосов для глубоких скважин обычно не приводит к повышению экономичности эксплуатации при установке в скважине.
- Однако наличие частотного преобразователя уменьшает необходимость в больших резервуарах и месте для них.
- Частотное управление насосами сырой воды уменьшает перепад давления в трубной системе и колебания уровня воды в скважине при пуске и останове насоса.

Однако если требуется регулирование, например, постоянное давление, постоянный уровень воды в скважине или прочие величины, возможны различные варианты усовершенствования эксплуатации частотных преобразователей. Частотный преобразователь включает в себя логические входы и выходы. Также в него обычно входит раздел ПИД-регулирования для управления. Во многих случаях дополнительное оборудование можно не использовать, а применение частотного преобразователя в качестве пускателя и части системы управления улучшает общие показатели экономичности.

ПИД-регулятор широко используется при регулировании, а производители преобразователей частоты обычно дают советы по оптимизации использования данной особенности.

Помните, что неправильно запрограммированный ПИД-регулятор может привести к нестабильной работе и избыточному давлению в системе. Обратите внимание, что время разгона электродвигателя насоса SP до минимальной частоты 30 Гц не должно превышать 3 секунды.



Рисунок 45  
Семейство CUE

## 5.6 ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД CUE ДЛЯ НАСОСОВ SP

CUE — это преобразователь частоты вращения электродвигателей насосов Grundfos с логическим интерфейсом, повышающим удобство настройки и эксплуатации.

При помощи CUE, изменяя частоту, можно управлять производительностью насоса. Это позволяет программировать плавный пуск и останов насоса, снижает риск повреждений напорной трубы и всей трубопроводной системы нагнетания, а также уменьшает нагрузку от гидроудара и снижает нагрузку на клапаны и прочие устройства регулирования.

Эксплуатация на частоте ниже 30 Гц допустима не дольше, чем 3 секунды. Если частота превышает 30 Гц, ограничения на время работы отсутствуют.

Это правило необходимо соблюдать во время нарастания и спада.

Максимальная частота 60 Гц.

Данные для настройки CUE — всегда ток, а не мощность, поскольку погружные насосы часто отличаются от обычных.

## Функции

CUE позволяет поддерживать следующие параметры:

- постоянный перепад давления;
- постоянный уровень жидкости;
- постоянный расход вне зависимости от напора;
- постоянная температура, независимо от расхода;
- любая другая величина поддерживается постоянной.

## Кабель питания

Экранированный кабель питания погружного насоса не требуется. Обычно это не требуется по правилам ЭМС из-за подводной установки.

## Сетевой кабель

Это неэкранированный кабель, который идет от сети к CUE. Кабель между CUE и фильтром экранирован. Кабель от фильтра к электродвигателю насоса обычно не экранирован. Эти особенности показаны на двух примерах.

Если кабель используется вне скважины в сухой среде, экранированный кабель можно использовать с кабельным подключением к кабелю погружного насоса в устье скважины. На рисунке 46 ниже показано, как выбранный кабель можно использовать вместе с CUE и фильтром. Во втором примере соединительная коробка расположена в устье скважины.

Подробную информацию вы найдете в онлайн-инструменте Grundfos Product Center по адресу [www.grundfos.ru](http://www.grundfos.ru).

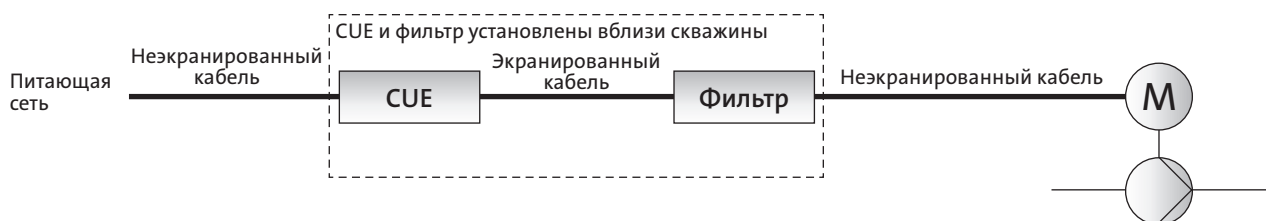


Рисунок 46 Погружной насос без соединительной коробки



\* Оба конца экранированного кабеля от фильтра к соединительной коробке необходимо заземлить

Рисунок 47 Погружной насос с соединительной коробкой и экранированным кабелем



### Выбор фильтра

На рисунке 48 изображена блок-схема выбора правильного фильтра для установки.

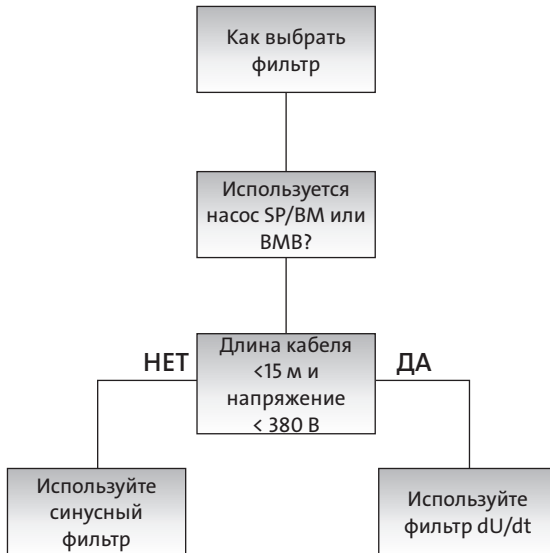


Рисунок 48 Принцип выбора фильтра на выходе из частотного преобразователя

Основное различие между фильтрами dU/dt и синусными фильтрами заключается в том, что имеющиеся в фильтрах dU/dt катушки и конденсаторы меньше по сравнению с катушками и конденсаторами в синусоидальных фильтрах.

Grundfos предлагает полный ассортимент фильтров для использования вместе с CUE.

### Указания по настройке

- Линейное изменение частоты (повышение и спад): максимум 3 секунды. Это необходимо для обеспечения смазывания опорных подшипников для ограничения износа и предотвращения выгорания обмотки.
- Используйте датчики PT100 для мониторинга температуры (может потребоваться экранированный кабель).
- Тепловая нагрузка разрушает электродвигатель => низкое сопротивление изоляции => чувствительность к пикам напряжения.
- Рекомендации по электродвигателям:
  - для MS: используйте электродвигатели с запасом 10% в заданной рабочей точке;
  - для MMS: всегда используйте электродвигатели с намоткой PE2 — PA.
- Используйте выходной фильтр.
- Сократите перепады напряжения макс. до 800 В.
- Grundfos рекомендует использовать частотный преобразователь Danfoss в сочетании с выходным (синусным) фильтром.
- Кабели выступают в качестве усилителей => измерьте или рассчитайте пики в электродвигателе.
- Выбирайте размер согласно току, а не выходной мощности.
- Выбирайте метод охлаждения корпуса статора в рабочей точке с наименьшим потоком. Необходимо учитывать минимальный поток м/с вдоль корпуса статора.
- Убедитесь, что насос используется в разрешенном диапазоне кривой характеристик насоса.
- Обратите особое внимание на давление нагнетания и достаточный NPSH, поскольку вибрации приводят к поломке электродвигателя.



6 ПИТАНИЕ



## 6.1 ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ниже приведена информация только по переменному току (АС), поскольку это основной источник питания для асинхронных двигателей.

### Распределение

Для эффективного использования выработанной электроэнергии, ее необходимо передавать напрямую из генераторной установки к месту потребления. Основная задача заключается в грамотном распределении электроэнергии, важно получить достаточное количество электричества в нужное время в нужном месте.

Наиболее эффективным способом передачи электроэнергии от генераторной установки к потребителю является увеличение напряжения при одновременном снижении тока. Это позволяет снизить потери электроэнергии в результате передачи. Эти потери называются потерями  $I^2 \times R$ , поскольку они равны квадрату тока, умноженному на сопротивление линий электропередач. Как только электроэнергия приближается к потребителю, необходимо понизить напряжение до уровня, необходимого потребителю. Даже в самых эффективных трансформаторах каждый раз при изменении уровня напряжения энергия теряется.

## 6.2 НАПРЯЖЕНИЕ

### 6.2.1 Асимметрия напряжений

Погружные электродвигатели предназначены для работы от линий электропередач при заданных напряжениях и частотой.

Дисбаланс напряжений можно контролировать платой регулировки трансформатора и/или генератора. Дисбаланс напряжений необходимо сводить к минимуму, поскольку он является основным источником дисбаланса токов, что, в свою очередь, ведет к выработке дополнительного тепла в электродвигателе.

Одной из возможных причин дисбаланса напряжений является неравномерное распределение однофазных нагрузок, которые со временем могут меняться. Следовательно, дисбаланса напряжений очень сложно избежать, если к сети подключено большое количество однофазных потребителей.

Для 3-фазного питания не рекомендуется использовать 2 однофазных трансформатора, подключенных по схеме «разомкнутый треугольник».

### 6.2.2 Низкое и высокое напряжение

Хотя обычно сети электроснабжения поставляют точно установленное напряжение, вблизи низковольтного трансформатора оно будет выше на 3–5%. Когда линии электропередач находятся под нагрузкой во время пикового энергопотребления, вследствие омического сопротивления может произойти падение напряжения.

Большинство сетей электроснабжения спроектированы таким образом, что в самой слабой точке по крайней мере один раз в год происходит понижение напряжения более чем на 10%. Но многие потребители все равно сталкиваются со значительными перепадами напряжения.

Для обеспечения нормальной работы любого электродвигателя требуется напряжение, которое не выходит за пределы расчетных значений. При скачках напряжения, крутящий момент и частота вращения вала электродвигателя значительно снижаются.

В результате этого возникает падение КПД и индуктивного сопротивления электродвигателя, что приводит к повышенному энергопотреблению и увеличенной выработке тепла в электродвигателе.

Если на электродвигатель при полной нагрузке центробежного насоса поступает напряжение на 10% ниже номинального, энергопотребление увеличивается примерно на 5%, а температура электродвигателя повышается примерно на 20%. Если рост температуры превышает максимальную температуру изоляции обмоток, это может привести к короткому замыканию и разрушению статора. Температура жидкости электродвигателей погружных насосов имеет крайне важное значение для смазки опорных подшипников.

На графике изображена допустимая нагрузка как функция от температуры.

Нагрузка (%) Зависимость допустимой нагрузки на подшипник с водяной смазкой от температуры

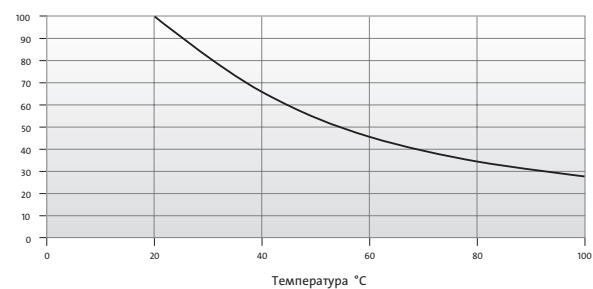


Рисунок 49 График: допустимая нагрузка на опорные подшипники как функция от температуры жидкости электродвигателя

Эта зависимость крайне важна, если электродвигатель работает в условиях высокой температуры и не имеет достаточного охлаждения, либо при одновременном возникновении сдвига фаз и скачков напряжения.

Обычно увеличение температуры обмотки, вызванное пониженным напряжением, приводит к ускоренному износу изоляции, что приводит к сокращению срока службы.

В случае перенапряжения из сети энергопотребление и выработка тепла на обмотках двигателя также увеличиваются.

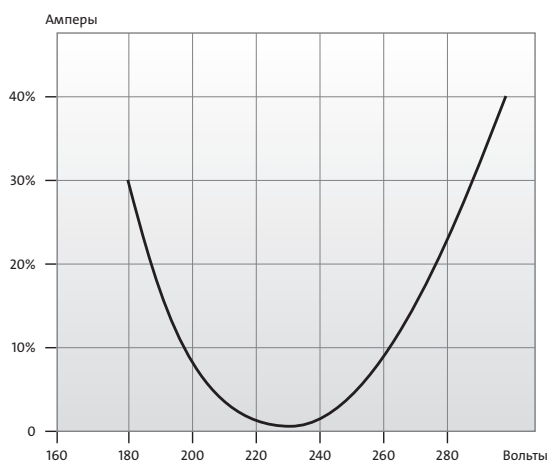


Рисунок 50 Дополнительное потребление тока при колебаниях напряжения

**Выводы**

1. При измеренных на клеммах колебаниях напряжения в пределах +6/-10% от указанного на фирменной табличке номинального значения, электродвигатель проработает заданный срок службы при условии, что энергопотребление не превышает указанную на фирменной табличке номинальную величину тока, что выполняется эффективное охлаждение электродвигателя, а также не возникают скачки напряжения и асимметрии.
2. Если кратковременные/периодические перепады напряжения превышают +6/-10% от номинального значения, сокращение срока службы будет умеренным, пока колебания не станут настолько значительными, что приведут к короткому замыканию обмоток статора.
3. При постоянных или длительных перепадах напряжения более +6/-10% необходимо снизить мощность электродвигателя или выбрать электродвигатель Grundfos промышленного назначения, позволяющий добиться приемлемого срока службы и КПД. Кроме того, рекомендуется всегда выполнять контроль температуры электродвигателя при помощи электрического блока защиты Grundfos MP 204.

Принято уменьшать мощность стандартного электродвигателя, чтобы обеспечить его длительный срок службы, если на сетевом кабеле можно ожидать перепады напряжения, выходящие за пределы более +6/-10%. Если на однофазные электродвигатели подается низкое напряжение, то для них нередко требуется установка конденсатора.

**6.3 ЧАСТОТА**

Частота всегда должна соответствовать номинальному значению, указанному на фирменной табличке. Если частота выше этого значения, может возникнуть перегрузка электродвигателя, а если ниже, то падает производительность насоса.

**6.4 ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЕ ПРИВОДЫ**

Чтобы добиться рационального распределения электроэнергии, коммунальные предприятия договорились использовать одинаковую частоту. Это позволяет подключать различные сети напрямую при условии, что частота и порядок фаз в них одинаковые.

В основном, сегодня самые распространенные в мире величины частот — это 60 Гц и 50 Гц.

Частота определяет скорость асинхронного двигателя. К сожалению, очень сложно точно рассчитать скорость асинхронного двигателя. Она определяется как разность между скоростью синхронного двигателя и скольжения.

Скольжение определяется как относительная разность скоростей вращения ротора и изменения переменного магнитного потока, создаваемого обмотками статора электродвигателя переменного тока. Скольжение вызывается результирующим моментом — это значит, что чем больше нагрузка (момент), тем больше скольжение. Другими словами, скольжение ротора асинхронного двигателя зависит от нагрузки.

Синхронную скорость электродвигателя можно рассчитать по формуле:

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

- Ns= скорость циклического изменения магнитного потока статора;
- 120 = константа;
- f = частота сети переменного тока, Гц;
- P = число полюсов обмотки статора.



Частотно-регулируемые приводы (ЧРП) используются для создания «новой» локальной сети, частота которой отличается от частоты линий электропередач энергетической компании, что позволяет отрегулировать частоту и скорость электродвигателя (и насоса).

Современные ЧРП могут выполнять регулировку в интервале от 0 до 400 Гц (или даже больше). Помните, что по мере роста скорости вращения вала, растёт и нагрузка, что, в конце концов, приводит к опасности перегрузки электродвигателя при его неправильном подборе.

Также следует помнить, что ЧРП нельзя использовать в качестве вольтдобавки. При регулировке напряжения соотношение частота/напряжение должно оставаться постоянным.

#### Практический пример

Параметры сети: 400 В, 50 Гц

Чтобы получить большой диапазон регулировки, вы подбираете насос для работы при 60 Гц. При этом, рекомендуемый диапазон регулировки составит от 30 до 60 Гц. Поскольку вольтдобавка не будет выполняться, вам следует выбрать электродвигатель, подходящий для работы при 400 В, 60 Гц.

#### Фильтры

Частотно-регулируемые приводы основаны на технологии, которая включает и выключает (отсекает) напряжение. Это значит, что выходная характеристика ЧРП только частично будет синусоидальной. В результате, образуются отрицательные последствия — передача гармонических искажений в сеть. Помехи от частотных преобразователей могут регулироваться местным законодательством и предполагают наличие фильтров. На выходной стороне необходимо определить длину, тип, размер кабеля и способ его прокладки в установке. Длинные кабели повышают риск создания высоких скачков напряжения, что ведет к повреждению изоляции погружного электродвигателя.

