

Забор воды из скважин

Руководство по проектированию



2013

Введение	7
Нормативно-правовая база	9
Использование водных ресурсов	9
Вода	10
Конструкция скважин	11
Конструкция скважин	13
Законодательные акты и нормативные документы	13
Природоохранные зоны	13
Скважины	14
Бурение скважин для забора воды из источника	15
Строительство скважины	18
Процедура геофизических измерений в ходе строительства скважины	23
Техническое обслуживание скважины	24
Регенерация	25
Восстановление	27
Пломбирование / демонтаж	27
Реконструкция скважин	27
Анализ состава воды	29
Формирование разрушающих отложений	30
Твердые примеси	30
Газообразные компоненты	30
Гидравлическое оборудование скважин	33
Оборудование, находящееся внутри буровой скважины	34
Оборудование, находящееся снаружи буровой скважины	36
Кривые насосных характеристик	39
Расположение погружного насоса в скважине	43
Конфигурация погружного насоса	43
Конфигурация погружного насоса	45
Конструкция	46
Выбор материала	49
Покрытия	49

Основные электротехнические решения	51
Электрические системы	52
Однофазный двигатель переменного тока (конденсаторный асинхронный двигатель)	57
Трехфазные асинхронные двигатели	58
Определение параметров в зависимости от конкретного изделия	65
Технология управления	75
Особенности работы с устройствами плавного пуска или преобразователями частоты	81
Конфигурация погружного насоса	85
Выбор материала	85
Гидравлическая конфигурация	86
Расход	87
Максимальный диаметр скважины при работе без охлаждающей рубашки	88
Расход как функция регулирования скорости	89
Проверка потребности в гидравлической мощности	90
Выбор кабеля	91
Вопросы потенциального снижения потребления электроэнергии для погружного насоса	93
Оценка затрат полного срока эксплуатации погружных насосов для использования в буровых скважинах	94
Установка и ввод в эксплуатацию погружных насосов	103
Рекомендуемые меры в случае отказов	104
Инструкции, касающиеся установки насоса на опоры	104
Замечания по установке	105
Приложение	107
Словарь терминов	107
Другие области применения погружных насосов	110
Формулы	111
Список источников	114
Информация об авторских правах	115





Введение

В Германии на 83 миллиона человек приходится около 10 миллионов кубометров ежедневного потребления питьевой воды. В тоже время, действительное потребление воды составляет приблизительно 5000 литров на душу населения, а это приблизительно в 40 раз больше, чем мы используем в быту.

Это огромное количество воды используется для производства товаров, в которых мы нуждаемся в повседневной жизни. Например, для производства одного автомобиля требуется около 40 000 литров воды, а для одного персонального компьютера – 20 000 литров. Таким образом, потребление воды в Германии составляет 150 000 миллионов кубометров в год.

Большая часть этой воды берется из скважин, эксплуатационные расходы на которые могут намного превзойти величину начальных инвестиций.

Затраты на закладку и эксплуатацию скважин составляют большую часть общей стоимости водоснабжения. Следовательно, всестороннее знание зависимостей между гидрогеологией, характеристиками воды, вариантами конструкции, конструкционными материалами, монтажными работами, зависимостями потока в скважине и мерами по освоению скважины является фактором, который столь же важен, как и эксплуатация скважины.

Можно получить большую экономию, если гарантировать, что скважина работает в оптимальном режиме, с использованием правильно выбранного погружного насоса, с правильно согласованными рабочими условиями и выполнением соответствующих мер по поддержанию состояния скважины.

Неправильный подбор оборудования и плохая эксплуатация скважины приводят к высоким эксплуатационным расходам, которых владельцы скважин могут избежать за счет комплексного планирования и управления.

Настоящие рекомендации предлагают полезные советы, способные помочь в выборе и эксплуатации скважины.

Нормативно-правовая база

Питьевая вода – основа для всех пищевых продуктов и напитков. Они прямо или косвенно содержат питьевую воду.

Вода также используется в бытовых условиях для различных целей, таких как стирка одежды, принятие душа и т.д. Основные требования к питьевой воде – гигиеничность и чистота, а также то, что называется «чистый и приятный вкус». Эти основные требования перечислены в Хартии Боннера по безопасности питьевой воды и были включены в руководящие принципы Всемирной организации здравоохранения 2004 г. Чтобы гарантировать соответствие этим основным требованиям, комплексные нормативы были установлены на международном, европейском и национальном уровнях.

Международный экологический закон регулирует любые споры, которые могут возникнуть относительно общей защиты водных объектов. Кроме того, Хельсинское Соглашение и Международное Соглашение Осло-Париж регулируют различные аспекты, касающиеся защиты водных объектов и питьевой воды.

Что касается Германии, то самые важные установленные законом нормативы по защите грунтовых вод и снабжению питьевой водой – Закон о рациональном водопользовании (WHG 2002, 7-я поправка), Нормативы по грунтовым водам (GrwV 1979) и Нормативы по питьевой воде (TrinkwV 2001). Поскольку за выполнение этих нормативов ответственны отдельные земли (административные единицы) Германии, они могут предписывать собственные условия по их выполнению.

Использование водных ресурсов

С 2000 г. введена в действие европейская Директива по созданию регулирующей структуры в отношении мер, воздействующих на сообщество касательно политики водопользования, сокращенно Рамочная директива по водной среде. В Германии она введена в действие в соответствии с 7-й поправкой к Закону о водопользовании (WHG).

Использование водных ресурсов и водоснабжение – важные компоненты защиты окружающей среды. Стандарт DIN 4049 описывает использование водных ресурсов как систематическую организацию всей человеческой деятельности, которая влияет на воду как наземных, так и подземных источников. Это включает защиту воды от последствий человеческой деятельности, защиту населения от некачественной воды, безопасность источников воды и изучение последствий, возникающих при водопользовании. Компании по водоснабжению обязаны поставлять воду при достаточном давлении, чтобы гарантировать качественный охват водоснабжением областей, в которых они являются ответственными за поставку воды. Это определено в нормативах «Общие условия по водоснабжению» (AVBWasserV). Загрязнение водных объектов регулируется не только Законом о водопользовании, но также и в соответствии с Директивой ЕС 2004/35/ЕС (Ответственность за загрязнение окружающей среды с целью предотвращения загрязнений и восстановления окружающей среды), которая внедрена в Германии Законом о загрязнении окружающей среды (UrschadG).

Вода

Качество воды

В Германии требования к качеству питьевой воды (TW) определены Нормативами по питьевой воде (TrinkwV 2001).

Эти нормативы внедряют в национальное законодательство Директиву ЕС по питьевой воде 1998 г. (98/83/ЕС).

Предельные величины и требования в TrinkwV 2001 разделены на следующие категории:

- Общие требования (§ 4)
- Микробиологические требования (§ 5 и Приложение 1)
- Химические требования (§ 6 и Приложение 2)
- Индикативные параметры (§ 7 и Приложение 3).

Кроме того, в отношении очистки питьевой воды в Германии должны выполняться требования Перечня добавок для очистки, изданного Министерством по вопросам окружающей среды, и процедур дезинфекции в соответствии с § 11 2001 TrinkwV.

Также в дополнение к TrinkwV 2001 применимы различные технические условия стандарта DIN. Они включают:

- DIN 2000 (Централизованное питьевое водоснабжение)
- DIN 2001 (Директивы по индивидуальному водоснабжению)
- DIN 4046 (Технические издания, определения и терминология по водоснабжению).