Grundfos рекомендует использовать выходные фильтры для всех ЧРП. Если поставщик ЧРП с определенной конфигурацией кабеля гарантирует, что  $U_{\text{макс}}$  на клеммах данного электродвигателя не превышен, такой вариант является приемлемым. См. таблицу на стр. 46.

#### Сила тока:

Обратите внимание, что определение параметров частотно-регулируемых приводов выполняется по значению тока электродвигателя, и что у погружного электродвигателя более высокие значения тока, чем у идентичного поверхностного двигателя.

## 6.5 ПОДКЛЮЧЕНИЕ К СЕТИ

Перед подключением к сети необходимо узнать ее характеристики: каково качество сети, какой используется тип заземления, какова надежность защиты от скачков напряжения и молний?

- Какое напряжение будет подаваться и с каким допуском?
- Какая частота будет подаваться и с каким допуском?
- Какова доступная мощность?
- Как часто ожидаются помехи в сети?
- Предусмотрен ли собственный трансформатор или будет использоваться общий? Если используется общий трансформатор, узнайте, насколько равномерно распределяется нагрузка в сети (только для 3-фазных электродвигателей).

Подача питания от сети к электродвигателю обычно называется сетевым питанием. Сетевое питание — это силовая линия с напряжением для промышленного применения.

Имеющееся сетевое напряжение преобразуется в подходящее посредством трансформатора, что является самым дешевым способом. Обратите внимание, что такой способ преобразования напряжения разрешен не во всех странах.

Для защиты погружного электродвигателя, потребуется устройство, которое в случае проблем может изолировать его от сетевого питания. Grundfos рекомендует использовать с этой целью электронный блок комплексной защиты электродвигателя MP 204.

### 6.6 АСИММЕТРИЯ ТОКОВ

Малая асимметрия токов обеспечивает самый высокий КПД электродвигателя и наиболее длительный срок его службы. Поэтому важно, чтобы на все три фазы нагрузка подавалась равномерно. Перед выполнением измерений необходимо убедиться, что насос вращается в правильном направлении (при правильном вращении достигается максимальная производительность). Направление вращения можно изменить путем перестановки 2 фаз. Асимметрия тока не должна превышать 5%. Если подключен блок МР 204, допускается значение 10%. Асимметрия тока рассчитывается по одной из двух формул:

$$I (\%) = \left( \frac{I_{\text{фаз. макс.}} - I_{\text{сред.}}}{I_{\text{сред.}}} \right) \times 100 [\%]$$

$$I (\%) = \left( \frac{I_{\text{фаз. макс.}} - I_{\text{сред. мин.}}}{I_{\text{сред.}}} \right) \times 100 [\%]$$

Максимальное значение служит в качестве выражения асимметрии тока. Ток необходимо измерять на всех 3 фазах, как показано на рисунке 51. Наилучшим способом подключения является тот, при котором обеспечивается минимальная асимметрия токов. Чтобы не приходилось менять направление вращения вала при изменении способа подключения, фазы необходимо менять так, как показано на рисунке 51. МР 204 позволяет не только защитить от слишком большого значения асимметрии напряжений, но и снимать фактические показания при использовании совместно с R100 или Grundfos Go (см. стр. 81). Это облегчает выбор оптимального подключения.

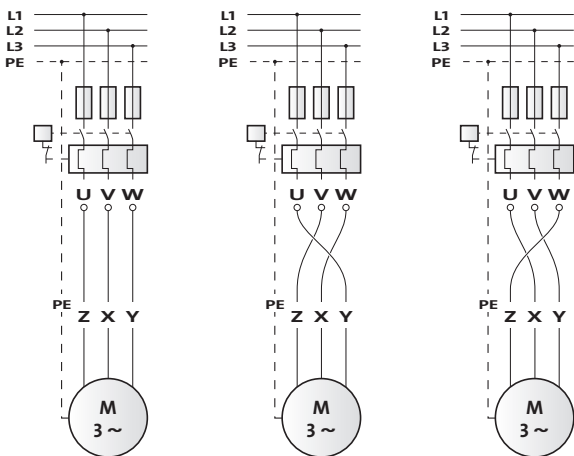


Рисунок 51 Схемы оптимальных подключений

#### Пример

См. схему на рисунке 51 и таблицу ниже.

Шаг 1	Подключение 1 UZ 31 A VX 26 A WY 28 A Всего 85 A	Подключение 2 Z 30 A X 26 A Y 29 A Всего 85 A	Подключение 3 Z 29 A X 27 A Y 29 A Всего 85 A
Шаг 2	Средняя суммарный ток = $\frac{85 + 85 + 85}{3 \times 3} = 28,3 \text{ A}$ величина тока:		
Шаг 3	Макс. отклонение тока от среднего значения: подключение 1 = 31 – 28,3 = 2,7 A подключение 2 = 28,3 – 26 = 2,3 A подключение 3 = 28,3 – 27 = 1,3 A		
Шаг 4	Асимметрия, %: подключение 1 = 9,5% — неприемлемо (свыше 5%) подключение 2 = 8,1% — неприемлемо (свыше 5%) подключение 3 = 4,6% — приемлемо		
Шаг 5	Если асимметрия тока превышает 5%, свяжитесь с энергетической компанией. В качестве альтернативы можно использовать электродвигатель промышленного назначения или оснащенный устройством МР 204. На пульте дистанционного управления вы сможете увидеть фактическую асимметрию тока. Асимметрия тока 5% соответствует асимметрии напряжения 1–2%.		

Даже небольшая асимметрия напряжения приводит к большой асимметрии тока, что в свою очередь, приводит к неравномерному распределению тепла на обмотках статора и к локальному перегреву. Эта связь графически изображена на рисунке 52.

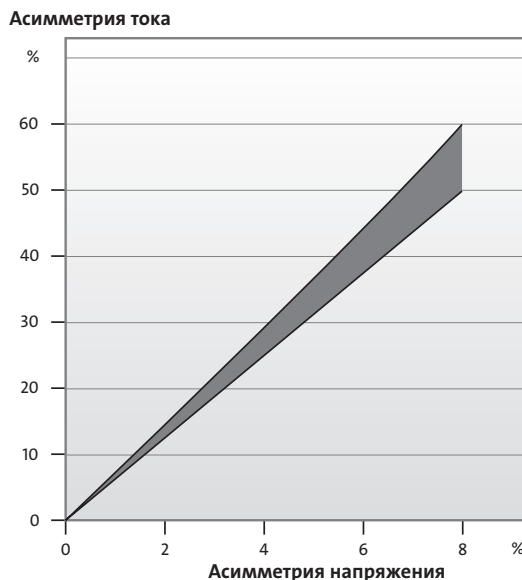
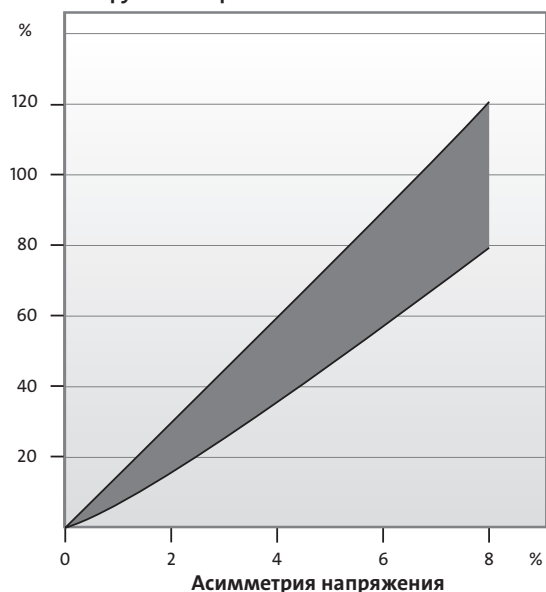


Рисунок 52 Зависимость асимметрии тока от асимметрии напряжения

**Рост температуры обмоток  
в самой нагруженной фазе**



*Рисунок 53 Зависимость температуры обмотки статора от значений асимметрии напряжения*

Асимметрия тока может создаваться вследствие неправильного расположения кабелей. Если используются кабели с защитной неметаллической оболочкой, проблем возникать не должно. Если используется одинарный провод, всегда рекомендуется располагать 3-фазные провода с одной стороны напорной трубы, а провод заземления располагать напротив по диагонали.

#### Гармоники напряжения

Силовые линии должны подавать синусоидальный сигнал по всем трем фазам. К полученному на электростанции синусоидальному напряжению в распределительной системе добавляются дополнительные гармоники.

Источники гармоник напряжения:

1. Частотные преобразователи без фильтров;
2. Устройства плавного пуска;
3. Контактные для крупных установок;
4. Конденсаторы в промышленных установках;
5. Удар молнии.

#### 1. Частотные преобразователи без фильтров

Современные частотные преобразователи, оснащенные индуктивно-емкостными (LC) или резистивно-емкостными (RC) фильтрами, можно настолько надежно защитить предохранителями, что при соединении преобразователя частоты с электродвигателем кабелем длиной до 100 м, не возникнет никаких пиков напряжения свыше 850. В этих условиях любой электродвигатель

Grundfos с надлежащим номиналом и охлаждением будет иметь приемлемый срок службы. Частотные преобразователи типа PWM (широко-импульсная модуляция) с фильтром LC или RC обеспечивают выходное напряжение, которое значительно отличается от идеальной синусоиды при переходном напряжении 600 В в сети 400 В и  $dU/dt$ : 2000–2400 В/мкс, измеренном при длине кабеля 1 м, в зависимости от производителя. Эти скачки напряжения будут расти с увеличением длины кабеля между частотным преобразователем и электродвигателем. Например, при длине 200 м переходные напряжения будут в два раза больше на вилке кабеля электродвигателя, т.е.,  $U_{\text{макс}}$  равняется 1200 В, а  $dU/dt$ : 1200 В/мкс (сеть 400 В). В результате снижается срок службы электродвигателя. Чтобы обеспечить оптимальный срок службы, в частотных преобразователях должен присутствовать хотя бы фильтр RC.

2. Подключенное устройство плавного пуска поглощает несинусоидальный ток и вызывает некоторые помехи в системе. В сочетании с очень малым временем ускорения/замедления, это не имеет практической значимости и не идет вразрез со стандартами относительно помех в сети. Если фаза пуска длится более трех секунд, несинусоидальные скачки напряжения приводят к перегреву обмотки электродвигателя, что сокращает его срок службы.
3. **Крупные установки** с прямым пуском DOL или подключенные по схеме «звезда-треугольник» могут искрить и, в случае если контакторы разомкнуты, создавать значительные пики напряжения. Эти выбросы могут привести к повреждению погружного электродвигателя.
4. Фазовая компенсация технологических установок может включать в себя сложные элементы управления с большим количеством конденсаторов большой емкости, которые возвращают пики напряжения в сеть. Опасность для погружных электродвигателей эти пики представляют только в случае слишком слабой сети.
5. **Удар молнии**, попавший в скважинную установку, шкаф управления или систему электроснабжения, разрушает все электрические установки. Скачок напряжения при ударе молнии может достигать 20–100 кВ и создать достаточно тепла для того, чтобы расплавить изоляцию. При ударе молнии в высоковольтную сеть создаются скачки напряжения, которые частично поглощаются через молниеотвод на трансформаторной подстанции и отводятся на шину заземления. Если в низковольтную сеть напрямую попадает молния,

имеется опасность возникновения скачков напряжения более 10–20 кВ на стартере электродвигателя насоса. Если шкаф управления и сам электродвигатель не защищены, соответственно, громоотводом и заземлением, то установка может получить повреждения, поскольку она находится в обладающих определенной электропроводностью грунтовых водах, и, следовательно, заземлены.

Повреждения погружных электродвигателей молнией могут быть нанесены как через силовую кабель, так и через заземляющий. В регионах с частыми грозами лучше всего защитить выключатель погружных электродвигателей путем установки молниеотводов на стороне главного выключателя и соединением их со стержневым заземлителем или, если возможно, с напорной трубой скважины в том случае, если она выполнена из стали.

Молниеотводы скважины следует устанавливать на выходной стороне изолирующего выключателя, заземленного на напорный трубопровод и обсадную трубу, если они выполнены из стали. В случае глубокой установки, молниеотводы можно устанавливать в кабель электродвигателя, поскольку скачки напряжения удваивают напряжение в ответвительном кабеле длиной 200 м. Но в общем молниеотводы необходимо устанавливать таким образом, чтобы их работу можно было периодически проверять мегомметрами, поскольку они изнашиваются при воздействии слишком сильных молний. Если сеть электроснабжения подвергается воздействию сильных скачков напряжения, вызванных ударом молнии, обратитесь в энергетическую компанию, чтобы они проверили молниеотводы на трансформаторной станции.

Если в систему ударила молния, необходимо тщательно проверить все компоненты шкафа управления. Заземляющие контакты или тепловое реле могут перегореть в различных фазах, что может вызвать асимметрию токов и напряжений на клеммах электродвигателя. Может произойти сгорание нескольких фаз контактора, что может вызвать понижение напряжения и дисбаланс. Если перегорело тепловое реле, то оно не сможет расцепиться и, следовательно, тем самым обеспечить защиту обмоток электродвигателя. Только некоторые электродвигатели, в которые попадает молния, разрушаются от самого удара, остальные выходят из строя из-за последствий. Погружные электродвигатели Grundfos MS402 имеют класс защиты изоляции до 15 кВ. Это максимальное значение напряжения, которое может пройти через электродвигатель, например, при ударе молнии вблизи него.







УСТАНОВКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

## 7.1 СКВАЖИНЫ И УСЛОВИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Скважина — это канал от поверхности земли до подземного водоносного горизонта, содержащего грунтовые воды. Глубина скважины составляет от нескольких метров до нескольких сотен метров.

Скважины обычно выполняются при помощи специального бурильного оборудования, которое способно проникать в различные слои грунта, такие как песок, глина, горная порода и пр. Для предупреждения обрушения стенок скважины внутри пробуренного канала обычно устанавливается обсадная труба.

Под обсадной трубой на уровне водоносного горизонта находится еще одна труба с мелкими отверстиями. Это скважинный сетчатый фильтр, через отверстия которого вода попадает в скважину. Он удерживает песок и крупные частицы, которые стремятся попасть в скважину. См. рисунок 54.

Чтобы улучшить качество фильтрации, диаметр пробуренного канала обычно на 2–3 дюйма превышает диаметр обсадной трубы. Песочный гравийный фильтр устанавливается между обсадной трубой и горизонтом, как показано на рисунке 54. Некоторые обсадные трубы уже включают в себя гравийный фильтр. Если все сделано правильно, этот фильтр предотвращает попадание песка и ила в скважину.

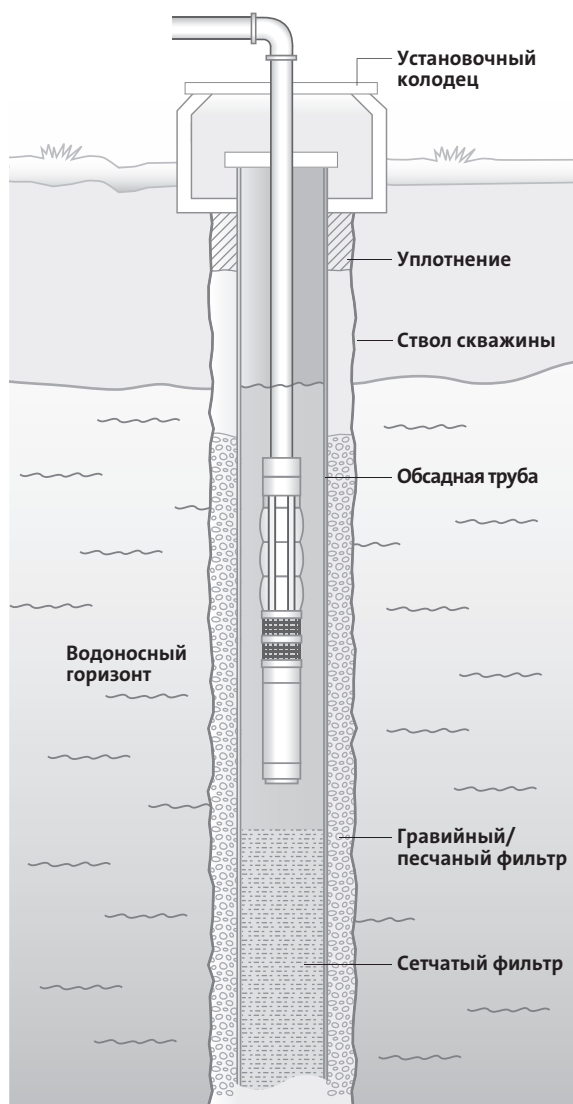


Рисунок 54 Основные компоненты скважины для грунтовых вод

Рекомендации по содержанию песка зависят от страны.

Национальная ассоциация грунтовых вод (NGWA) в США рекомендует следующие пределы содержания песка в воде скважины:

1. 10 мг/л в воде, используемой для производства продуктов питания и напитков.
2. 50 мг/л в воде для частных домов, муниципальных учреждений и промышленности.
3. 10 мг/л в воде для дождевания, промышленного охлаждения испарением и прочих задач, при которых умеренное содержание твердых примесей не ведет к негативным последствиям.
4. 15 мг/л в воде для сельскохозяйственного орошения.

Если концентрация песка превышает 15 мг/л, из скважины будет удалено настолько много материала, что горизонт и слои выше могут обрушиться, это сокращает срок службы скважины.

Для насосов Grundfos, в зависимости от модели насоса, содержание песка в скважинной воде может составлять от 50 до 150 мг/л. Если содержание песка равно 50 мг/л, КПД и срок службы насоса останутся приемлемыми для работы в течение 25 000–35 000 часов, что примерно составляет 4 года работы по 8 часов в день.

Если в скважинной воде содержание песка превышает 50 мг/л, по запросу поставляются насосы и электродвигатели, пригодные для эксплуатации в заданных условиях.

Перед вводом скважины в эксплуатацию, ее необходимо раскатать, так как в начале в новой скважине всегда образуется некоторое количество песка и ила, которые следует удалить. Процесс осуществляется путем выкачивания при очень высоком расходе, что приводит к засасыванию мелких частиц из горизонта в фильтр скважины. Этот процесс со временем делает фильтр более эффективным. Спустя примерно один день откачки скважина становится чистой и готова к нормальной работе.

Насос, используемый для прокачки скважины, из-за высокого содержания песка изнашивается относительно быстро, поэтому его нужно всегда заменять на новый, как только в скважине перестает появляться песок.

Насос всегда устанавливается над зоной фильтрации обсадной трубы. Таким образом гарантируется прохождение воды вдоль электродвигателя для его охлаждения. Если насос не удается установить выше сетчатого фильтра, рекомендуется установить охлаждающий кожух для создания необходимой скорости потока для надлежащего охлаждения вдоль электродвигателя. См. главу 10.

## 7.2 ГЛУБИНА СПУСКА НАСОСА

Глубина спуска насоса — это глубина, на которой насос устанавливается под землей. Насос должен быть способен поднимать воду из горизонта на поверхность и обеспечить определенное минимальное давление.

При установке насоса необходимо знать снижение уровня грунтовых вод и динамический уровень воды. Во время работы уровень воды никогда не должен опускаться ниже входа насоса. Риск кавитации обычно очень мал для погружных насосов. Однако необходимо всегда проверять NPSH конкретного насоса в рабочей точке.

Минимальное погружение входа насоса в метрах:  $NPSH (м) - 10 (м)$ .

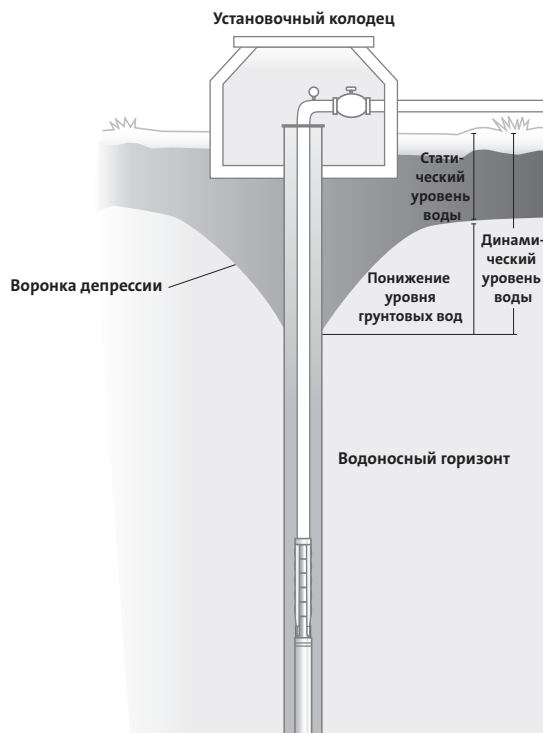


Рисунок 55 Статический и динамический уровни воды

## 7.3 ВЫБОР НАСОСА И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Определение характеристик и выбор погружных насосов описаны в главе 4.

### 7.3.1 Рабочая точка

Рабочая точка насоса — это расход, при котором КПД насоса максимален. Насос необходимо выбирать таким образом, чтобы расход всегда был как можно ближе к рабочей точке или слегка правее нее.



### 7.3.2 Диаметр скважины

Обычно, чем больше диаметр насоса, тем выше КПД.

Однако, всегда необходимо обеспечивать определенный минимальный зазор между поверхностью электродвигателя и внутренним диаметром скважины, т.к. насос должен свободно помещаться в скважину.

В правильно спроектированной скважине с фильтром ниже насоса и электродвигателя воде приходится проходить через зазор между обсадной трубой и электродвигателем. Это приводит к потерям на трение.

Если одновременно с этим электродвигатель расположен в скважине неровно, когда одна его сторона прилегает к обсадной трубе, одностороннее попадание воды внутрь насоса будут создавать турбулентность и влиять на производительность насоса.

На рисунке 56 показаны потери на трение для зазора от 4 до 16 мм в скважине диаметром 6 дюймов, а на рисунке 57 — для скважины диаметром 8 дюймов.

Турбулентность и потери на трение приводят к снижению эффективности насоса, которая в некоторых случаях может оказаться чрезмерной.

Если скважинный фильтр установлен над насосом, вода проходит через зазор между насосом и обсадной трубой, что приводит к потерям на трение.

Если одновременно с этим насос расположен в скважине неровно и прилегает к обсадной трубе, он наполовину уменьшит приток через входную муфту. Односторонний разворот воды на входе создает турбулентность на входе, которая влияет на работу насоса.

На рисунке 58 показаны турбулентность/потери на трение для худшего случая для насосов 6" в скважинах 6" различного диаметра.

На рисунке 59 показаны турбулентность/потери на трение для худшего случая для насосов 8" в скважинах 8" различного диаметра

Турбулентность и трение являются причинами снижения эффективности насоса.

### 7.3.3 Дебет скважины

Многие насосы могут откачивать слишком много воды из скважины, что приведет быстрому иссушению скважины. Чтобы избежать чрезмерной откачки, насос необходимо выбирать с учетом производительности скважины. Поэтому мы рекомендуем следить за уровнем грунтовых вод.

Чрезмерная откачка может вызвать несколько проблем:

- Сухой ход и повреждение насоса.
- Инфильтрация непитьевой воды, т.е. морской.
- Химические реакции в скважине при взаимодействии кислорода с сухим водоносным горизонтом.

Чрезмерное снижение уровня воды также приводит к увеличению энергопотребления, поскольку его необходимо компенсировать дополнительной высотой нагнетания.

### 7.3.4 КПД насоса

Максимальный КПД насоса наблюдается в узком диапазоне значений расхода. Этот диапазон обычно используется для выбора насоса. Максимальный КПД насоса SP46 приходится на расход около 46 м<sup>3</sup>/ч, для SP60 — 60 м<sup>3</sup>/ч и так далее для всех остальных насосов SP.

Если требуемый расход находится между двумя моделями, т.е. 66 м<sup>3</sup>/ч, можно использовать насосы SP60 и SP77 с одинаковым КПД. В результате, начинают действовать прочие параметры системы:

- Диаметр скважины (см. главу 7.3.2).
- Дебет скважины (см. главу 7.3.3).
- Резервная мощность.

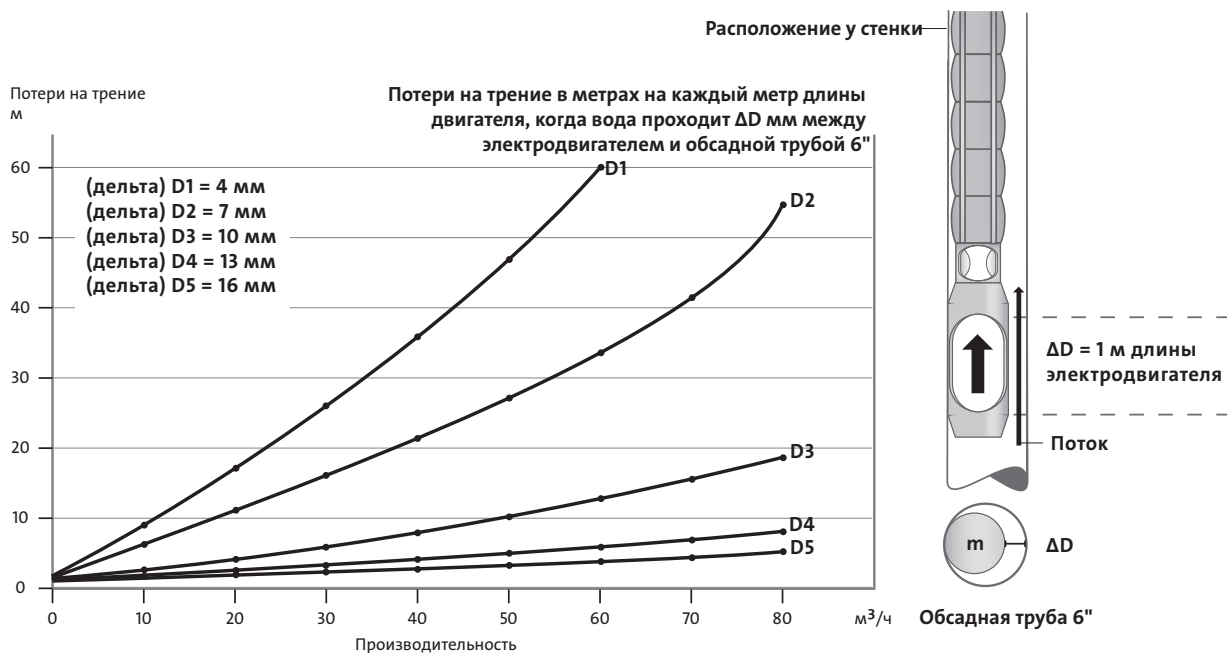


Рисунок 56 Потери на трение, обсадная труба 6"

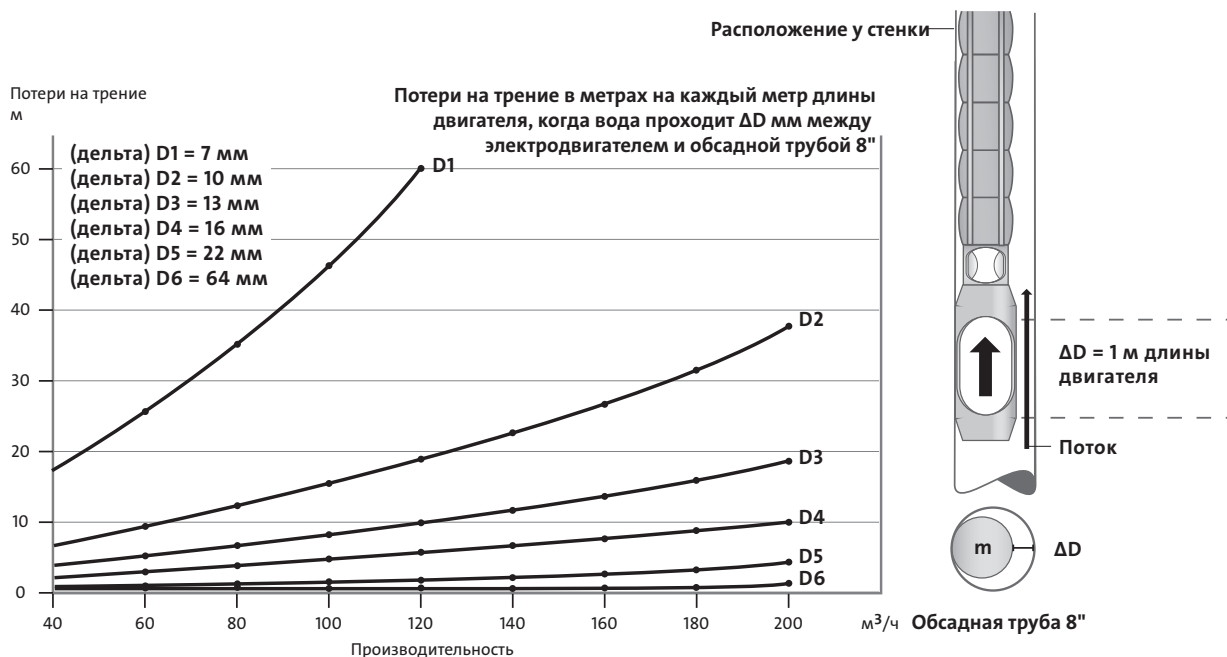


Рисунок 57 Потери на трение, обсадная труба 8"

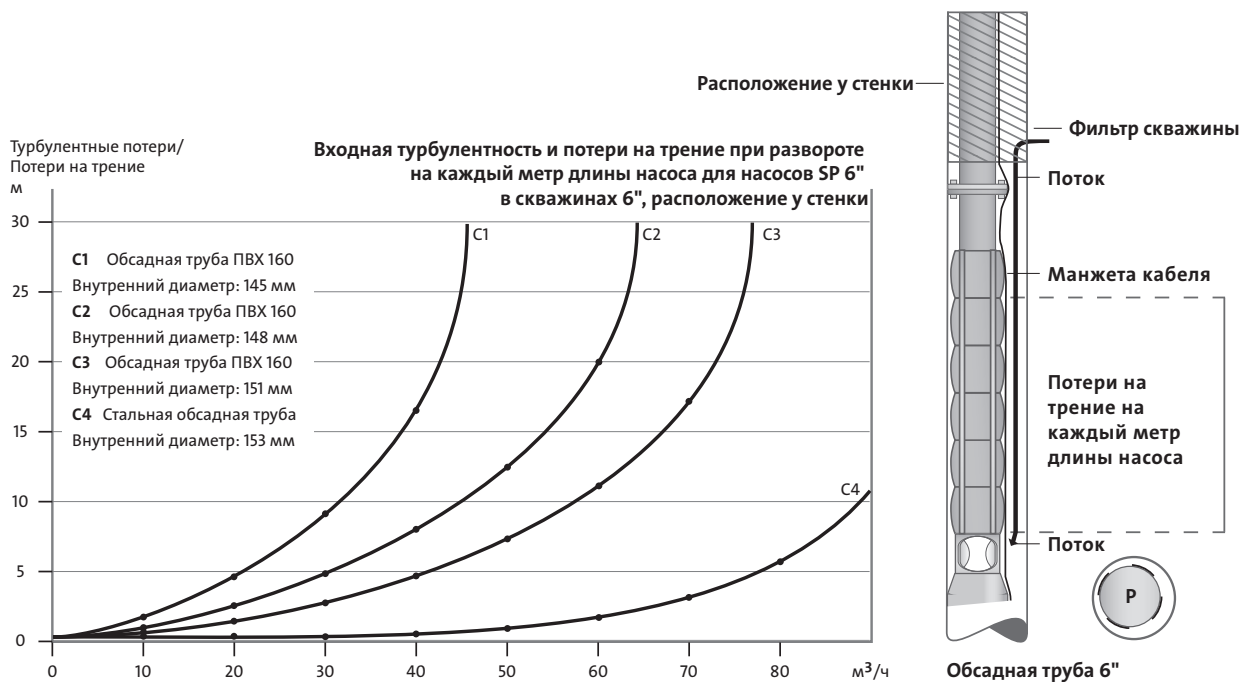


Рисунок 58 Разворот воды на входе, 6"