Анализ воды

Нормативы по питьевой воде (TrinkwV 2001) определяют обязанности компаний по водоснабжению и контролирующим органов. Они включают технические условия, в соответствии с которыми должны быть проверены микробиологические и химические параметры, и проведены контрольные проверки питьевой воды. В соответствии с требованиями Директивы ЕС по питьевой воде каждые три года все государства-члены ЕС должны представлять отчет по питьевой воде.

Единая общегерманская методика в отношении анализа воды, сточных вод и отстоянных вод /DEV регулирует анализ питьевой воды в Германии с использованием физических, химических, биологических и бактериологических процедур. Анализ питьевой воды может быть выполнен только лабораториями, которые были одобрены согласно соответствующему информационному листу DVGW W261.

В Германии также применимы стандарты Trinkwasserverordnung 2001 (нормативы по питьевой воде) и правила DVGW (Немецкий союз специалистов водо- и газоснабжения). Эти стандарты являются официальными директивами для областей применения, использования, установки, обеспечения безопасности и обслуживания. Они не имеют установленной законом силы, но помогают в интерпретации юридических положений.

Настоящие инструкции представляют собой практическую помощь для проектирования и монтажа установок повышения давления в системе водоснабжения.

Строительство скважин

К бурению скважин применимы различные стандарты EN, ISO и DIN, а также различные нормативы, выпущенные DVGW и VDI/VDE. Их диапазон варьируется от стандарта DIN 18300, предназначенного для классификации типов грунтов, вплоть до различных инструкций для фильтровых труб (DIN 4922, DIN 4925, DIN 4935, DIN EN ISO 1127 и т.д.) и фильтрующего песка (DIN 4924). Нормативы DVGW (признанные технические правила) включают, среди прочего, руководства для областей, в которых применяется охрана питьевой воды (W100-W102), взятие образцов во время мелиорации земли (W112) и правила по созданию, бурению и разработке скважин и определению весеннего паводка (W115-130).

Погружные насосы

Центробежные и погружные насосы можно разделить в зависимости от конкретной области применения (ISO DIN 9905, DIN EN ISO 5199, ISO DIN 9908). Определение общей терминологии для насосов и насосных систем приведено в DIN EN 12723. Также можно сделать ссылку на стандарт DIN EN 13386 в отношении особых аспектов безопасности погружных насосов и насосных установок.

Этот стандарт также позволяет определять различные конструкции насосов, которые используются для подачи воды из глубоких и горизонтальных скважин.

Центробежные насосы: основная характеристика – передача энергии за счет динамического взаимодействия потока перекачиваемой жидкости и лопастей вращающегося колеса. Это отличает такие насосы от поршневых насосов, работающих по принципу вытеснения, где, например, обратный ход приводит к сжатию и выпуску объема воды.

Погружные насосы: под этим термином подразумеваются центробежные насосы, гидравлическая часть которых (корпус насоса) погружена в перекачиваемую жидкость. Двигатель расположен выше гидравлической части и может быть стандартным, защищенным от погружения в жидкость.

Погружные насосы с приводом от погружного двигателя: этот тип насоса также относится к центробежному насосу, который полностью погружен в перекачиваемую жидкость без всасывающей трубы или всасывающего патрубка. Если перекачиваемой жидкостью является питьевая вода, он также называется погружным насосом (называемым ниже U-насос). Они часто используются в глубоких скважинах. В отличие от насосов с приводом от вала устанавливаемых в колодце их преимуществом является то, что они могут без проблем использоваться даже на больших глубинах. Для узлов установки, которые входят в контакт с водой, используемые краски, материалы конструкции, уплотнения и т.д. не должны оказывать вредное воздействие на характеристики воды.

Строительство скважин

Законодательные акты и нормативные документы

При подключении к магистральным водоводам должны выполняться региональное водное законодательство и Закон о водопользовании. Это, в частности, применяется к отбору поверхностных вод и грунтовых вод. Как правило, устанавливаются условия на получение права использования водных объектов. Закон о водопользовании требует, чтобы вода использовалась для пользы всего общества. В зоне санитарной охраны определенная деятельность запрещена или ограничена с целью охраны водных объектов. Контроль качества питьевой воды регулируется нормативами на питьевую воду. Правила централизованного снабжения питьевой водой, бурения скважин, их эксплуатации, проверки и контроля приведены в DIN 2000.

Зоны санитарной охраны

Немецкий федеральный Закон о водопользовании (WHG) и соответствующее региональное водное законодательство являются основой для охраны подземных вод и стока водосбора. Поэтому весь забор воды из источников подлежит согласованию с соответствующими регулирующими органами. Поверхностные и подземные источники водоснабжения должны обеспечивать население водой и поэтому должны предусматривать соответствующие зоны санитарной охраны. Эти зоны должны быть легко определены и отражены на картах местности.

Определение местонахождения для зон санитарной охраны

Когда зона санитарной охраны определена, в водоохраные органы подается заявление. После его регистрации в Министерстве здравоохранения, Министерстве по управлению водными ресурсами, Геологическом комитете, в органах местной власти в тех регионах, которые имеют отношение к данной зоне, и других государственных инстанциях, которые имеют отношение к данному вопросу, и получения их разрешений информация о намерениях должна быть опубликована.

Правила для санитарных зон

Водоохранное законодательство разделяет границы водоохраных областей на три зоны: область забора воды (зона I), внутренняя защитная зона (зона II) и внешняя защитная зона (зона III).

Зона I является областью вокруг места забора воды и подлежит защите от загрязнения, чтобы качество воды не подвергалось опасности. Таким образом, в пределах этой области запрещены пешие прогулки или использование химических продуктов любого вида.



Зона II должна иметь размер, примерно соответствующий площади, с которой спустя приблизительно 50 дней грунтовые воды достигают места водозабора, что примерно равно длительности жизни большинства болезнетворных организмов. В пределах этой области запрещено возведение зданий, чтобы биологические загрязняющие вещества не проникли сквозь покрывающие породы. Для четкого указания этой зоны должны быть установлены специальные уведомляющие знаки.

Зона III, водосборная площадь для водозабора, должна быть защищена от устойчивого загрязнения грунтовых вод и биологических и химических воздействий. Здесь должны быть запрещены все виды строительных работ. Поэтому важно, чтобы все эти зоны были отмечены на карте территории.