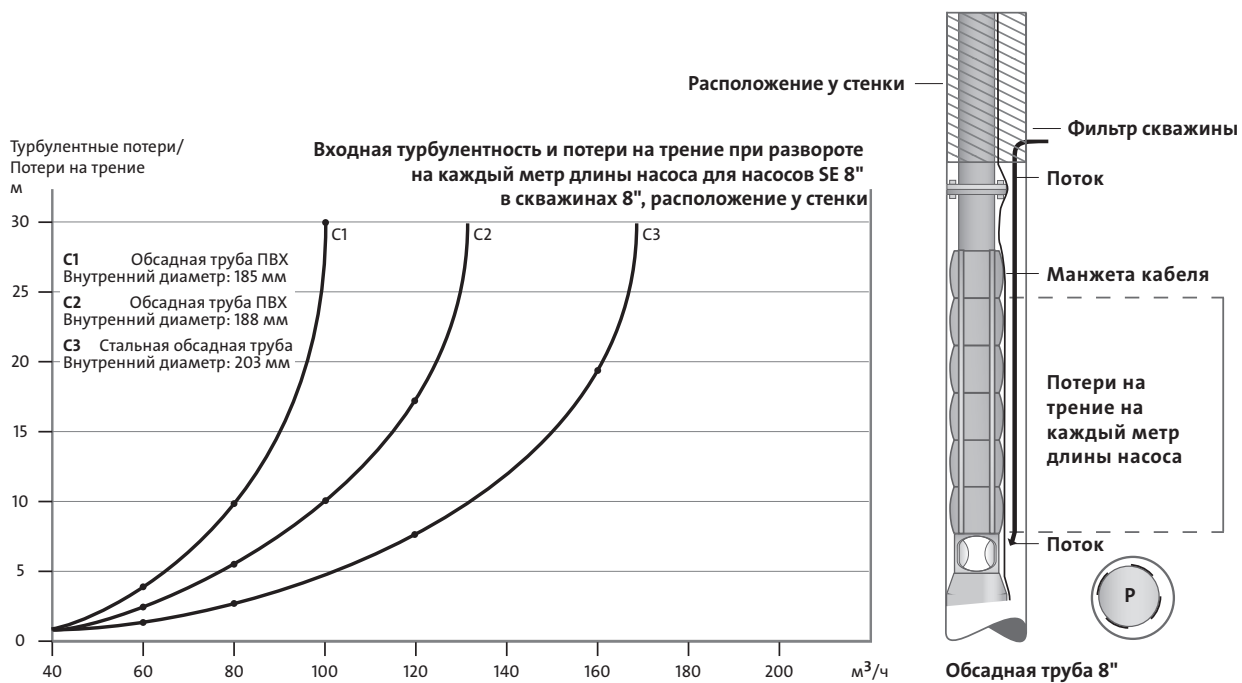


Рисунок 59 Разворот воды на входе, 8"

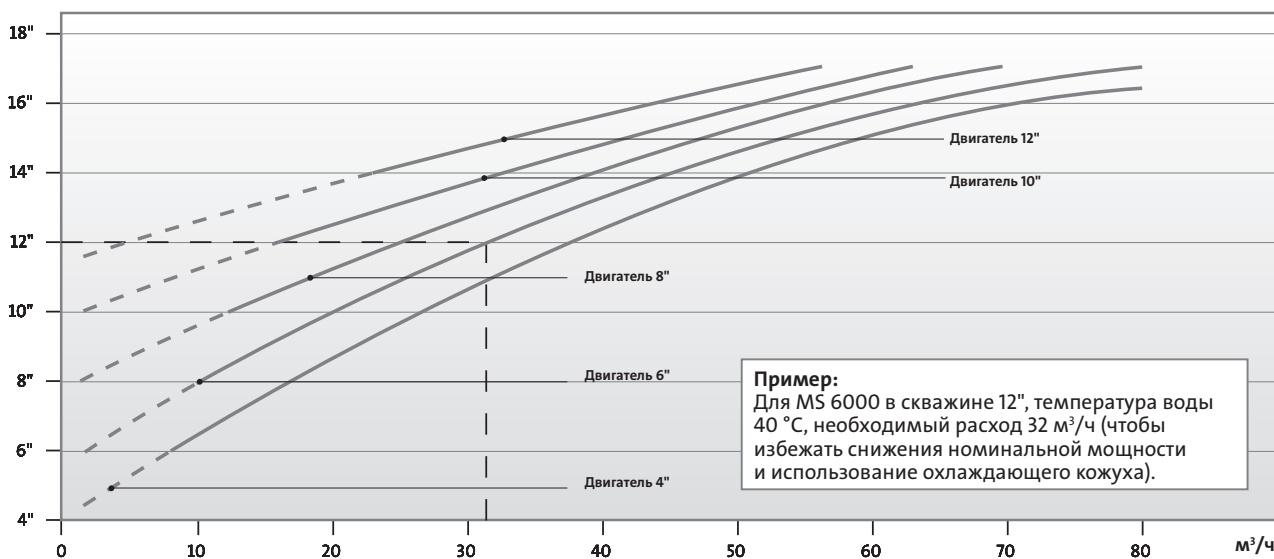


Рисунок 60 Максимальная температура охлаждающей воды при полной нагрузке

### 7.3.5 Температура воды

Ограничивающий фактор температуры перекачиваемой воды — погружной двигатель и его охлаждение. Охлаждение — ключ к длительному сроку службы электродвигателя.

Погружные насосы, работающие при максимальной допустимой температуре воды, должны охлаждаться потоком со скоростью 0,15 м/с, что обеспечивает турбулентное течение жидкости. Эта скорость обтекания обеспечивается путем поддержания минимального расхода насоса. См. рисунок 59.

В скважинах или резервуарах большого диаметра для увеличения скорости обтекания электродвигателя минимум до 0,15 м/с, может потребоваться использование охлаждающего кожуха. Также см. главу 10.

График предполагает, что электродвигатель располагается над фильтром.

#### Максимальная температура воды:

Электродвигатель Grundfos	Скорость потока вдоль электродвигателя [м/с]	Максимальная температура жидкости [°C]
MS4" T40	0,15	40
MS4" T60	0,15	60
MS6000 T40	0,15	40
MS6000 T60	1,00	60
MMS6" с обмотками ПВХ	0,15	25
	0,50	30
MMS6" с обмотками ПЭ/ПА	0,15	45
	0,50	50
MMS8", 10", 12" с возможностью повторной намотки с обмотками ПВХ	0,15	25
	0,50	30
MMS8", 10", 12" с возможностью повторной намотки с обмотками ПЭ/ПА	0,15	40
	0,50	45

Примечание: В случае 6-дюймовых насосов MMS мощностью 37 кВт, 8-дюймовых насосов MMS мощностью 110 кВт и 10-дюймовых насосов MMS мощностью 170 кВт, максимальная температура жидкости на 5 °C ниже, чем значения, заявленные в таблице выше. В случае 10-дюймовых насосов MMS мощностью 190 кВт, температура на 10 °C ниже.

Электродвигатели Grundfos MS402 запрещается использовать при температуре жидкости выше 30 °C, если температура воды выше максимальной. Работа с MS4000 и MS6000 возможна при температуре жидкости выше заданного предела (40 °C) в случае снижения мощности электродвигателя (см. рисунок 61 в главе 7.3.6).

Однако, обычно это сокращает срок службы электродвигателя. Невозможно сказать, как сильно сократится срок службы электродвигателя, поскольку это зависит от множества прочих параметров, например, напряжения питания, нагрузки на электродвигатель, условий охлаждения и пр.



Соблюдение рекомендаций, приведенных в данном руководстве, сроков технического обслуживания и замены всех резиновых деталей каждые три года, позволяет поддерживать постоянный КПД и гарантирует приемлемый срок службы.

При работе с превышением максимальной температуры требуется всегда согласовывать условия гарантии. Гарантия не предоставляется без снижения мощности и использования защиты MP 204.

### 7.3.6 Снижение номинальной мощности погружных электродвигателей

Умножение мощности насоса (P2) на коэффициент снижения мощности дает сниженную мощность электродвигателя P2, то есть максимальную нагрузку на электродвигатель. В большинстве случаев, в результате получается электродвигатель, который на один размер больше изначально рассчитанного.

#### Коэффициенты снижения номинальной мощности

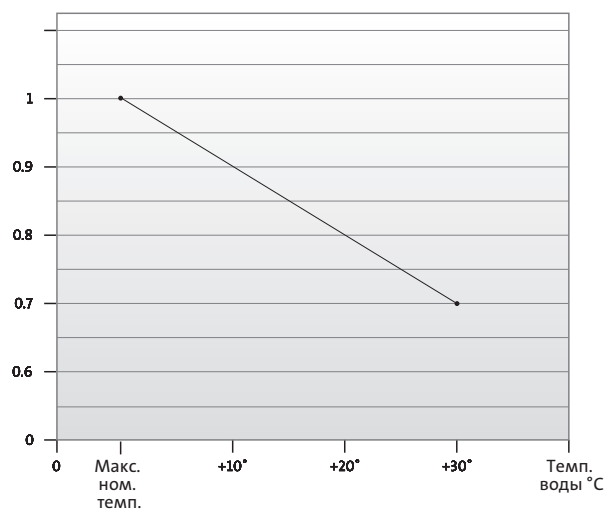


Рисунок 61 Снижение номинальной мощности погружных электродвигателей

#### Пример:

MS6000 со стандартной мощностью P2 = 30 кВт может подавать  $30 \times 0,9 = 27$  кВт в воде 50 °C при скорости обтекания охлаждающего потока 0,15 м/с. Погружной электродвигатель необходимо устанавливать на рекомендуемой глубине.

Обратите внимание, что не рекомендуется снижение мощности электродвигателей насосов MS4000 T60 и MS6000 T60.

### 7.3.7 Защита от перегрева электродвигателя

Чтобы защитить электродвигатель от перегрева при остановке насоса и, следовательно, потока охлаждающей воды, его необходимо устанавливать на 5 м ниже динамического уровня воды. Это повышает критическую точку.

#### Глубина установки

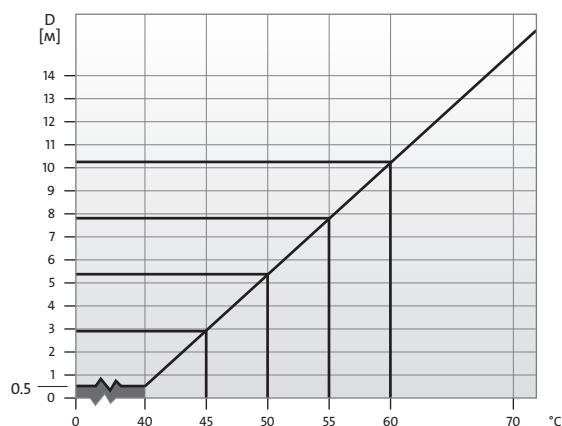


Рисунок 62 Требуемая температура воды/глубина установки MS4000 и MS6000

Для MS4000 и MS6000 самый простой и лучший способ защиты от перегрузки и чрезмерных температур — это контроль температуры электродвигателя при помощи MP 204. Для погружных насосов с этой целью можно использовать Pt100/ Pt1000.

### 7.3.8 Кожух охлаждения

Для обеспечения надлежащего охлаждения скорость обтекания электродвигателя должна составлять минимум 0,15 м/с.

Если не удастся добиться минимальной скорости обтекания электродвигателя естественным образом, Grundfos предлагает широкий ассортимент кожухов охлаждения, которые обеспечивают необходимую скорость потока и надлежащее охлаждение, а также удобны в работе. Кожухи охлаждения обычно используются при установке насоса в резервуаре, баке или в скважине, где вода поступает в насос сверху и поэтому не охлаждает электродвигатель. Для ограничения перепадов давления необходимо оставить достаточно места между обсадной трубой и наружным диаметром кожуха охлаждения.



Рекомендуемый минимальный зазор между обсадной трубой и кожухом охлаждения можно рассчитать по формуле:

$$v = \frac{Q \times 354}{(D^2 - d^2)}$$

$v$  = м/с. Должна составлять максимум 3 м/с для ограничения потерь напора

$Q$  = м<sup>3</sup>/ч

$D$  = внутренний диаметр обсадной трубы в мм

$d$  = наружный диаметр кожуха охлаждения в мм.

1. Учитывая, что температура работающего электродвигателя погружного насоса на 10–15 °С выше температуры перекачиваемой воды, избыточное количество железа (и железобактерий), марганца и извести в скважинной воде окисляется и откладывается на поверхности электродвигателя. В случае низкой скорости обтекания, такое отложение теплоизоляционного слоя из окислившихся минералов и металлов может привести к локальному перегреву изоляции обмотки. В результате такого роста могут достигаться температуры, снижающие изоляционные свойства и, следовательно, сокращающие срок службы двигателя. Кожух охлаждения всегда обеспечивает турбулентный поток вдоль электродвигателя, способствующий оптимальному охлаждению вне зависимости от характера отложений.
2. Если грунтовые воды содержат хлорид или их состав достаточно агрессивен, скорость протекания коррозии будет удваиваться при повышении температуры перекачиваемой воды на каждые 15 °С. Следовательно, кожух охлаждения снижает риск коррозии за счет снижения температуры корпуса электродвигателя и линейного потока путем интенсификации охлаждения.
3. В верхней области скважины часто возникает своеобразный застой — окисленная вода (с высоким содержанием растворенного кислорода). При каждом запуске насоса уровень воды в скважине уменьшается, и в скважину вместе с воздухом поступает кислород. Такое насыщение кислородом нескольких верхних метров скважинной воды не представляет угрозы до тех пор, пока насыщенная кислородом вода не смешивается с бедной на кислород, но содержащей в составе неокисленное железо, известь и другие вещества. Такое смешение приводит к окислению и выпадению в осадок железа, марганца и извести и к постепенному закупориванию отверстий фильтра. Это снижает КПД и, следовательно, производительность скважины. Разогретый погружной насос без кожуха охлаждения после отключения нагревает окружающую воду.

Тепловой эффект за счет разности плотностей заставляет нагретую воду двигаться по направлению к верхней части скважины. В то же время, окисленная (азрированная) вода будет двигаться к месту установки фильтра.

При использовании кожуха охлаждения электродвигатель будет работать при низкой температуре, а при его остановке, охлаждающий кожух поглотит остаточное тепло и предотвратит вызванное тепловым эффектом движение воды вверх и перемещение насыщенной кислородом воды вниз. Это увеличивает интервал между образованием окалины в скважине.

Для этих задач следует учитывать риск локального нагрева, в частности, для горизонтальных установок, а также если несколько насосов установлены друг возле друга. В таких случаях следует всегда использовать кожухи охлаждения.

## 7.4 ВЫБОР НАПОРНОГО ТРУБОПРОВОДА

Выбор напорного трубопровода зависит от нескольких различных факторов:

- Давление нагнетания и глубина установки;
- Агрессивность состава грунтовых вод;
- Потери напора на трение / эксплуатационные расходы;
- Доступность и стоимость альтернативного оборудования;
- Расстановка приоритетов между стоимостью приобретения и стоимостью ремонта и обслуживания в дальнейшем.

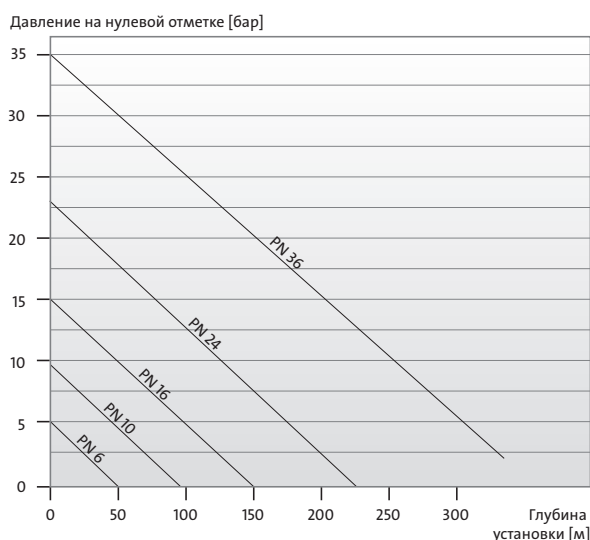


Рисунок 63 Требуемый класс давления в трубе на различных глубинах установки и фактическое давление на нулевой отметке

Состав большинства грунтовых вод позволяет использовать оцинкованные стальные трубы или трубы с другим защитным покрытием.



Для бытовых задач в основном используются напорные трубопроводы из полимерных материалов РЕЛ или РЕМ. Если вода настолько агрессивна, что разрушает даже нержавеющую сталь самой высокой марки, для коррозионной защиты электродвигателя и насоса необходимо установить сменные цинковые аноды. Но такой способ защиты стального трубопровода от коррозии будет слишком дорогим.

В таких случаях рекомендуется использовать гибкий шланг Wellmaster. См. главу 10.

#### Потери на трение в напорных трубопроводах

Потери на трение в трубах или шлангах оказывают значительное влияние на энергопотребление погружного насоса. Стальная труба малого диаметра привлекательна с точки зрения стоимости, но она является причиной сильного внутреннего трения, которое со временем увеличивается. В результате мы имеем высокое энергопотребление и расходы.

Труба из нержавеющей стали большего диаметра стоит дороже, но меньшие потери на трение снижают энергопотребление. Гладкую внутреннюю поверхность такой трубы легче поддерживать в необходимом состоянии, она реже требует очистки.

#### Пример:

Расход составляет 54 м<sup>3</sup>/ч или 15 л/с.

Потери на трение для 100-метровой трубы диаметром 3" и 100-метровой диаметром 4" рассчитываются по таблице потерь напора на трение.

Труба 3": 14 м

Труба 4": 3,8 м

Выбор трубы 4" вместо трубы 3" экономит более 10 м напора на каждые 100 м трубы.

Экономия энергии рассчитывается следующим образом:

$$\text{кВт*ч} = \frac{Q \times H}{367 \times \eta} = \frac{54 \times 10,2}{367 \times 0,6} = 2,45 \text{ кВт*ч}$$

Гибкие шланги, специально предназначенные для воды под давлением, например, Wellmaster, являются альтернативой трубам из нержавеющей стали. Некоторые типы таких шлангов подходят даже для питьевой воды.

Это решение обычно рекомендуется в качестве напорного трубопровода для погружных насосов. Из-за конструкции шланга его диаметр слегка увеличивается под давлением при подаче воды в шланг, тем самым уменьшая потери на трение. В то же время, использование шланга позволяет избежать окалины на поверхности, поскольку постоянное изменение диаметра приводит к ее удалению.

Шланги также позволяют извлекать насос из скважины гораздо быстрее по сравнению с традиционными решениями, поэтому, их рекомендуется использовать в системах, где предусматривается частый подъем насоса для технического обслуживания.

Никогда не используйте пожарные, нейлоновые шланги или другие аналоги, поскольку они быстро изнашиваются и не выдерживают необходимое давление. Возникает риск падения насоса и электродвигателя в скважину, из-за чего может потребоваться разработка новой скважины. Во избежание падения насоса в скважину, обязательно прикрепляйте тросы ко всем установкам со шлангами.

Недостаток гибкого шланга заключается в том, что иногда сложно избежать его контакта с землей, что может привести к загрязнению воды бактериями и микробами, которые удаляются только при помощи дорогостоящего оборудования. При выборе напорного трубопровода и труб скважинной воды по схемам или в программах для ПК, учитывайте такой параметр, как шероховатость поверхности трубы (1 мм).

## 7.5 ВЫБОР И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ КАБЕЛЯ

Ответительный кабель идет от устья скважины к кабелю погружного электродвигателя.

Обычно ответительный кабель состоит из четырех проводов, один из которых является заземляющим. В некоторых регионах заземляющий провод не требуется. Всегда перед выбором типа кабеля сверяйтесь с местными нормами заземления.

Прочие критерии выбора ответительного кабеля:

1. Допустимая токовая нагрузка;
2. Перепады напряжения;
3. Качество и температура воды;
4. Требования к использованию в питьевой воде;
5. Местные нормы и правила.

**Допустимая токовая нагрузка**

Ответительный кабель погружного насоса не рассчитан на ток при заторможенном роторе, поскольку электродвигатель запускается менее чем за 1/10 секунды. В качестве опорного значения всегда используйте допустимую токовую нагрузку, указанную на фирменной табличке насоса. В основном, ответительный кабель по всей длине не погружен в воду, но в случае его погружения может возникать дополнительное водяное охлаждение.

**Перепады напряжения**

Кабель необходимо выбирать так, чтобы перепады напряжения не превышали 3%. Ни при каких обстоятельствах напряжение на клеммах электродвигателя не должно опуститься ниже минимально допустимого значения, которое эквивалентно номинальному напряжению минус 10%.

Максимальная длина кабеля рассчитывается согласно следующим формулам:

Максимальная длина кабеля для однофазного погружного насоса:

$$L = \frac{U \times \Delta U}{I \times 2 \times 100 \times (\cos\phi \times \frac{\rho}{q} + \sin\phi \times XI)} \text{ [м]}$$

Максимальная длина кабеля для 3-фазного погружного насоса:

$$L = \frac{U \times \Delta U}{I \times 1,73 \times 100 \times (\cos\phi \times \frac{\rho}{q} + \sin\phi \times XI)} \text{ [м]}$$

- U = Номинальное напряжение [В]
- ΔU = Перепад напряжения [%]
- I = Номинальный ток электродвигателя [А]
- ρ = Коэффициент сопротивления: 0,02 [мм<sup>2</sup>/м]
- q = Площадь поперечного сечения погружного ответительного кабеля [мм<sup>2</sup>]
- XI = Индуктивное сопротивление: 0,078 x 10<sup>-3</sup> [Ом/м]

**Качество и температура воды**

Лучше всего в чистой воде использовать кабели, изоляция которых изготовлена из этиленпропиленового каучука EPDM (EPM или EPDM). Этот материал обладает хорошими электрическими свойствами в сочетании с высокой водостойкостью. Такой тип изоляционного материала кабеля рекомендуется использовать всегда, если перекачиваемая вода не загрязнена углеводородами, т.к. этиленпропиленовый каучук обладает очень ограниченной устойчивостью к углеводородам.

При низких концентрациях углеводородов можно использовать кабели с хлоропреновой изоляцией.

При более высоких концентрациях углеводородов может потребоваться использовать кабель с тефлоновой оплеткой PTFE. Исполнение SPE насосов SP по умолчанию поставляется с PTFE изолированным кабелем электродвигателя и подходит для перекачивания воды с высоким содержанием углеводородов.

Наиболее экономичное решение — стандартный хлоропреновый кабель. Полную спецификацию можно получить, обратившись в Grundfos.

При повышении температуры воды кабель необходимо заменить. Предельная токовая нагрузка для ответительных кабелей обычно указана для 30 °C. При более высоких температурах необходима компенсация в соответствии с таблицей ниже.

Тип кабеля	TML-A-B	H07RN
Материал изоляции	Этиленпропиленовый каучук EPR	Нитрильный/силиконовый каучук NR/SR
Температура окр. среды °C	Поправочный коэффициент	Поправочный коэффициент
10	1,18	1,29
15	1,14	1,22
20	1,10	1,15
25	1,05	1,05
30	1,00	1,00
35	0,95	0,91
40	0,89	0,82
45	0,84	0,71
50	0,77	0,58
55	0,71	0,41
60	0,63	-
65	0,55	-
70	0,45	-

**Аттестация кабеля для использования в питьевой воде**

Все электродвигатели Grundfos, за исключением производимых в Северной Америке и Японии, с завода поставляются с кабелями, прошедшими аттестацию для использования в питьевой воде. Если насос используется для перекачки питьевой воды, Grundfos рекомендует всегда использовать ответительный кабель аттестованной для использования в питьевой воде.

**Местные нормы и правила**

Следует всегда сверяться с местными нормами и следовать им.



## 7.6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

### 7.6.1 Сборка насоса/электродвигателя

Погружные насосы Grundfos выполняются в соответствии со стандартами NEMA и полностью совместимы с насосами и электродвигателями, также соответствующими этим стандартам. Однако, мы рекомендуем всегда использовать насос Grundfos с двигателем Grundfos и наоборот.

Подробные инструкции приведены в руководствах по монтажу и эксплуатации к насосам SP.

### 7.6.2 Соединение силового и ответвительного кабелей

Некачественные или несоответствующие нормам кабели часто становятся причиной перегорания электродвигателей. Необходимо выбирать изделия, рекомендованные Grundfos, или изделия подобного качества, и соблюдать указания производителя. Все кабельные соединения должны быть герметичными и иметь сопротивление изоляции минимум 10 МОм, измеряемое в погруженном состоянии спустя 24 часа эксплуатации. Чтобы добиться этого, все кабельные участки должны быть на 100% чистыми, а также должны быть соблюдены все прочие требования, указанные в руководстве и видеороликах по обслуживанию. Существуют три способа выполнения кабельного соединения.

#### 1. Термоусадочная муфта

При соединении термоусадочной муфтой используется пластиковая трубка, изнутри покрытая клеем. Под воздействием тепла она сжимается, клей плавится, что дает герметичное соединение кабеля. Преимущество данного метода заключается в том, что его легко выполнить, сушка не требуется, соединение безопасно и готово к эксплуатации сразу после установки. Grundfos рекомендует использовать этот тип концевой заделки кабелей. Термоусадка Grundfos серии KM подходит для всех типов кабелей электродвигателей, подключаемых к ответвительному кабелю.

#### 2. Заливка (герметизация)

Здесь речь идет о наиболее старом известном методе получения герметичного кабельного соединения. Его преимуществом является простота выполнения, а недостатком — необходимость сушки в течение 24 часов. Поэтому Grundfos рекомендует использовать термоусадочную муфту.

#### 3. Разъемное контактное соединение

Категорически запрещено использовать комплекты кабельных соединений или изоляционную ленту старше трех лет. Этот срок сокращается до одного года при хранении при температуре выше 15 °С. Всегда проверяйте кабельные соединения во время проведения технического обслуживания.

#### Кабельный ввод электродвигателя

Кабельный ввод электродвигателя всегда необходимо устанавливать с соблюдением заданного момента затяжки. В случаях, когда необходима смазка кабельного ввода, следует использовать непроводящий материал (например, силиконовую пасту). Запрещается использовать повторно кабельные вводы электродвигателя старше трех лет, поскольку они могли потерять свою способность выполнять безопасное герметичное соединение.

### 7.6.3 Соединения напорного трубопровода

Погружные насосы согласно различным стандартам поставляются как с резьбовыми RP и NPT соединениями, так и с фланцами.

Однако, в основном, Grundfos рекомендует сначала присоединить к насосу трубу длиной 50 см. Это упрощает дальнейший монтаж, поскольку длина насосного узла невелика. При этом остается достаточно места для удерживания насоса скобой до тех пор, пока не будет закреплена следующая труба.

В качестве альтернативы резьбовому соединению можно использовать различные фланцы: фланцы Grundfos, JIS и DIN.

#### Соединение и установка труб

Стандартные фланцы Grundfos предназначены специально для установки в скважину. Это означает, что они не соответствуют каким-либо национальным или международным стандартам; они изготавливаются так, чтобы выдержать давление насосов Grundfos.

Использование стандартных фланцев Grundfos обладает несколькими преимуществами в сравнении с фланцами других производителей. Кроме того, что стоимость стандартных фланцев Grundfos ниже стоимости аналогов других производителей, их проще установить в скважину благодаря меньшему диаметру.

Grundfos предоставляет также контрфланцы для фланцев Grundfos, которые можно приваривать к первой трубе.

## 7.7 ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСОВ

При переменном расходе часто используется параллельное перекачивание. Для схемы включения одного насоса требуется высокопроизводительный агрегат, резерв мощности которого используется в течение очень непродолжительного времени. Стоимость такого насоса может оказаться очень высокой, а эксплуатационная эффективность — слишком низкой. Пики потребления также могут вызывать дополнительное понижение динамического уровня воды, что приводит ко множеству проблем, связанных с качеством воды и скважины. Эти проблемы обычно решаются одним из следующих методов:

1. Несколько насосов меньшей мощности, соединенные в каскад (дополнительные насосы запускаются и останавливаются по мере изменения потребления).
2. Частотное регулирование насоса по датчику давления.
3. Сочетание 1 и 2 методов.

Для правильного выбора насоса необходимо знать характеристики скважины, они указаны либо в буровом журнале, либо протоколе испытаний насоса.

## 7.8 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ РАБОТА НАСОСОВ

Если насос установлен глубже, чем максимальный напор стандартного насоса SP, его можно последовательно соединить с насосом BM (SP в охлаждающем кожухе). См. рис. 64.

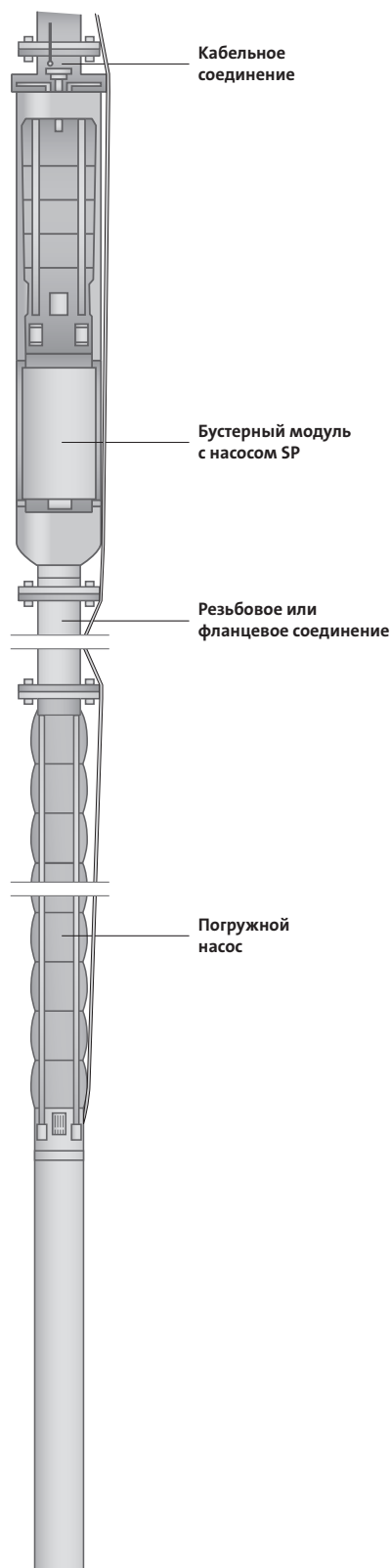


Рисунок 64 Погружной насос с последовательным соединением



## 7.9 ЧИСЛО ПУСКОВ/ОСТАНОВОВ

Чтобы обеспечить максимальный срок службы погружных насосов, необходимо ограничить их число пусков. Обычно ограничивающим фактором является электродвигатель. К тому же, необходимо запускать электродвигатель хотя бы раз в год во избежание его заедания.

В таблице ниже показано рекомендуемое максимальное количество пусков для различных типов двигателей:

Включая исполнения N, R и RE	Мин. число пусков в год	Макс. число пусков в час	Макс. число пусков в день
MS 402	1	100	300
MS 4000	1	100	300
MS6/MS 6000	1	30	300
MMS 6000	1	15	360
MMS 8000	1	10	240
MMS 10000	1	8	190
MMS 12000	1	5	120

## 7.10 ПУСК НАСОСА

Подробная информация о методах снижения тока при заторможенном роторе находится в главе 5.

Необходимо всегда следовать инструкциям по пуску, указанным в руководстве по монтажу и эксплуатации для каждого насоса.

Насосы, подключенные последовательно, запускайте в соответствующем порядке: первым запускается насос с минимальным давлением окружающей среды.

Помните, что средства вентиляции для насосов, подключенных параллельно, уже встроены в систему. Это позволит избежать блокировки потока воздуха.

## 7.11 ЭКСПЛУАТАЦИЯ С ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

См. главу 5.

## 7.12 РАБОТА ГЕНЕРАТОРА

Генераторы с приводом от двигателя внутреннего сгорания для погружных электродвигателей часто предлагаются с учетом стандартных условий, например:

- Макс. высота над уровнем моря: 150 м
- Макс. температура воздуха на входе: 30 °C
- Макс. влажность: 60 %.

При эксплуатации дизель-генераторов в условиях окружающей среды, отличных от стандартных, могут иметь место отклонения рабочих параметров от номинальных как у двигателя, так и у генератора. Этот момент необходимо учитывать, чтобы обеспечить надежную и корректную работу оборудования.

При заказе генераторной установки необходимо сообщить производителю высоту, температуру воздуха и максимальную влажность в месте эксплуатации, чтобы при подборе были учтены моменты, связанные с изменением номинальных параметров генератора. Генераторные установки для 3-фазных погружных электродвигателей должны быть рассчитаны на падение напряжения на 35 % во время пуска.

Примеры коэффициентов снижения мощности для стандартных дизельных двигателей и генераторов представлены в таблице ниже.

Примеры коэффициентов снижения мощности для стандартных дизельных двигателей	Примеры коэффициентов снижения мощности для стандартных генераторов
<b>Высота:</b> 3,5% на каждые 300 м выше 150 м над уровнем моря (2,5% для двигателей с турбонаддувом).	<b>Высота:</b> 2,5% на каждые 300 м выше 1000 м над уровнем моря.
<b>Температура воздуха на входе:</b> 2% на каждые 5,5 °C выше 30 °C (3% для двигателей с турбонаддувом).	<b>Температура воздуха на входе:</b> 5% на каждые 5 °C выше 40 °C.
<b>Влажность:</b> 6% при влажности 100%.	

**Примечание:** по вопросам пониженной нагрузки и выбора генератора переменного тока следует проконсультироваться с производителем генератора.