Проверка и обслуживание зон санитарной охраны

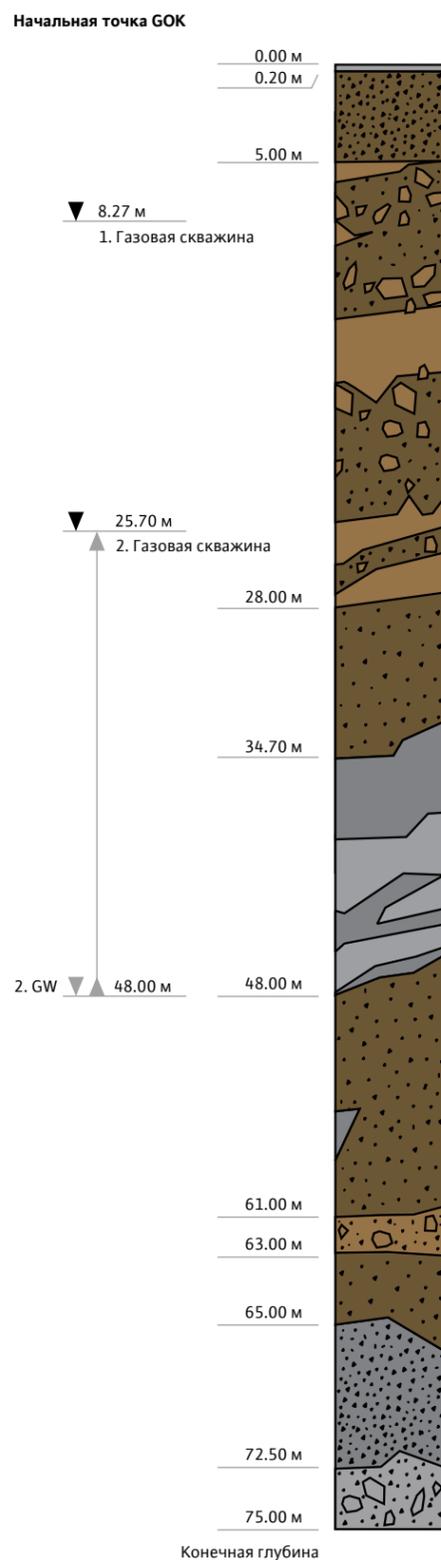
Водосборная площадь должна регулярно проверяться на наличие различных изменений. Особенно важно проводить проверку перед и после зимнего сезона, после экстремальных погодных условий, в ходе строительных работ и во время применения удобрений. В ходе каждой проверки следует особо тщательно осматривать область забора воды. Именно здесь возникает большинство причин нарушения требований к качеству воды. Любые строительные работы и действия, связанные с применением механизмов, могут приводить к загрязнениям. Поэтому разрешается использовать для этого только соответствующие материалы. Кроме того, важно регулярно выполнять работы по обслуживанию области забора воды, например, нужно косить здесь траву, заполнять ямы гумусом и укреплять склоны.



Скважины

Существует огромное разнообразие обозначений для определения категории скважин согласно конкретным критериям, таким как тип создания (шахта, буровая скважина и т.д.), размер (вырытая скважина), конструкция (трубчатый колодец) и тип забора воды из источника (глубокие скважины).

Профиль ствола скважины



Скважина – это искусственно созданная конструкция для водоснабжения (забора, сбора, перекачивания, контроля, вытекания, фильтрации или повторной закачки) подземной воды. Скважины подразделяются:

• **По пространственному положению:** наклонная скважина, вертикальная скважина, горизонтальная скважина.

• **Глубине:** мелкая скважина, глубокая скважина, очень глубокая скважина.

• **Глубине, на которой находится уровень воды, или давлению артезианской скважины:** скважина с избыточным давлением в верхней приемной площадке, поверхностная скважина (скважина с надводным устьем), глубоко залегающая скважина.

• **Типу создания:** шахтная скважина, буровая скважина, скважина с водяным насосом, забивная скважина, абиссинский колодец, дренажная скважина с фильтром.

• **Материалу конструкции:** трубчатая скважина, скважина, закрепленная кирпичной или каменной кладкой.

• **Конструкции трубы для подачи грунтовой воды:** скважина с гравийным заполнителем, скважина с фильтром из слоя гравия, скважина с тканевым фильтром, совершенная скважина, несовершенная скважина, бесфильтровая скважина.

• **Типу подачи воды:** скважина, оборудованная насосом, шатный колодец, водоприемный колодец насоса, обыкновенный колодец.

• **Целевому использованию:** скважина питьевой воды, транспортная скважина, водопонижающая скважина, скважина водостока, скважина-водоисточник, контрольная скважина, защитная скважина, скважина для ремонтно-восстановительных работ, скважина вертикального дренажа.

В настоящее время подавляющая часть грунтовой воды извлекается вертикальными скважинами с фильтрацией. Другие типы забора воды, например, горизонтальные скважины с фильтрацией и шахтные скважины, играют в водоснабжении второстепенную роль.

Вертикальные скважины с фильтрацией подразделяются:

По глубине:

- поверхностные скважины,
- глубокие скважины.

Глубине, на которой находится уровень воды:

- поверхностная скважина в режиме всасывания,
- глубокая скважина с U-насосами.

Типу конструкции:

- скважина с обсадной трубой,
- скважина с засыпкой гравием,
- скважина с неработающей облицовкой,
- скважина с 2 частями засыпки гравием, с дифференцированием по глубине,
- фильтрующая скважина без гравия в скальной породе.

Положению трубы в скважине для подачи грунтовой воды:

- совершенная скважина,
- несовершенная скважина.

Целевому использованию:

- скважина для питьевой воды,
- скважина для технической воды,
- водопонижающая скважина,
- противопожарная скважина,
- ирригационная скважина,
- контрольная скважина, точка измерения грунтовых вод,
- скважина для ремонтно-восстановительных работ,
- скважина вертикального дренажа или инфильтрационная скважина.

Все типы скважин определяются по их конструкции и условиям эксплуатации.

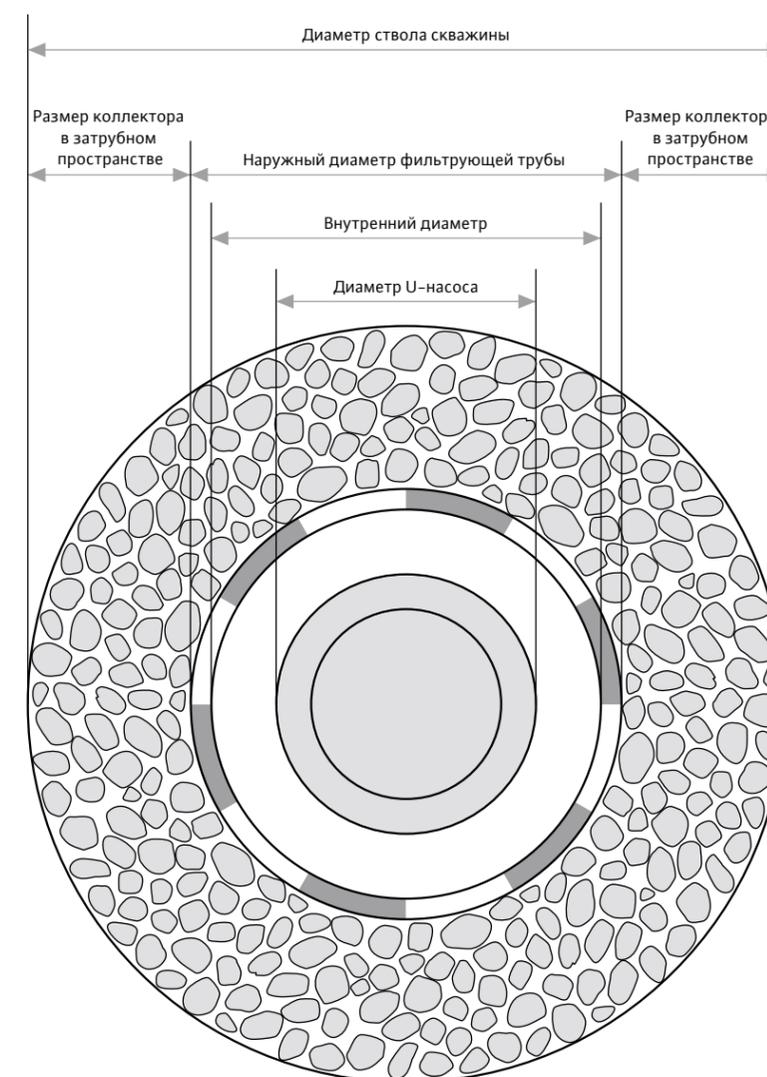
Бурение скважин для забора воды из источника

Задание размеров ствола скважины

Если геологические данные в грунте, в котором предстоит бурение, еще неизвестны, должно быть выполнено пробное бурение. Геофизические измерения позволяют оценить, в каком месте бурение скважины обеспечит наилучший приток воды.