Если мощность генератора и дизельного двигателя была снижена согласно таблице, применяются следующие параметры:

1. Потеря напряжения на генераторе во время пуска не превышает 10%. Это значит, что возможно использование самой быстрой из доступных на рынке защиты от пониженного напряжения в устройстве пуска электродвигателя насоса.
2. Генератор и дизельный двигатель прослужат заявленный срок службы, поскольку новый двигатель после полной приработки нагружается только на 70% постоянным номинальным током электродвигателя насоса. Максимальный КПД дизельного двигателя (самый низкий расход топлива на кВт выходной мощности) достигается при 70–80% максимальной нагрузки.
3. При автотрансформаторном пуске или установке Grundfos MP 204 для защиты от пониженного напряжения можно выбрать генератор и дизельный двигатель с мощностью на 20% ниже, чем указано в таблице. Однако это предполагает частое обслуживание воздушного фильтра и впрыскивающих сопел, очистку охладителя и замену масла. Кроме того, это приводит к потере напряжения во время пуска на величину до 20%. Если добавить потери в ответвительном и силовом кабеле двигателя до 15%, общее падение напряжения на электродвигателе составит более 35%. Это не проблема для 3-фазных электродвигателей, но иногда это проблема для однофазных, для которых часто требуется пусковой конденсатор большой емкости при низком пусковом напряжении.

Существует два типа генераторов: с внутренней и с внешней регулировкой.

Генераторы с внутренней регулировкой имеют дополнительную обмотку на статоре генератора и также называются генераторами с самовозбуждением. Дополнительная обмотка измеряет выходной ток и увеличивает выходное напряжение автоматически.

Обычно у генераторов с внутренним регулированием самый высокий рабочий КПД.

В генераторах с внешним регулированием используется установленный снаружи регулятор напряжения, который измеряет выходное напряжение. По мере падения напряжения при пуске двигателя регулятор увеличивает выходное напряжение генератора.

Номинальная мощность погружного электродвигателя для однофазного и 3-фазного исполнения [кВт]	Номинальная мощность генератора		Высота макс. 150 м и влажность 100%		Высота макс. 750 м и влажность 100%	
	Номинальная мощность дизельного двигателя при температуре окружающей среды					
	[кВА]	[кВт]	30 °C [кВт]	40 °C [кВт]	30 °C [кВт]	40 °C [кВт]
0,25	1,5	1,0	1,25	1,3	1,4	1,43
0,37	2,0	1,5	2,0	2,1	2,3	2,3
0,55	2,5	2,0	2,5	3,1	2,8	2,86
0,75	3,0	2,5	3,0	3,1	3,4	3,44
1,1	4,0	3,0	4,0	4,2	4,5	4,58
1,5	5,0	4,0	5,0	5,2	5,6	5,73
2,2	7,0	6,0	7,0	7,3	7,8	8,0
3,7	11,0	9,0	10,0	10,4	11,1	11,5
5,5	16,0	12,5	14,0	14,6	15,6	16,0
7,5	19,0	15,0	17,0	17,7	19,0	20,0
11,0	28,0	22,0	25,0	26,0	28,0	29,0
15,0	38,0	30,0	35,0	36,0	39,0	40,0
18,5	50,0	40,0	45,0	47,0	50,0	52,0
22,0	55,0	45,0	50,0	52,0	56,0	57,0
30,0	75,0	60,0	65,0	68,0	72,0	75,0
37,0	95,0	75,0	83,0	86,0	92,0	95,0
45,0	110,0	90,0	100,0	104,0	111,0	115,0
55,0	135,0	110,0	120,0	125,0	133,0	137,0
75,0	185,0	150,0	165,0	172,0	183,0	189,0
90,0	220,0	175,0	192,5	200,0	215,0	220,0
110,0	250,0	200,0	220,0	230,0	244,0	250,0
132,0	313,0	250,0	275,0	290,0	305,0	315,0
150,0	344,0	275,0	305,0	315,0	335,0	345,0
185,0	396,0	330,0	365,0	405,0	405,0	415,0

Генератор с внешним регулированием должен быть примерно на 50% мощнее, чтобы обеспечивать тот же пусковой момент, что и генератор с внутренним регулированием.

Частота генератора крайне важна, поскольку от нее зависит скорость электродвигателя. Согласно принципам подбора для насосов, насос, частота которого на 1–2 Гц ниже номинального значения, не будет соответствовать заявленным характеристикам. С другой стороны, насос, частота которого на 1–2 Гц выше номинального значения, может вызвать срабатывание реле перегрузки.



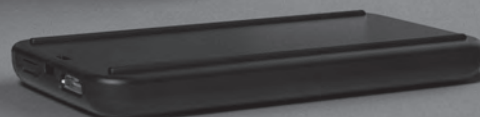
### **Работа генератора**

Всегда запускайте генератор перед запуском двигателя и всегда останавливайте двигатель перед остановкой генератора. Упорный подшипник генератора может получить повреждения, если допустить выбег генератора при подключенном двигателе. Такая же ситуация происходит, если в генераторе заканчивается топливо.





8  
ОБМЕН ДАННЫМИ





## 8.1 НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Можно выделить две основные цели применения систем передачи данных в отношении оборудования и механизмов во всех промышленных установках, например, для систем водоснабжения: централизация контроля и управления.

Достоверно известно, что эффективность большинства автоматизированных систем значительно повышается вследствие централизации наблюдения и контроля. Чаще всего упоминаются следующие вопросы:

- Оптимизация производительности (например, экономия электроэнергии и снижение эксплуатационных затрат).
- Оптимизация параметров технологического процесса (внесение корректировок).
- Оптимизация процесса обновления насоса (техническое обслуживание по требованию).
- Сокращение эксплуатационных расходов (например, сокращение персонала).
- Организованная/быстрая реакция на сбои (минимизация времени простоя).
- Быстрый доступ к текущим данным и возможность их сохранения в базах данных (подготовка отчетов).

Системы для такого централизованного управления называются системами SCADA (диспетчерское управление и сбор данных).

## 8.2 СИСТЕМЫ SCADA

### 8.2.1 Основные компоненты SCADA

Типовая система SCADA состоит из трех основных компонентов:

#### 1. Главный компьютер

Компьютер (например, ПК под управлением Windows или Unix) с ЧМИ (человеко-машинный интерфейс) и базой данных. На рынке имеется множество специализированных сторонних программных пакетов ЧМИ/SCADA. В их числе iFix от GE Fanuc, citectSCADA от Citect, SIMATIC от Siemens и Wonderware от Inven-sys.

#### 2. Множество удаленных станций

Удаленная станция часто представляет собой автономную подсистему. Автономность означает, что если соединение со SCADA пропадает, подсистема сможет продолжить самостоятельную работу и выполнять свою задачу (например,

подавать воду в резервуар). Разработка системы (выбор технологии и оборудования) должна быть направлена на создание автономных подсистем, если это возможно, и всегда, без исключений, обеспечивать безотказность подсистем и их возвращение в прогнозируемое, определенное и безопасное состояние в случае обрыва связи со SCADA. Удаленная станция обычно представляет собой:

- ПЛК (программируемый логический контроллер).
- DDC (прямое цифровое управление).
- Шлюз в другую подсеть.

#### 3. Инфраструктура связи

Она связывает все элементы вместе. Часто используется сочетание технологий, поскольку ни одна отдельная технология (сеть или протокол) не охватывает все потребности для выполнения более сложных задач.



Рисунок 65 Основные компоненты системы SCADA

### 8.2.2 Функции SCADA

Ниже приведен список функций типового программного пакета SCADA. Список составлен в соответствии с приоритетными значениями, вверху списка находятся самые важные функции. Программный пакет SCADA часто выступает в качестве сетевого сервера, то есть, если главный ПК подключен к ЛВС или интернету, можно будет зайти в систему удаленно с другого ПК, подключенного к сети.

Программное обеспечение SCADA — это стандартный программный пакет (выпускается различными разработчиками), но с высокой степенью гибкости для настройки пользователем (данные, функции, графика и пр.).

1. Установите техническое состояние системы
  - Система функционирует нормально (работает как положено и выполняет свою задачу)?
  - Требуется ли обслуживание системы (причина и тип)?
  - Произошел ли сбой в системе (причина)?
2. Система отображения переменных величин/условий
  - Состояние системы (например, вкл./выкл.), отображаемые графикой и цветом
  - Важные переменные параметры системы, показанные на схеме системы (давление, расход и пр.)
  - Важные переменные параметры системы, показанные графически
3. Регистрация и маршрутизация аварийных сигналов
  - Управление графиками дежурств
  - Рассылка сообщений (например, СМС)
4. Регистрация данных / Воспроизведение ранее полученных данных
  - Интерфейс базы данных (например, Microsoft SQL)
  - Обработка / Хранение / Графическое представление данных
5. Управление
  - Ручное управление
  - Автоматическое управление
  - Замкнутый цикл управления (редко)
6. Настройка
  - Отображение основных параметров настройки
  - Изменение основных параметров настройки
7. Информация по техническому обслуживанию
  - План и история технического обслуживания
  - Список запчастей
  - Руководства по монтажу и эксплуатации, фото- и видеоинструкции
8. Экспертная система
  - Искусственный интеллект
  - Диагностика неисправностей
  - Поддержка принятия решений
9. Взаимодействие с системой планирования ресурсов предприятия.

### 8.2.3 SCADA на веб-сервере

Система SCADA, работающая на веб-сервере вместо обычного ПК с ПО Windows, называется системой SCADA на веб-сервере. Все данные доступны по интернету через браузер (например, Internet Explorer).

Можно осуществлять мониторинг и управление подсистемами с любого ПК с выходом в интернет в любой точке мира. Не нужно устанавливать дорогие системы программного обеспечения на один или несколько ПК.

Программное обеспечение SCADA и все данные находятся на веб-сервере, которым могут пользоваться подрядчик (системный интегратор) или заказчик (например, центральный веб-сервер для целого района).

Пользователь не должен беспокоиться о технологиях передачи информации, связи и технологиях ПО и аппаратных средств информатизации, вместо этого он может сконцентрироваться на практическом применении данных и обслуживании подсистемы.

Работа с конкретными подсистемами доступна только авторизованным пользователям.

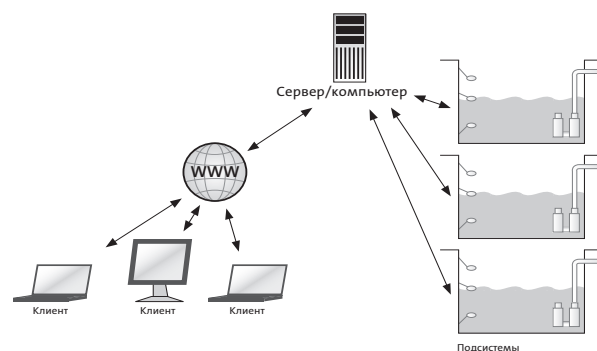


Рисунок 66 Принцип системы SCADA на веб-сервере



## 8.3 ОСНОВЫ СЕТЕВОЙ РАБОТЫ

### 8.3.1 Сетевая топология

Топология означает способ объединения в сеть общающихся друг с другом устройств. Каждая топология подходит для определенных задач и имеет свои преимущества и недостатки.

В топологии типа «звезда» все кабели прокладываются от центральной точки (например, концентратор или центральный компьютер). В этой топологии используется больше всего кабелей. Сети Ethernet обычно основаны на топологии «звезда».

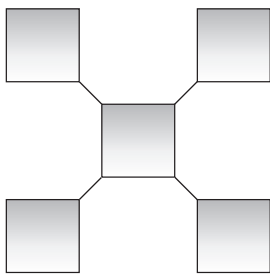


Рисунок 67 Топология типа «звезда»

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Простота подключения новых устройств</li> <li>• Централизованное управление, мониторинг сети/концентратора</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сбой концентратора отключает все устройства, подключенные к нему</li> </ul>

Топология типа «кольцо» — это сетевая топология, в которой сетевое устройство подключается только к двум другим устройствам, формируя путь для сигналов в виде круга. Данные передаются от устройства к устройству, каждый пакет данных проходит через каждое устройство. Кольцевая топология используется в старом сетевом стандарте IBM «маркерное кольцо» и промышленной полевой шине Interbus.

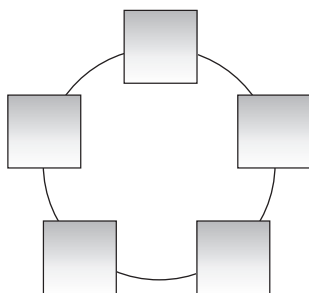


Рисунок 68 Топология типа «кольцо»

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Одинаковый доступ для всех устройств</li> <li>• У каждого устройства имеется доступ к кольцу на максимальной скорости</li> <li>• Малое падение производительности при увеличении количества устройств.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокие затраты на проводку</li> <li>• Сложные и дорогие подключения</li> </ul>

В шинной топологии все устройства подключаются к одному участку кабеля. Проводка обычно выполняется между двумя точками по типу цепи или через ответвительные кабели. С каждого конца выполняется концевая заделка кабеля. Сообщения, передающиеся по кабелю, доступны для всех устройств, подключенных к этому кабелю. В большинстве промышленных шин (например, Profibus, Device-Net, GENIbus) используется шинная топология, но не смотря на свое название, промышленные шины могут также строиться на других топологиях.

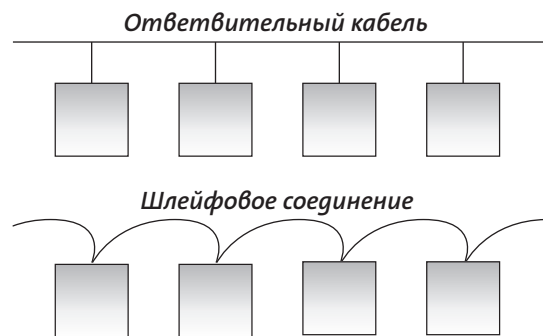


Рисунок 69 Шинная топология

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Простота реализации</li> <li>• Низкая стоимость</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ограничение на длину кабеля и количество устройств</li> <li>• Сложность локализации сетевых сбоев</li> <li>• Неисправность кабельной линии влияет на все устройства</li> <li>• Низкая производительность при большом количестве устройств</li> </ul>

Очень часто используется комбинация этих трех базовых топологий — тогда мы говорим о *смешанной топологии*. Если используется сетевая технология, позволяющая выполнять подключение по любой топологии — тогда мы говорим о *свободной топологии*.

### 8.3.2 Протокол связи

*Протокол связи* включает в себя правила обмена данными между функциональным устройством, подключенным к сети, и прочими устройствами, которые являются частью этой сети. В нем задаются параметры физического оборудования, такие как импеданс и электрические сигналы. В нем задаются параметры передачи данных, например, скорость передачи, синхронизация и формат пакета данных, а также указывается порядок адресации устройств, запроса данных и ответа на запросы.

Протокол связи управляет линией связи. Правила протокола определяют, кто может передавать данные, каков будет их объем и длительность передачи. В протоколах «главный/второстепенный» (например, GENIbus, Modbus, Profibus) правила протокола определяют, какое устройство является главным, а какое второстепенным.

Протокол отвечает за надежную работу и передачу данных без ошибок. Но если что-то идет не так, то есть, когда возникают *исключения*, протокол также отвечает за обнаружение этих исключений, реагирование на них (например, отчет об ошибках, повторная передача и пр.), и восстановление после сбоя, даже после полного отказа сети.

### 8.3.3 Функциональный профиль

*Функциональный профиль* сетевого устройства подразумевает характеристики его функционального интерфейса для сети. В основном, это описание входных и выходных данных устройства. Эти данные чаще всего называются точками данных или элементами данных устройства. Функциональный профиль описывает элементы данных — какой у них формат (8 бит, 16 бит и пр.), их масштаб (разрешение и диапазон), ограничения и взаимосвязи.

Помимо описания элемента данных, функциональный профиль также описывает порядок работы с устройством в сети, когда устройство используется в приложениях. В нем описывается взаимосвязь между функциями устройства, элементами данных и поведением приложения/системы, в которых работает устройство.

Устройства, которые используют один и тот же протокол связи и обмениваются данными согласно определенному и общему функциональному профилю, называются *унифицированными*.

### 8.3.4 Промышленная шина

Типы сетей, используемых в системах промышленной автоматизации для подключения датчиков, приводов и контроллеров, называются *промышленными шинами*, в отличие от сетей, используемых для административных задач в офисной среде, которые в общем называются *локальными вычислительными сетями (ЛВС)*.

Промышленные шины предназначены для работы в неблагоприятных условиях и использования промышленного оборудования и кабелей. Кроме того, протокол промышленной шины обладает отличными от ЛВС характеристиками, поскольку требования к нему немного другие.

Промышленная шина обычно используется для обмена относительно небольшим количеством параметров, но данные передаются часто (обычно требуется высокая частота опроса). К тому же, промышленная шина может иметь возможность передавать данные с соблюдением строгих временных рамок (короткие задержки при доступе к шине и передаче ответов, а также быстрая обработка данных).