Размер скважины зависит от количества воды, которое можно получить (дебита) и гидрогеологических условий, то есть гранулометрического состава, положения и толщины соответствующего водоносного пласта грунтовой воды. Толщину водоносного пласта грунтовой воды следует использовать в максимально возможной степени, так как первоначальный объемный расход соответствует длине сечения фильтра. Несколько дополнительных метров бурения и строительства скважины часто могут привести к существенному увеличению дебита скважины. Дополнительные 20% затрат могут привести к увеличению производительности на 100%!

Диаметр скважины





Буровые коронки
Источник: E+M Bohr GmbH



Скважинное оборудование
Источник: E+M Bohr GmbH

Диаметр водопроводной трубы определяется диаметром напорного патрубка насоса. Внутренний диаметр скважины должен быть достаточным для того, чтобы обеспечить надежное размещение заполнителя из гравия в пределах кольцевого пространства. Это достигается при размерах кольцевого пространства 80–100 мм. Слишком большие размеры кольцевого пространства затрудняют работу по удалению песка, так как стенка ствола буровой скважины находится слишком далеко от фильтрующих труб. Полные данные относительно калибровки буровой скважины приведены в рабочем стандарте DVGW W 118.

Типы пород

Процедура и ход процесса бурения, а также разрез по скважине в целом зависят от типа породы, ее твердости, структуры, расслоения, направления течений воды и ее поведения относительно системы трубопроводов. Типы породы можно классифицировать по различным уровням сложности / рабочим характеристикам бурения (BW). Они варьируют от мягкого грунта до скальной породы и высокотвердой скальной породы. Существует в общей сложности шесть групп пород.

Скважинное оборудование

Перед бурением скважины должны быть сделаны определенные регулировки, такие как настройка платформы для бурения и выбор соответствующего подсоединения к приводу. В каждом случае следует принять меры для того, чтобы выполнение работ при бурении не загрязняло грунтовые воды. Все запасные части, которые непосредственно не требуются при бурении скважины, должны быть убраны подальше от бурильной головки, чтобы они не оказывали неблагоприятного воздействия на процесс.

Ось и поперечное сечение ствола скважины

Чтобы избежать проблем во время вставки и удаления буровой трубы, обсадной трубы и т.д., важно, чтобы ось ствола скважины была действительно вертикальной, а сечение ствола скважины – действительно круглым. Чем глубже буровая скважина и чем меньше диаметр, тем сильнее сказываются последствия отклонения от вертикальности.

Процедуры бурения

Процедура	Описание
Процедура сухого бурения	Чтобы разрушить породу до рыхлого состояния, применяются ударные процессы и процессы бурения. Процедура сухого бурения – это ударный процесс. Чтобы разбить скальную породу, могут использоваться плоские долота или втулки толчкового действия. Для удаления породы из отверстия в области землеройных работ используются гильзы клапанов, шнековые буры или скребковый разгрузчик. В отличие от процедуры бурения с промывкой, при которой буровая скважина стабилизируется за счет избыточного давления, данная процедура для стабилизации не требует системы трубопроводов. Процесс бурения не основан на применении жидкости для промывки скважины, но воду следует всегда заливать в отверстие так, чтобы буровая скважина не оставалась сухой, а высвобожденный материал транспортировался вверх как буровая мука через гильзы клапанов. Для облегчения вытягивания буровых труб необходим частый отвод инструмента, формирующего диаметр скважины. Это должно быть учтено при разработке программы бурения. Чем больше диаметр скважины и больше содержание глины в слоях, тем чаще должен происходить такой отвод. Кроме того, следует учитывать, что и крепление труб друг к другу заклепками или сваркой, и сами стенки труб за счет своей толщины, должны выдерживать высокие напряжения, возникающие в процессе бурения. Недостатком бурения глубоких скважин является длительное время, требуемое для этого процесса.
Ударное бурение	Этот процесс бурения использует бурильные инструменты ударного действия, которые разбивают породу в основании буровой скважины. Удар осуществляется за счет падения под действием силы тяжести или за счет использования приводов.
Процесс ударно-вращательного пневматического бурения	Для очень твердых скальных пород используется процесс ударно-вращательного пневматического бурения. При этом ударное буровое долото, оснащенное наконечником из твердого сплава, приводится в действие сжатым воздухом, что позволяет разрушать крупные части породы на такие, которые можно транспортировать вверх, где происходит оценка образцов породы. Вода в буровой скважине возмущается потоком воздуха, идущим вверх, так, чтобы мелкозернистый песок не перемещался с породой наверх.
Процесс бурения с промыванием	Процесс бурения с промыванием ослабляет прочность слоев породы внизу скважины с помощью долота с лопастной крыльчаткой или роликового долота, прикрепленного к бурильной оправке. Вращательное действие создается на поверхности за счет ротора или вращательной головки с приводом и передается к бурильной оправке. Обломочный материал при бурении удаляется непрерывным введением промывочной жидкости, использование которой исключает потребность системы в трубопроводах, так как стенка ствола буровой скважины стабилизирована внутренним избыточным давлением.
Процесс вращательного бурения	Процесс вращательного бурения включает в себя процессы вращения и левостороннее вымывание обломочного материала жидкостью при бурении. Чтобы предотвратить превышение давления и последующий отток промывочной жидкости в направлении рабочей поверхности, в жидкость добавляются промывочные присадки. Они делают промывочную жидкость более плотной и более вязкой, затем она перекачивается вниз по системе трубопроводов для транспортировки бурового шлама в пределах кольцевого пространства между системой трубопроводов и стенкой ствола буровой скважины.
Процесс левостороннего вымывания	Процессы, являющиеся частью левостороннего вымывания (нисходящая промывка в пределах кольцевого пространства между стенками трубопроводов/буровой скважины и восходящая промывка внутри трубопровода с использованием насосов или сжатого воздуха по принципу эрлифтного насоса для выноса выбуренного шлама по внутренней трубе): бурение с использованием роликовых долот, буров для мягких пород, погружных пневматических молотков (со сжатым воздухом в качестве привода и среды для промывания), бурильных головок, т. е. с использованием роторного стола, бурильной головки с приводом (привод от гидро- или пневмосистем).
Процесс бурения с всасыванием	В этом процессе используется всасывающий насос для подачи промывочной жидкости и грунта, изъятый при бурении к поверхности через систему трубопроводов. Так как высота всасывания насоса невелика, то в зависимости от диаметра системы трубопроводов могут быть достигнуты только ограниченные глубины бурения.
Эрлифтный процесс	В эрлифтном процессе промывочная жидкость извлекается эрлифтным насосом, который имеет выход у основания системы бурильных труб. Следует обязательно принять меры, чтобы не загрязнить промывочную жидкость. Для этого процесса, чем глубже выполнена установка, тем выше рабочие характеристики, поэтому время от времени точку выхода следует перемещать вниз. Промывочная жидкость и грунт, изъятый при бурении, подаются к поверхности через систему трубопроводов и остаются для осадения в промывочных баках или отстойниках. Промывочная жидкость стекает назад внутри кольцевого пространства между стенкой ствола буровой скважины и системой трубопроводов.
Процесс колонкового бурения	Процесс колонкового бурения дает информацию о развитии пустот и отложениях каменных пород. В этом процессе режущие инструменты, установленные на полой цилиндрической или основной трубе, вращаются с помощью ротора, а буровой шлам вымывается промывочной жидкостью. В конце процесса основная труба с образцами каменных пород вытягивается наружу.

Процессы сухого бурения и бурения с промывкой включены в состав обычных технологий бурения скважин.

Строительство скважин



Фильтрующая труба, набранная из стержней
Источник: E+M Bohr GmbH

Фильтрующая труба

Исходя из соображений безопасности, скважины для водоснабжения обязательно должны быть оснащены фильтрующими трубами для предотвращения повреждений по причине осыпания или вспучивания грунта и т.д. Фильтрующие трубы для гарантии эффективности их работы не должны содержать песка и химических материалов.

Кроме того, фильтрующая труба должна иметь максимально возможное количество малых отверстий с равномерными промежутками между ними для поддержания фильтрующего сопротивления на соответствующем низком уровне. Также следует учитывать боковые силы, которые могут воздействовать на фильтрующую трубу, а труба должна иметь соответствующую прочность, чтобы противостоять этим силам.

Фильтрующие трубы	Описание
Сталь рильсан	Благодаря своей механической прочности, конструкция фильтрующей трубы с перфорацией типа «мостик» является наиболее часто используемой. Размер прохода через наружную боковую поверхность фильтра определяется шириной щели, размерами отверстия «мостиков» и длиной щели, а ширина щели труб фильтра определяется величиной зернистости гравия для фильтров. Гравий не должен проходить через отверстия во внутреннюю часть фильтрующей трубы или блокировать отверстия. Патрубки, присоединяемые к фильтрующей трубе, должны выдерживать все рабочие напряжения и не уменьшать внутреннее сечение фильтрующей трубы, а также значительно выходить за пределы внешнего диаметра. Соединение с резьбой полукруглого профиля и соединение типа ZSM (стойкие к вытягиванию вставные втулки) имеют высокую прочность. Если фильтрующие трубы имеют защиту от коррозии, все соединения также должны иметь защиту от коррозии, а трубы должны вкручиваться на полный ход резьбы. Фланцевые соединения или соединения со стыковой накладкой в Германии используются редко. Фланцы должны выступать далеко внутрь камеры с фильтрующим гравием. DIN 4922 определяет, что материалом, используемым для фильтрующих труб, должна быть сталь 37-2. Кроме того, для защиты от коррозии предлагается использование различных материалов, таких как необработанная сталь (rh), оцинкованная сталь (zn), стальные трубы с битумным покрытием (bt), с пластиковым покрытием (kv) и обрезиненные (g). Гальваническое покрытие, битумная изоляция и горячая эмалировка обеспечивают только краткосрочную защиту. Последняя легко повреждается в процессе строительства скважины.
Пластмасса	Патрубки, присоединяемые к фильтрующей трубе, должны выдерживать все рабочие напряжения и не должны уменьшать внутреннее сечение фильтрующей трубы, а также значительно выходить за пределы внешнего диаметра.
VA	Специальные свойства фильтрующих труб из нержавеющей и коррозионно-стойкой стали состоят в том, что они не требуют никакой дополнительной защиты от коррозии. Однако эти трубы должны быть протравлены и пассивированы. Большинство используемых фильтрующих труб имеют перфорацию типа «мостик» и обмотку из проволоки. На фильтры из обмоточной проволоки наваривается несущая профилированная проволока. Они обеспечивают высокую пропускную способность для воды и могут быть легко развернуты при демонтаже.

Трубы со сплошной стенкой

Трубы со сплошной стенкой изготавливаются из тех же материалов и с теми же соединениями, как и фильтрующие трубы. Самое важное требование для насадочных труб – обеспечение плотных стыковых соединений. В частности, при заказе пластмассовых труб с резьбой следует заказать также специальные уплотнительные кольца. Самым легким является монтаж с использованием вставных соединений, известных как ZSM соединения. Они включают в себя необходимые уплотнительные кольца, при сборке они просто вставляются друг в друга нажатием и фиксируются для достижения прочности на растяжение с использованием срезных штифтов. Чтобы избежать высоких материальных затрат при использовании нержавеющей стали, фильтры из витой проволоки из нержавеющей стали могут комбинироваться с насадными трубами из поливинилхлорида.

Гравий для фильтров

Чтобы определить соответствующий размер зерен гравия для фильтров, необходимо получить репрезентативные буровые пробы. Выполняется оценка буровых проб соответствующего водоносного пласта с грунтовой водой, и наименее благоприятная проба используется для ситового анализа. Качество определения размера гравия для фильтров зависит от качества выполнения буровых проб. Предпочтительными всегда являются керновые пробы. В документе W119 MB DVGW предлагается легко прослеживаемая процедура для определения гранулометрических характеристик гравия для фильтров. Неопределенности, связанные со взятием пробы и определением гравия для фильтров, к сожалению, всегда приводят к определению заполнения, исходя из требований безопасности, чтобы избежать риска уноса песка. К сожалению, это приводит к излишне высокому входному сопротивлению и мешает мерам по очистке от песка. В случае возникновения сомнений всегда обращайтесь за советом к опытному специалисту. Песок и гравий для фильтра стандартизованы в соответствии с DIN 2914 и могут содержать зерна увеличенного и уменьшенного размера только в ограниченных пределах. Гравий для фильтров должен обеспечивать решение следующих задач:

- не позволять проходить малым частичкам песка;
- поддерживать зернистую структуру позади стенки ствола буровой скважины;
- действовать как опора между фильтром и стенкой ствола буровой скважины.

Чрезмерно большое кольцевое пространство препятствует эффективному удалению песка, так как стенка ствола буровой скважины находится слишком далеко от фильтрующей трубы. Поэтому не следует превышать размер кольцевого пространства в диапазоне 80–150 мм.



Установка трубы со сплошной стенкой
Источник: OCHS Bohrgesellschaft mbH



Гравий для фильтров



Стеклянные шарики

По той же самой причине нецелесообразно использовать дважды засыпаемый гравий (из 2 частей). Лучше соответственно увеличить диаметр фильтрующей трубы. Гравий для фильтров следует засыпать, используя трубу для засыпки. Это гарантирует плотную укладку гравия и перемещение вверх всей остающейся промывочной жидкости / воды из буровой скважины.

Промывание водой гравия приводит к удалению грязи из буровой скважины!

В настоящее время вместо гравия для фильтров часто используются стеклянные шары. Их большим преимуществом является однородность и гладкая поверхность. Во время удаления песка они позволяют легче проходить малоразмерным частицам и предотвращают быстрое накопление отложений окиси железа в заполнении ствола. Кроме того, они более подвижны благодаря меньшему трению, что облегчает удаление песка и выполнение мер по регенерации скважины. Если заполнение определено неправильно, они «прощают» неправильный выбор размера частиц, но не ошибки при выполнении заполнения в целом!

Обсадная труба/герметизация

Герметизация кольцевого пространства выше заполнения скважины предназначена для предотвращения обмена различных водоносных пластов с грунтовой водой.

Для этого используются заполняемые глиной формы и спрессованные суспензии. Последний вариант может обеспечивать надежную

герметизацию для нерегулярных и глубоких кольцевых пространств. Однако для этого необходимо устройство для обеспечения объемного сжатия в большом пространстве, и имеется большая вероятность появления различных погрешностей при смешивании и применении суспензий.

Поэтому предпочтительны засыпаемые уплотнения при условии, что они могут применяться с должной надежностью на соответствующей глубине. Они имеют более высокое исходное напряжение от воздействия давления, значительно легче и менее опасны при монтаже. Кроме того, они не требуют времени на схватывание.