В то время как по ЛВС передаются огромные объемы данных (файлы и пр.) между компьютерами и серверами, но передача происходит редко. К тому же, скорость реакции не обязательно должна быть очень быстрой, поскольку взаимодействие осуществляется с людьми, а не с физическими процессами со строгими временными рамками.

## 8.4 GENIBUS

Шина внутренней связи *GENIbus* является разработкой компании Grundfos и предназначена для передачи данных и сетевой работы в типовых задачах, связанных с эксплуатацией водяных насосов в зданиях, системах водоснабжения, водоподготовки и в промышленной эксплуатации.

### 8.4.1 Исходные данные

GENIbus появилась на рынке в 1991 году в качестве интерфейса промышленной шины для циркуляционного насоса Grundfos типа UPE. Этот насос стал первым водяным насосом в мире со встроенным преобразователем частоты, а также первым со встроенным интерфейсом промышленной шины.



Изначальная цель интерфейса GENIbus — объединение циркуляционных насосов с частотным управлением в подсистемы, где главный центральный насос смог бы управлять несколькими насосами, подключенными параллельно с точки зрения гидравлики, и одновременно выводить на экран важные параметры насоса, например, давление, расход и сигналы тревоги.

С тех пор GENIbus развился в продвинутой и экономичный де-факто стандарт Grundfos и доступен почти для всех изделий Grundfos со встроенной электроникой. Его основная область применения:

- Сетевое взаимодействие между насосами, вспомогательными устройствами и контроллерами в подсистемах Grundfos (например, Hydro MPC).
- Интеграция в системы автоматизации (например, SCADA) концепции Grundfos CIM/CIU.
- Подключение к инструментам на ПК через переходник для настройки, поиска неисправностей, контроля значений, регистрации данных и пр.

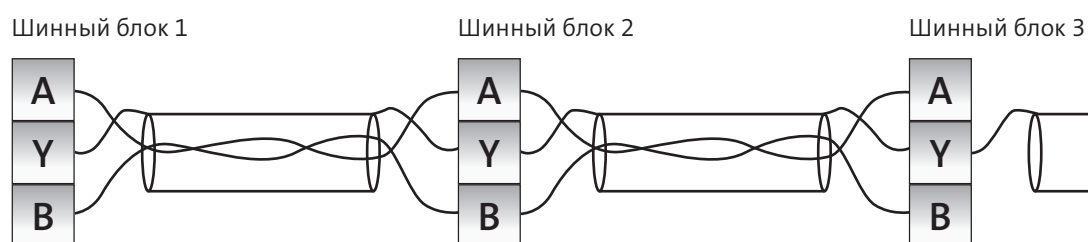
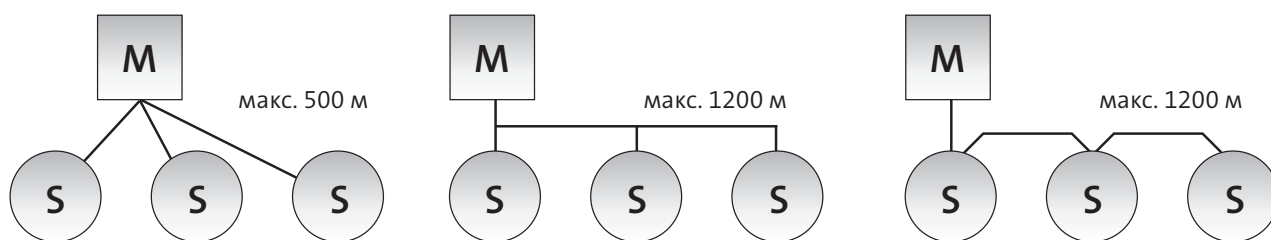
## 8.4.2 Указания по прокладке кабелей

Общие положения

- Используйте витую пару с экраном;
- Подключайте экран с обоих концов;
- Используйте шлейфовое соединение для подключения нескольких устройств;
- Избегайте длинных перемычек шлейфовых соединений;
- Провода должны быть как можно короче;
- По возможности разделите провода шины и кабели питания.

GENIbus

- Не используйте оконечные резисторы;
- Обычно рабочее расстояние составляет до 1200 м;
- Расстояние можно увеличить при помощи ретрансляторов;
- Если вы столкнулись с помехами, попробуйте отключить экран с одного конца шинного блока.



Для GENIbus лучше всего использовать шлейфовое соединение

## 8.5 ИЗДЕЛИЯ GRUNDFOS GENIBUS ДЛЯ НАСОСОВ SP

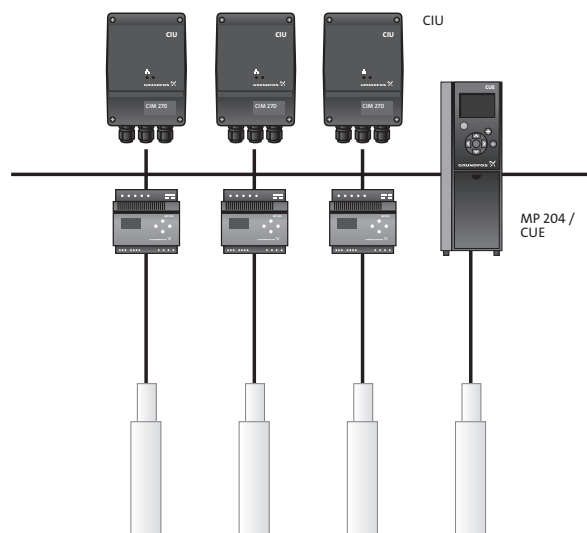
Использование электронной защиты двигателя MP 204 позволяет удаленно контролировать параметры насоса SP:

- 3-фазный ток и напряжение;
- Углы и  $\cos(\theta)$  3-фазного напряжения;
- Пусковой ток;
- Асимметрия тока;
- Сопротивление изоляции;
- Энергопотребление;
- Частота питающей сети;
- Температура обмотки электродвигателя;
- Текущие сигналы о неисправностях;
- Зарегистрированные сигналы тревоги;
- Время включения и счетчик времени работы;
- Счетчик пусков (всего и за час);
- Счетчик повторных пусков (всего и в течение дня);
- Режим работы устройства защиты двигателя MP 204.

При использовании электронного устройства защиты электродвигателя MP 204, можно сбрасывать сигналы тревоги, очищать список сигналов тревог, а также сбрасывать различные счетчики, например, счетчик часов работы и пусков. Для удалённого запуска/останова насоса блок MP 204 использовать нельзя.

При использовании MP 204 или CUE вместе с блоком CIU XXX (например, CIU 200 для включения в сеть Modbus RTU), можно отслеживать следующие значения:

- Значение датчика температуры PT100/1000;
- Сигнализация превышения пределов измеряемых величин;
- Время работы
- Зарегистрированные сигналы тревоги.





### **Grundfos GO Remote**

Блок MP 204 и E-насосы Grundfos имеют возможность беспроводной связи с приложением Grundfos GO Remote, которое связывается с насосом по беспроводной связи. Данные в процессе передачи между насосом и Grundfos GO Remote зашифрованы и защищены от постороннего вмешательства.

Приложение Grundfos GO Remote можно скачать в Apple App Store и Android Market, его необходимо использовать вместе устройствами мобильного интерфейса MI 204 или MI 301.

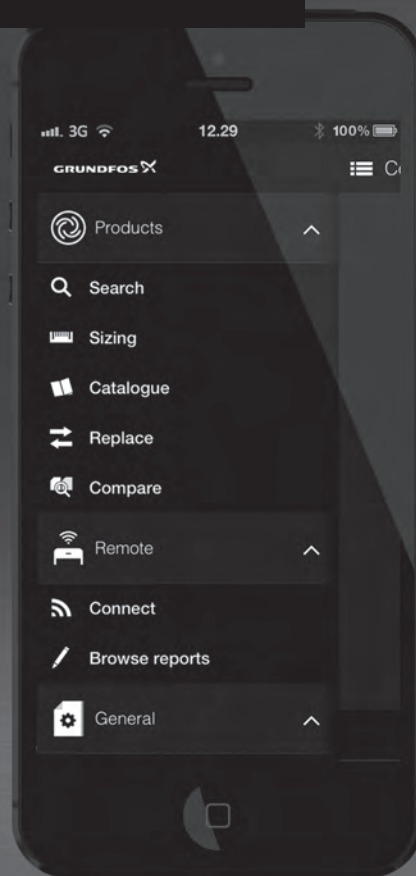
MI 204 является дополнительным модулем со встроенным блоком инфракрасной и беспроводной связей. MI 204 можно использовать совместно с устройствами Apple с разъемом Lightning.

Концепция Grundfos Go Remote заменяет пульт дистанционного управления Grundfos R100. Это значит, что все изделия, поддерживаемые R100, поддерживаются Grundfos Go Remote.

Принцип действия и подключение к насосам описываются в отдельной инструкции по установке и эксплуатации для необходимого типа Grundfos Go Remote.



# ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ





Неисправность	Причина	Решение
Громкий шум в системе трубопроводов здания.  Быстрое прекращение работы манометров.  Разрыв трубопровода и трубопроводной арматуры.	Гидравлический удар при пуске и остановке насоса.	Установите мембранный гидроаккумулятор на 50 л в месте соединения вертикальной и горизонтальной напорных труб.  При отключении насоса вода высвобождается из бака мембранного аккумулятора, что препятствует образованию вакуума.
Воздух попадает как во всасывающий трубопровод, так и в напорный трубопровод.	Гидравлический удар, вызывающий вакуум.	Обеспечьте плавный пуск/останов частотно-регулируемым приводом или амортизацию удара резервуаром высокого давления.
Резкое снижение производительности насоса.	Эксплуатационный износ насоса из-за попадания песка/ила в скважину.	Определите проблемные скважины, запечатайте проблемный участок скважины или сократите производительность насоса более чем в два раза.
Контакты отказывают слишком часто, выросло удельное энергопотребление электродвигателей на каждый перекачанный м <sup>3</sup> .	Высокая пусковая частота.	Уменьшите мощность насоса, установите частотный преобразователь или емкость большего объема.
Энергопотребление насоса слишком большое, шлицевые/муфтовые соединения вала изношены.	При нагнетании создается повышенное давление.	Отрегулируйте производительность насоса, чтобы добиться оптимального КПД или уменьшите число рабочих колес насоса.
Изношены упорные подшипники.	Повышенное давление во время включения/выключения.	Установите устройство управления расходом при пуске.
Отказ упорных подшипников электродвигателей в герметичном исполнении  Повреждение изоляции перематываемых двигателей.	Кавитация.	Снимите ограничения по расходу насоса и проверьте производительность возле точки с оптимальным КПД.
Температура электродвигателя повышается со временем; производительность насоса падает.	Образование отложений (кальций, железо и т.д.) на поверхности электродвигателя и частях гидравлической системы насоса.	Извлеките насос и электродвигатель для очистки; очистите трубопровод, скважинный фильтр и установите охлаждающий кожух.
Падает производительность насоса.	Агрессивная вода (коррозия насоса и трубопровода).	Проведите гидравлическое испытание. Если наблюдаются утечки, извлеките и замените насос и трубы на более устойчивые к коррозии.
При остановке насоса вода опускается вниз в трубе.	Коррозия напорного трубопровода.	Извлеките насос и замените напорную трубу на более устойчивую к коррозии.
Слишком низкая производительность насоса. Двигатель потребляет недостаточно энергии.	Удаление газа.	Опустите насос, если он оснащен клапаном для удаления газа.
Уровень воды в скважине постоянно опускается.	Чрезмерная откачка из скважины.	Уменьшите мощность насоса, чтобы уровень воды оставался постоянным в течение года.  Пробурите больше скважин в другие водоносные горизонты.



10

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



Ниже представлены комплектующие изделия, доступные для погружных насосов Grundfos SP. Номера изделий указаны в каталоге насосов SP.

## 10.1 КОЖУХИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Для оптимального охлаждения электродвигателя погружных насосов Grundfos требуется минимальная скорость потока 0,15 м/с. В случае если скорость потока ниже или требуется дополнительное охлаждение, рекомендуется применять охлаждающие кожухи.

Кожух охлаждения требуется при выкачивании воды из резервуара, а также может потребоваться в глубоких скважинах, в которых существует риск попадания воды на вход насоса сверху, и отсутствует произвольное течение воды вдоль электродвигателя.

Прочие случаи, в которых требуется кожух охлаждения:

- Электродвигатель нуждается в дополнительном охлаждении из-за высокой тепловой нагрузки, например, под воздействием высокой температуры окружающей среды, дисбаланса токов или из-за перегрузки.
- Требуется коррозионная защита насоса при перекачивании агрессивных жидкостей, поскольку коррозия удваивается при повышении температуры на каждые 10 °С.
- Защита от отложений твердых веществ в случае, если вдоль и/или на электродвигателе имеются отложения.

При использовании кожуха охлаждения поток жидкости вдоль насоса снижает температуру насоса, тем самым продлевая срок его службы.

$$v = \frac{Q \times 354}{D^2 - d^2} \text{ [м/с]}$$

Q	м³/ч	Расход
D	мм	Диаметр кожуха
d	мм	Диаметр насоса

Кожух охлаждения Grundfos спроектирован так, что скорость потока вдоль электродвигателя составляет минимум 0,5 м/с и максимум 3 м/с, что гарантирует оптимальные условия работы.

## 10.2 ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ В МОРСКОЙ ВОДЕ

При погружении в хлорированную воду нержавеющая сталь может быть повреждена вследствие контактной или питтинговой коррозии.

Вероятность возникновения коррозии зависит от:

- Марки используемого материала (GG — AISI 304 — AISI 316 — AISI 904L)
- Концентрации хлорида в воде
- Электрохимического потенциала взаимодействующего со средой металла
- Температуры
- Содержания кислорода
- Скорости протекания среды на границе контакта с металлической поверхностью
- Значения pH.

Погруженный в воду металл образует с анодом и катодом, погруженными в электролит (например, хлорированная вода) электрохимический элемент, который в различных источниках также называется гальваническим. Анод в данном случае является активным компонентом, а катод — инертным.

Можно составить список металлов в зависимости от их относительной активности в морской воде. Если в гальваническом элементе поверхность металла становится анодом, происходит коррозия.

### 10.2.1 Катодная защита

Катодная защита — это способ управления коррозией для определенной металлической поверхности путем превращения этой поверхности в катод гальванического элемента.

Это можно сделать двумя способами:

- **Гальваническим:** путем использования защитного металла
- **Подачей тока:** путем использования источника питания постоянного тока и инертного анода.

### 10.2.2 Системы гальванической катодной защиты

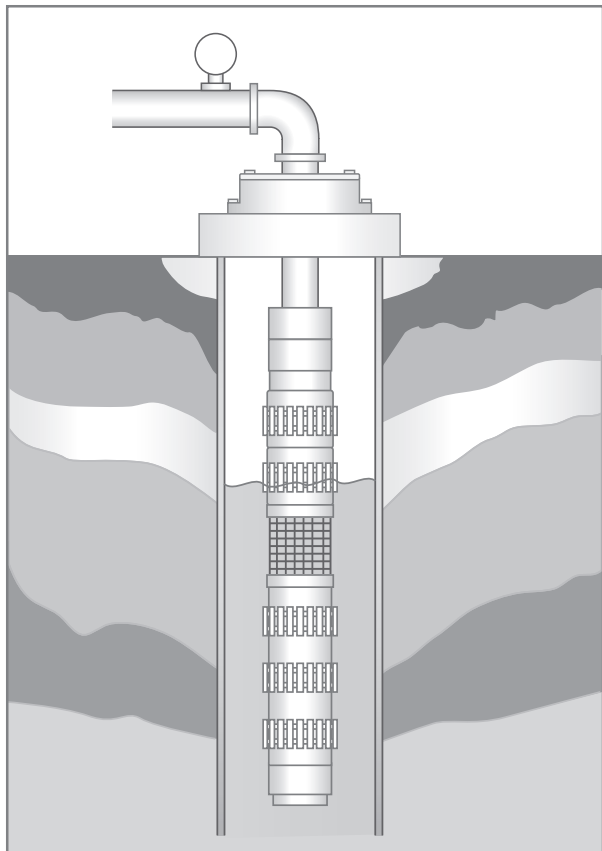


Рисунок 71 Погружной насос с защитными цинковыми анодами

Grundfos предлагает серию защитных цинковых анодов для погружных насосов и электродвигателей. Для металлических напорных труб рекомендуется использовать стандартные решения.

Всегда необходимо учитывать, что использование защитных анодов влияет на окружающую среду, и обязательно принимать во внимание влияние солей, образующихся во время гальванического процесса.