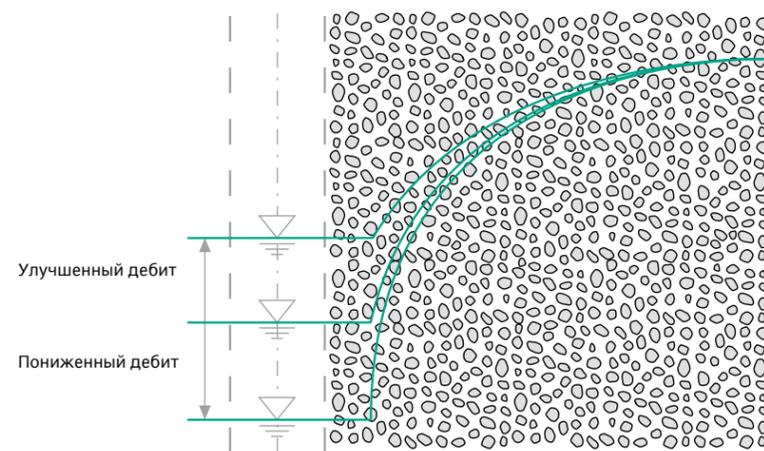
При том, что засыпаемые уплотнения могут быть установлены в соответствии с расположением слоев, сжимаемые уплотнения должны всегда устанавливаться так, чтобы они занимали все пространство, вплоть до поверхности земли. Однако они не подходят для использования в буровых скважинах, в которых проложены трубопроводы. Непрерывное сжатие не может быть реализовано, если должны быть установлены промежуточные трубы. Как правило, для заливаемых (засыпаемых) уплотнений лучше всего подходят буровые скважины с трубами, в связи с однородностью их кольцевого (затрубного) пространства и меньшей глубины.

Освоение скважины (удаление песка)

Удаление песка используется при освоении скважины и для удаления остатков промывочной жидкости и мелкозернистого щебня от просеянного гравия и смежной стенки ствола буровой скважины. При откачке воды из скважины уровень грунтовых вод понижается, и таким образом несколько увеличивается расход. Поскольку в начале откачки расход является высоким, твердые частицы удаляются значительно легче, и также имеет место высокая скорость выноса песка. В целом, полное удаление песка недостижимо.

Ударную нагрузку следует создать с помощью насоса для удаления песка и для удаления осадка. Чтобы избежать возникновения полостей и обвала слоев грунта, следует контролировать количество песка, удаляемого насосом. Кроме того, этот процесс нацелен на получение воды, максимально очищенной от песка. Содержание песка при вводе в действие должно соответствовать индикативным величинам, перечисленным в рабочем стандарте DVGW W 119. Если эти величины не достигнуты, удаление песка следует повторить.

Улучшенный дебит благодаря качественному удалению песка из области вокруг скважины



Процедура	Описание
Насосы для удаления песка	Так как для скважин в твердой породе существует небольшой или совершенно отсутствует риск уноса песка, обычно достаточным является кратковременное применение насоса для удаления песка. Для этого, с непрерывной регистрацией измеренных результатов, скважина попеременно запускается на полную мощность и затем выключается. Чередувание режимов должно выполняться с 5-минутными интервалами и поддерживаться в течение 6–12 часов. Если в конце этого периода времени содержание песка не будет составлять $\leq 0,1 \text{ см}^3/10 \text{ л}$ воды, то необходимо ступенчатое использование насоса для удаления песка. Если при помощи насоса полное удаление песка (до указанной величины) не достигается, и при максимальной скорости извлечения из скважины получена большая величина содержания песка, насос должен применяться поэтапно. На этапе удаления песка (на глубине от 1,0 до 5,0 м) с использованием центрального заборного отверстия должно быть выполнено уплотнение выше и ниже фильтрующей трубы посредством резиновых рукавов. Для эффективного определения содержания песка в перекачиваемой воде следует взять пробу из скважины. Для этого вода выпускается в ковш через пробоотборный кран, при этом песок сначала должен осесть. Часть воды над песком сливается, а оставшая вода вместе с осевшим песком сливается в измерительный цилиндр, где песку снова дается время для осаждения. Измеренное распределение частей воды указывает на содержание песка в см^3 на 10 л пробы воды.
Поэтапное удаление песка	Поэтапное удаление песка состоит из его предварительного удаления, применения периодического режима перекачивания и затем стадий ударного удаления песка. Для предварительного удаления песка берется несколько проб воды, и после того, как будет достигнута определенная величина уноса песка, мощность насоса еще более увеличивается. Затем берется еще одна проба воды, и процедура повторяется, пока не будет достигнута максимальная величина $5 \text{ см}^3/10 \text{ л}$. Затем начинается применение ударной нагрузки. Для этого скважина в течение нескольких минут работает на максимально возможной скорости откачивания. Затем насос выключается на такой же период времени. Эта процедура повторяется, пока унос песка не достигнет $0,1 \text{ см}^3/10 \text{ л}$. После того, как насос будет включен, следует взять пробу. После выполнения всей этой процедуры следует еще раз проверить отстойник скважины на наличие отложений песка, и в случае необходимости, удалить весь оставшийся песок. Величины, измеренные в ходе этой процедуры, отражают водоотдачу скважины и поэтому их следует зарегистрировать до того, как скважина будет построена.
Поршни	Для этой процедуры в поршневом диске обычно выполняют проходные клапанные отверстия, которые закрываются и открываются в зависимости от восходящего и нисходящего перемещения, чтобы создать всасывание на нижней стороне поршня. Это всасывание вызывает удаление песка, и в то же время над поршнем создается давление, которое разрушает любые связи между гранулами грунта. Эффективная глубина этого процесса ограничена.
Метод импульса давления с волной сжатия	Генерация импульса высокого давления в воде с одновременным перекачиванием максимально большого количества технологической воды. Эта процедура приводит к одновременному удалению песка, поэтому во многих случаях, в зависимости от геологии, потребность в перекачивании для удаления песка отсутствует. Благодаря скорости и глубинам, на которых эта процедура является эффективной, она в настоящее время является лидирующей на рынке.

Испытания насоса

Для каждого испытания насоса должна быть создана программа испытаний с точными данными. В ней должны быть показаны, например, продолжительность, количество проб, которые будут взяты, глубина взятия пробы, тип измерений, источники, образцы воды для испытаний и т.д.

Прежде чем начать испытания насоса, о них нужно заблаговременно сообщить в соответствующий исследовательский институт, а также в орган, имеющий право выдачи разрешений на водопользование, и получить разрешение на проведение испытаний. Чтобы получить ясную картину и точные, ненарушенные измерения рабочих характеристик, все технологическое оборудование должно быть полностью проверено перед испытаниями. Кроме того, объемы извлеченной воды нужно подавать в закрытых трубах, чтобы избежать возникновения любого противотока.

Испытания насоса следует всегда выполнять и после строительства скважины, чтобы можно было распознать понижение рабочих характеристик после наступления какого-либо события. Таким образом проверяется, например, дебит скважины. Если скважину следует бурить в скальной породе, необходимо выполнить несколько промежуточных испытаний насоса, чтобы сравнить водоподачу и характеристики в отдельных слоях скальной породы. Это позволяет остановить бурение, как только будет достигнут достаточный дебит.

Основные испытания насоса выполняются сразу после окончания строительства скважины. Эти приемные испытания насоса позволяют установить соотношение извлекаемой воды и глубины бурения; данная величина соответствует дебиту. Получаемая кривая добычи определяет доступный объем извлекаемой воды при рабочих условиях.

Как правило, основные испытания насоса должны длиться минимум 120 часов (5 × 24 ч), чтобы обеспечить наилучшее определение рабочих характеристик скважины в эксплуатации.

Измерение скорости извлечения воды во время испытания насоса следует всегда выполнять с использованием калиброванного водомера, чтобы можно было увеличить полный объемный расход. При этом измерительный прибор всегда должен быть заполнен водой.

Уровень воды в других скважинах, которые включены в ту же программу измерений, следует измерять с заданными интервалами. Кроме того, построить график, не только отражающий оценку рабочих характеристик скважины, но и такой, чтобы его могли использовать другие пользователи воды.

Для лучшего контроля воздействия погодных факторов на естественные колебания уровня грунтовой воды за пределами территории скважины могут быть установлены контрольные трубы. Высоту уровня воды в скважине можно определить, используя легкий отвес.

Испытания относительно основных микробиологических показателей могут быть выполнены во время испытания насоса при проверке загрязнений. Во время измерения уровня воды температура воздуха и воды должна колебаться в пределах 1/10 °С.

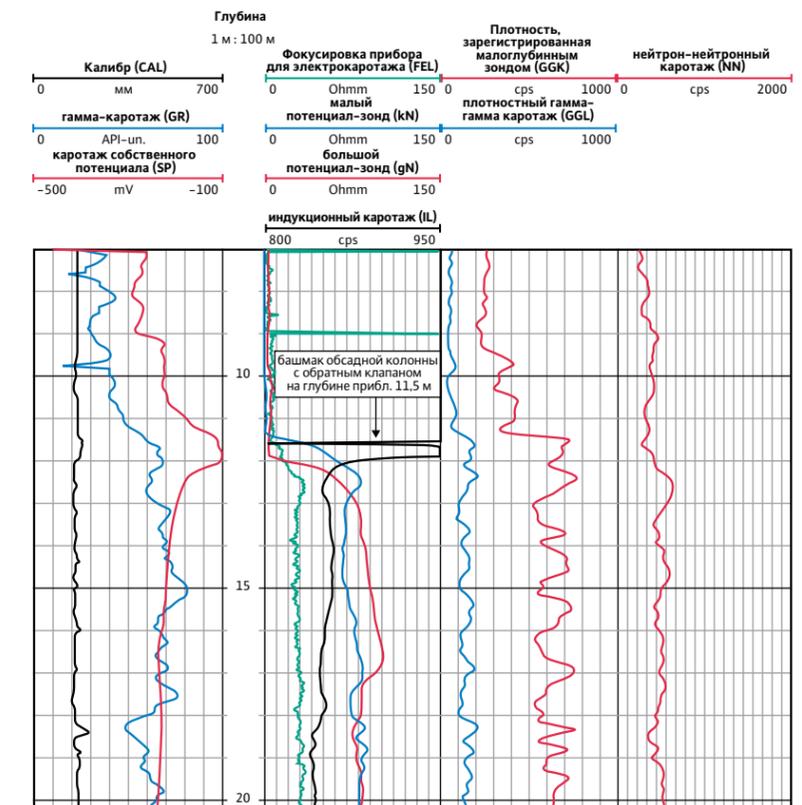
Каждое испытание насоса должно быть зарегистрировано в протоколе испытаний. В протоколе должна быть описана область вокруг скважины, колодцы, водные источники, водные объекты, находящиеся вблизи скважины, стадия строительства скважины, цель испытания насоса, высота его расположения, данные испытаний измерительного прибора, результаты анализа проб, взятых для химического и микробиологического исследования. Более подробно содержание протокола приведено в информационном листке DVGW W 111.

С целью улучшения качества данных, в процессе испытаний должны использоваться современные методы измерения и электронной регистрации. В частности, использование датчиков давления для измерения уровня воды, электронная регистрация данных спаренных датчиков касательно удельной проводимости, величины рН фактора и температуры, регистраторов данных. Эти меры значительно улучшают точность и количество данных, полученных при испытаниях насоса, и возможность их последующей обработки.

Процедура геофизических измерений в ходе строительства скважины

Процедура геофизических измерений изложена в текущем рабочем стандарте DVGW (W116). Программа измерения готовится индивидуально для каждой скважины и по каждому запросу.

Геофизические измерения скважины



Процедура измерения	Описание
Диаграмма расходомерного каротажа	Относительное распределение водопровяления в скважине и расхода воды определяется с использованием диаграммы расходомерного каротажа. Важно установить нагнетательный насос во время измерения, благодаря чему могут быть выполнены сравнительные измерения с работающим насосом и без него.
Диаграмма температурного каротажа	Диаграмма температурного каротажа предоставляет информацию о температуре в скважине.
Каротажная диаграмма по проводимости	Каротажная диаграмма по проводимости совместно с диаграммой температурного каротажа позволяют определить соленость веществ, содержащихся в скважине.
Диаграмма гамма-каротажа	Диаграмма гамма-каротажа отражает запись естественной радиоактивности. Это геологическое измерение дает информацию о типе подстилающих пород, в которых содержится вода.
Диаграмма FEL-каротажа	FEL-каротаж регистрирует электрическое сопротивление покрывающих пластов. Это измерение дает информацию о гидрогеологических характеристиках покрывающих пластов.
Диаграмма результатов измерения мутности	Измерение мутности – геологическое измерение, которое позволяет определить фотоэлектрическое сопротивление горизонта, зависящее от мутности.
Измерение калибра и наклона / направления	Для контроля геометрических данных буровой скважины во время бурения измеряются калибр (диаметр), наклон и направление скважины.
Гамма / гамма – нейтрон / Нейтронный каротаж	Предназначен для проверки плотности заполнения гравием за стенкой скважины.

Техническое обслуживание скважины

Поскольку внутренние поверхности глубокой скважины трудно осмотреть и оценить, следует сделать вывод о состоянии скважины на основании таких параметров, как качество воды, состояние насоса, рабочие отказы, так и других показаний о наличии проблем. Приведены три примера процедур для такого контроля явлений внутри скважины.

Процедура	Описание
Использование регистратора данных	Позволяет выполнять непрерывную и бесперебойную регистрацию событий. Объемный расход может быть определен с использованием индуктивного измерителя расхода. Для того, чтобы измерить уровень воды, может использоваться гидростатический измерительный щуп. Этот метод способен обеспечивать очень точные показания.
Отбор проб по методике RWSP/BWSP	Позволяет отображать статический и эксплуатационный уровни воды.
Исследование по методике FS	Хорошее представление о состоянии конструкции скважины может быть получено с помощью регулярных осмотров с использованием телевизионной камеры, выполняемых каждые 5 лет. При подготовке к ним следует извлечь насос. Осмотр с использованием телевизионной камеры показывает механические повреждения облицовки стен скважины, а также процесс ухудшения состояния непосредственно самой скважины под действием времени. Например, отложения красного цвета указывают на образование осадка железной охры (красные окислы железа). Засоренные щели в фильтре указывают на потребность в мерах по восстановлению скважины. Встроенные лазерные датчики позволяют измерить повреждения, трещины и наличие инородных тел.

Регенерация

Для устранения любых повреждений или дефектов в скважине целесообразно предоставить компании, которая выполняет эти работы, все существующие документы.

Кроме того, перед началом работ по регенерации должно быть получено одобрение от водоохраных органов. Также полезно выполнить кратковременное пробное включение насоса перед началом работ по регенерации, чтобы характеристики можно было сравнить с результатами, полученными после работы.