Чтобы определить время замены защитных анодов необходимо осуществлять мониторинг системы.

Преимущество гальванической катодной защиты заключается в том, что система самостоятельно регулирует разрушение защитных анодов и сообщает о необходимости защиты системы.

Для более крупных и сложных систем необходимо проектирование, чтобы выбрать правильное решение для защиты от коррозии. Следует учитывать:

- Материал защитного анода
- Форму
- Длину
- Подключение.

### 10.2.3 Системы катодной защиты подачей тока

Система защиты предполагает использование источника постоянного тока, и следует знать фактический потенциал между металлом, который требуется защитить, и эталонным электродом. Необходимо учитывать риск роста органики на металлических деталях, который со временем может изменить разность потенциалов.

Эти системы требуется проектировать отдельно, и Grundfos обращается к сторонним поставщикам такого оборудования, которые осуществляют проектирование и консультации. Обычный диапазон питания постоянного тока составляет 50 В и 10–100 А.

Преимуществом данного метода является инертность процесса, то есть, не происходит выброса химических веществ в окружающую среду. Для процесса требуется энергия в виде источника питания.

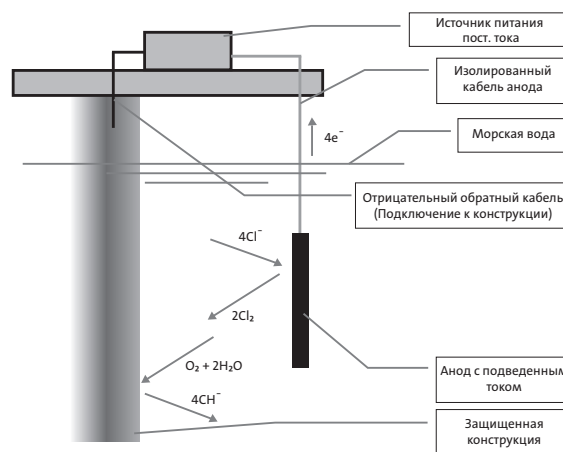


Рисунок 72 Принципиальная схема системы катодной защиты с подачей тока



### 10.3 ОТВЕТВИТЕЛЬНЫЕ КАБЕЛИ

Grundfos поставляет различные типы ответвительных кабелей в зависимости от задач насоса. Общие указания приведены в главе 7.5.

Существуют кабели, разработанные специально для использования вместе с погружными насосами. Некоторые из них одобрены для работы в питьевой воде. Многие производители изготавливают кабели, которые можно использовать вместе с погружными насосами.

Grundfos всегда рекомендует получить гарантию производителя кабеля в том, что кабель удовлетворяет стандарту Grundfos GS418A0010, который предполагает дополнительное испытание устойчивости кабеля, погруженного в воду.

Функциональность кабеля зависит от герметичности уплотнения. Герметизирующий состав должен плотно закрепляться на поверхности кабеля и отдельных проводов. Поэтому необходима тщательная очистка поверхности перед герметизацией. Некоторые производители кабелей в своих производственных процессах используют жидкую смазку, например, силиконовое масло. Эти жидкости практически невозможно удалить с поверхности, в результате чего практически невозможно создать герметичное уплотнение. Поэтому всегда проверяйте, что концевая заделка кабеля обеспечивает герметичное соединение как с ответвительным кабелем, так и с силовым кабелем электродвигателя.

### 10.4 КОНЦЕВАЯ ЗАДЕЛКА КАБЕЛЯ

Вне зависимости от типа уплотнения, приклеивание герметизирующего состава к кабелю необходимо для полной герметизации соединения. Как указано в пункте 10.3, требуется очищенная от масла поверхность кабеля.

Никогда не используйте растворители, поскольку они могут повредить кабель. Чтобы добраться до чистого материала следует использовать только механические способы очистки, например, вытирание чистой тряпкой или обработка наждачной бумагой.

Grundfos предлагает сертифицированную линейку концевых кабельных муфт для подключения 4-жильных или одножильных ответвительных кабелей к кабелю электродвигателя: соединения на основе каучука и термоусадки.



## 10.5 НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

В качестве альтернативы стандартным стальным и пластиковым трубам Grundfos предлагает гибкий напорный шланг Wellmaster. Этот шланг с оплеткой и полиуретановым покрытием одобрен для использования в питьевой воде в нескольких зонах и поставляется в размерах от 1 до 8". Длина шланга может составлять до 200 м.

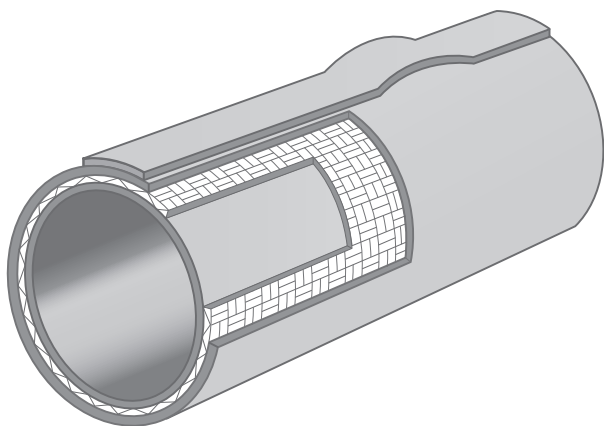


Рисунок 73 Поперечное сечение шланга Wellmaster

## 10.6 СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ

Насосы SP всегда поставляются с резьбой RP или NPT. Если нет возможности использовать стандартную резьбу, Grundfos предлагает линейку переходников, которые позволяют соединять резьбы RP/NPT, а также резьбы RP/NPT и стандартный фланец DIN.



## 10.7 ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Для защиты электродвигателя Grundfos предлагает устройство MP 204, которое может принимать сигнал от встроенного датчика температуры Tempson. Если электродвигатель не оснащен термодатчиком Tempson, рекомендуется использовать датчик температуры Pt100 или Pt1000, сигналы с которых также могут быть приняты и обработаны электронным блоком комплексной защиты MP 204.

MP 204 – это современная система защиты, разработанная для защиты погружных электродвигателей и насосов.

MP 204 обладает следующими преимуществами:

- Подходит для однофазных и трехфазных электродвигателей.
- Защита от «сухого» хода.
- Высокая температура двигателя.
- Защита от перегрузки.
- Очень высокая точность измерения тока.

## 10.8 ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ CUE

Grundfos CUE – это серия внешних преобразователей частоты, предназначенная для регулирования скорости погружного электродвигателя Grundfos.

При использовании CUE дополнительная защита не требуется, и можно выделить следующие преимущества:

- Постоянное давление
- Постоянный уровень воды в скважине
- Постоянный расход
- Кривая постоянных значений
- Оптимальные условия работы (энергосбережение)

При работе преобразователей частоты требуется выходной фильтр. Grundfos предлагает два типа выходных фильтров:  $dU/dt$  или фильтр синусоидального сигнала.







# ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Extranet | Newsletter subscription | Sitemap | Career | Contact



Products Industries & solutions Cases Service & support Training About us How to buy



## Grundfos in the palm of your hand

Read more

**Grundfos Product Center**  
Search and sizing tool to help you make the right choice  
**Extranet**  
Easy product ordering  
Quick links

### Products

Find the right product for your need  
[Find products](#)

### Service

Find information on the Grundfos service offerings  
[Service information](#)

### Meet the energy challenge NOW

**Pumps are the key to energy efficiency**  
Grundfos high efficiency pump and motor technology can reduce the average pump's energy consumption by up to 40%. That is why we are making the potential of pumps loud and clear through Meet the Energy Challenge NOW.

**SMART water treatment**  
Grundfos provides the smartest, high-quality products and services for water treatment.  
Our broad and comprehensive portfolio allows us to be the premier provider of water treatment solutions.

**Thinking Buildings Universe**  
Explore the New Thinking Buildings Universe and get updated on the latest application solutions, tools that makes your working tasks easier and our products that suit your specific application needs within Commercial Buildings.

**NO COMPROMISE!**  
Replace damaged or inefficient wastewater pumps with Grundfos SE/SL S-tube impeller equipped pumps and reduce clogging and downtime immediately.  
Grundfos SE/SL pumps with S-tube impellers...

### Latest News

13/06/2014  
**Grundfos – the perfect match in Brazil**  
World-class sports events call for world-class surroundings fitted with the very best pump solutions. When the referee sets the ball rolling in Brazil this summer, there will not only be adrenalin...

05/06/2014  
**Mission Energy is nearly accomplished**  
An energy awareness campaign on national Indian television is reaching its finale. Grundfos has played a critical role throughout the course of this campaign, and will continue at the close.

03/06/2014  
**New agreement in Singapore opens doors for sustainable future**  
Singapore's National Water Agency, PUB, and Grundfos commit to develop and refine tomorrow's waste water solutions together.

02/06/2014  
**We put water on the agenda in Singapore**  
Grundfos offers its expertise within efficient water solutions, as politicians and important players in the water industry, set the course at Singapore International Water Week.

See all news stories

**GRUNDFOS Holding A/S**  
Poul Due Jensen Vej 7  
DK-8950 Bjerringbro, Denmark  
Tel.: +45 87501400 | Fax: +45 87501402  
CVR no. 31 85 83 56

Legal Issues | Contact Grundfos [Facebook](#) [Google+](#) [LinkedIn](#)

**be think INNOVATE**  
**Subscribe to newsletter**  
Grab the opportunity to stay up-to-date on Grundfos news and events. Sign up and we will send you our newsletters.  
[Subscribe](#)



Дополнительная информация о Grundfos находится на сайте:

[www.grundfos.ru](http://www.grundfos.ru)

### Grundfos Product Center

Онлайн-инструмент Grundfos Product Center позволяет вам выбирать размер насосов, просматривать каталоги продукции, находить подходящие насосы на замену, а также насосы для нестандартных жидкостей. Для каждого насоса отображается вся необходимая информация — графики, технические характеристики, чертежи, доступные запчасти, видео по установке и прочая документация — все в одном месте на странице с насосом.

Онлайн-инструмент Grundfos Product center обладает интуитивным интерфейсом, который позволяет быстро и просто находить желаемое. Информацию о насосах можно искать при помощи следующих функций:

- **Быстрый поиск** — поиск конкретного насоса, а также информации о размерах и заменах.
- **Справочник по жидкостям** — укажите вашу жидкость, температуру и концентрацию, чтобы найти нужный насос.
- **Быстрый подбор** — просто укажите напор и расход желаемого насоса, и система найдет все насосы Grundfos, подходящие под эти критерии.
- **Настраиваемый поиск** — результаты поиска будут разбиты на категории с самыми недорогими насосами, насосами с самым низким энергопотреблением и насосами с самой низкой стоимостью эксплуатации.

После регистрации в системе у вас появится доступ к недавно просмотренным или сохраненным материалам прямо с главной страницы, включая завершенные проекты. Вся система оптимизирована для просмотра на мобильных устройствах, поэтому вы можете заходить в нее со смартфона или планшета.

Алфавитный указатель	глава	стр.
Агрессивная вода (морская вода).....	3.7	25
Асимметрия напряжений.....	6.2.1	51
Асимметрия токов.....	6.6	54
Бустерные модули.....	3.9	27
Водозабор руслового типа.....	2.2.2	9
Водоснабжение.....	2	8
Воздух/газ в воде.....	3.4	20
Выбор и определение размеров кабеля.....	7.5	67
Выбор напорного трубопровода.....	7.4	66
Выбор насоса.....	4.3	30
Выбор насоса и электродвигателя.....	7.3	60
Выработка электроэнергии.....	6.1	51
Гидравлический удар.....	3.6	24
Главное устройство пуска резистивного типа, RR.....	5.4.4	43
Глубина спуска насоса.....	7.2	60
Глубина установки.....	3.5.1	22
Горизонтальное применение.....	3.3	20
Горнодобывающая промышленность.....	3.2.1	19
Горячие грунтовые воды и геотермальная вода.....	3.8	26
Грунтовые воды.....	2.2	9
Двигатели и управление.....	5	36
Дебет скважины.....	7.3.3	61
Диаметр скважины.....	7.3.2	61
Дополнительная информация.....	11	90
Дополнительное оборудование.....	10	84
Защита от коррозии в морской воде.....	10.2	85
Защита от перегрева электродвигателя.....	7.3.7	65
Защита электродвигателя.....	10.7	88
Из источников морской воды.....	2.3.2	14
Из источников пресной воды.....	2.3.1	14
Изделия Grundfos GENIbus для насосов SP.....	8.5	80
Изнашиваемые детали.....	4.2	30
Исходные данные.....	8.4.1	78
Кабели и кабельные соединения.....	5.2	39
Кавитация.....	3.5	21
Катодная защита.....	10.2.1	85
Кожух охлаждения.....	7.3.8	65
Кожухи охлаждения.....	10.1	85
Концевая заделка кабеля.....	10.4	87
КПД насоса.....	7.3.4	61
Кривые рабочих характеристик.....	4.4	31
Метод включения электродвигателя через пусковой трансформатор — AF.....	5.4.3	43
Метод прямого включения — DOL.....	5.4.1	40
Методы снижения пусковых токов.....	5.4	40
Назначение систем передачи данных.....	8.1	75
Напорные трубопроводы.....	10.5	88
Напряжение.....	6.2	51
Насосы.....	4	28
Низкое и высокое напряжение.....	6.2.2	51
Области применения.....	3	16
Обмен данными.....	8	74
Основные компоненты SCADA.....	8.2.1	75
Основы сетевой работы.....	8.3	77
Ответвительные кабели.....	10.3	87

Алфавитный указатель	глава	стр.
Откачка воды .....	3.2	19
Параллельная эксплуатация насосов .....	7.7	70
Питание .....	6	50
Плавный пуск электродвигателя — SS .....	5.4.5	43
Поверхностные воды .....	2.3	14
Подача пресной воды .....	3.1	17
Подключение к сети .....	6.5	53
Поиск и устранение неисправностей .....	9	82
Последовательная работа насосов .....	7.8	70
Потребность в грунтовых водах .....	2.2.3	10
Принципы работы насосов .....	4.1	29
Производительность и коэффициент использования скважины .....	2.2.5	12
Промышленная шина .....	8.3.4	78
Протокол связи .....	8.3.2	78
Пуск насоса .....	7.10	71
Пуск с помощью преобразователя частоты — FC (частотно-регулируемый привод) .....	5.4.6	44
Работа генератора .....	7.12	71
Рабочая точка .....	7.3.1	60
Ресурсы .....	2.1	9
Сборка насоса/электродвигателя .....	7.6.1	69
Сетевая топология .....	8.3.1	77
Системы SCADA .....	8.2	75
Системы гальванической катодной защиты .....	10.2.2	86
Системы катодной защиты подачей тока .....	10.2.3	86
Скважины .....	2.2.1	9
Скважины и условия их эксплуатации .....	7.1	59
Снижение номинальной мощности погружных электродвигателей .....	7.3.6	65
Соединение силового и ответвительного кабелей .....	7.6.2	69
Соединение труб .....	10.6	88
Соединения напорного трубопровода .....	7.6.3	69
Схема включения «звезда-треугольник» — SD .....	5.4.2	42
Температура воды .....	7.3.5	64
Техническое обслуживание .....	7.6	69
Типы двигателей, общее описание .....	5.1	37
Требуемый объем скважинной воды и номинальная мощность системы водоподготовки .....	2.2.4	11
Указания по прокладке кабелей .....	8.4.2	79
Установка и эксплуатация .....	7	58
Устройства защиты электродвигателя .....	5.3	40
Функции SCADA .....	8.2.2	75
Функциональный профиль .....	8.3.3	78
Частота .....	6.3	52
Частотно-регулируемые приводы .....	6.4	52
Частотно-регулируемый привод CUE для насосов SP .....	5.6	47
Частотный преобразователь CUE .....	10.8	88
Число пусков/остановов .....	7.9	71
Эксплуатация с частотно-регулируемым электроприводом .....	7.11	71
Эксплуатация с частотным преобразователем .....	5.5	46
Энергопотребление .....	4.5	32
GENIbus .....	8.4	78
SCADA на веб-сервере .....	8.2.3	76



## СИСТЕМА SP

Комплексное решение на основе скважинных насосов Grundfos состоит из насоса SP, отдельного двигателя, частотно-регулируемого привода и системы контроля. Все компоненты идеально дополняют друг друга, чтобы обеспечить надежность работы и высокую энергоэффективность.

Grundfos многие десятилетия занимается скважинными насосами и обладает обширными знаниями в области водоснабжения, орошения и горного дела.

Подробная информация и преимущества полной системы SP приведены на сайте [grundfos.ru](http://grundfos.ru)