Каждый метод регенерации можно оценить с точки зрения его эффективности, исходя из:

- отделения (удаление покрытий, засорений и отложений/песка);
- удаления (извлечение удаленного материала);
- проверки (измерения промежуточных результатов выполнения работы спустя некоторое время).

Краткий обзор отдельных процессов и процедур приведен в рабочем стандарте DVGW (W 130). Отчет о научно-исследовательской работе W 55/99 по DVGW сводит воедино последние полученные результаты относительно эффективности различных процедур.



Источник: Etschel Brunnen-service GmbH



Фильтрующая труба после ремонта

Источник: Etschel Brunnen-service GmbH

Технология автоматического управления и регулирования

Wasserstand müNN [müNN] 336.60 müNN
Absenkung: 46.85 m
Durchfluß: 119.6 m³/h
Stromaufnahme: 177.8 A
Intensität: 75.5 %
Tagesmenge: 185 m²
Summe: 3223690 m²
Pumpzeit: 1.6 h
Betriebsstunden: 8962.2 h
Trübung: 0.134 FNU

Wasserstand müNN [müNN]	Absenkung [m]	Stromaufnahme [A]	Intensität [%]	Trübung [FNU]	Durchfluß [m ³ /h]
400.00	60.00	250.0	100.0	2.000	270.0
390.00	64.00	225.0	90.0	1.800	243.0
380.00	48.00	200.0	80.0	1.600	216.0
370.00	42.00	175.0	70.0	1.400	189.0
360.00	36.00	150.0	60.0	1.200	162.0
350.00	30.00	125.0	50.0	1.000	135.0
340.00	24.00	100.0	40.0	0.800	108.0
330.00	18.00	75.0	30.0	0.600	81.0
320.00	12.00	50.0	20.0	0.400	64.0
310.00	6.00	25.0	10.0	0.200	27.0

08:52:31 20.04.11

Процедуры регенерации	Описание	
Механическая процедура	Поршни / Щетки / Откачивание / Интенсивное удаление	Поршни: могут использоваться клапаны различных диаметров для создания эффекта всасывания. Щетки: стенки трубы могут очищаться пластмассовыми щетками, установленными на штанге. Откачивание: отложения песка и шлама, которые накапливаются у основания скважины, могут быть удалены с использованием эрлифтов. Интенсивное удаление отложений: поэтапное выкачивание из фильтрующих участков с использованием погружных насосов.
	Процедура с использованием струи высокого давления (внутренней/внешней)	Внутренняя струйная промывка выполняется медленно вращающимися соплами внутри трубы, в щелях фильтра и также до известной степени – в засыпанном гравии. Большое количество воды выпускается в виде струй, которые удаляют частицы загрязнений. Для выполнения внешней струйной промывки штанги, оснащенные соплами, вставляются в засыпанный гравий.
	Процедура использования волн гидродара с импульсами высокого давления воды	Используются минимум 2 корпуса сопел с 4 соплами, которые вращаются на высокой скорости в противоположных направлениях и обеспечивают подачу волновых импульсов высокого давления, очень эффективно удаляющих засорения и отложения. Одновременное выкачивание большого количества жидкости удаляет твердые частицы и обеспечивает очень хороший контроль в ходе отбора проб.
	Взрыв	Для металлических фильтрующих труб без стенок из гравия существует вариант создания отдельных импульсов путем взрывов с большой проникающей способностью посредством подвешивания в области фильтрации шнура, несущего заряд взрывчатого вещества.
	Ультразвук	Для вариантов очень малой проникающей способности по всему материалу трубы могут использоваться генераторы ультразвука для создания микроколебаний.
Химическая процедура	Поршни	Для введения средства для регенерации непосредственно в сечение, подлежащее регенерации, используется шланг.
	Однокамерное устройство	Средство для регенерации закачивается с избыточным давлением по секционно в открытые секции фильтра.
	Многокамерное устройство	Для проверки измерений и хода выполнения работ, а также концентрации и подачи средства для регенерации, последнее циркулирует в пределах двух камер по секциям в течение нескольких дней.
Сочетание механических и химических процедур	W 130 предусматривает начальную механическую регенерацию. После промежуточной проверки принимается решение относительно дополнительной химической регенерации.	
Испытание качества удаления отложений / удаления песка / эффективности работы насоса	Должно быть выполнено кратковременное испытание насоса после окончания нормальной эксплуатации скважины, чтобы лучше сравнить фактические рабочие характеристики скважины с результатами испытаний насоса, которые были зарегистрированы после того, как была создана скважина. Если глубина скважины, измеренная зондированием, очень отличается от заданных чертежом скважины, то, во избежание дальнейших повреждений, скважину следует изучить, используя телевизионную камеру. Затем следует провести удаление песка, так как песок негативно влияет на работу и скважины, и насоса, а также серьезно ухудшает качество воды. Для этого выполняется прокачка секций фильтра, и в то же время продувка сжатым воздухом, не допуская смешивания зерен различных размеров, пока не будет достигнуто указанное минимальное содержание песка. Когда глубина скважины будет снова зондироваться, она должна иметь правильное значение.	
Дезинфекция	Если вода в скважине загрязнена бактериями, ее следует дезинфицировать (рабочий стандарт DVGW W 291). Для этого воду в скважине необходимо обработать раствором хлора или перекисью водорода (содержание хлора: для буровых скважин, приблизительно 50 мг/л, для шахтных колодцев – приблизительно 20 мг/л). Для буровых скважин раствор хлора или H ₂ O ₂ равномерно распределяется по всей скважине с помощью давления. Для шахтных колодцев обмен воды следует выполнять, закачивая ее вдоль стенки скважины. Перекись водорода предпочтительно использовать на конструкциях из нержавеющей стали.	

Восстановление

В отличие от регенерации, которая не изменяет конструкцию скважины, восстановление скважины включает в себя строительные работы. Это требуется, как правило, при серьезных повреждениях или сильном снижении рабочих характеристик. Более подробно восстановление и ремонт описаны в рабочем стандарте DVGW W 135.

Вставка фильтров

Если показатели работы скважины указывают на повреждение фильтров, эта неисправность может быть устранена простым и экономичным способом – путем установки нового сменного фильтра, благодаря чему скважина может быть предохранена от выхода из строя.
Если, с другой стороны, повреждение скважины уже настолько серьезно, что фильтрующий гравий вышел за пределы кольцевого пространства, следует предусмотреть сменный фильтр для кольцевого пространства, соответствующий размеру зерен гравия. Кроме того, сменный фильтр необходимо надежно центрировать, а размеры зерен гравия и размер щели должны быть достаточно большими, чтобы избежать засорения с сопровождающим это явление снижением эффективности.
Следует также учесть, что диаметр скважины постепенно уменьшается и возможно, что существующий рабочий насос и водоподъемную трубу со временем использовать будет невозможно. Поскольку в Германии большинство скважин так или иначе имеют размеры с запасом, то данное обстоятельство позволяет избежать указанной проблемы: существующую лицензию по отбору воды можно использовать достаточно долгое время.

Демонтаж и установка нового фильтра

Ремонт путем демонтажа и установки нового фильтра легко выполняется в скважинах, которые устроены в устойчивой скальной породе. Напротив, в неустойчивой или рыхлой породе эту операцию реализовать труднее. Для этой процедуры блок фильтров сначала прорезается в нескольких местах. После того, как фильтровальный гравий будет удален и блок фильтров будет вынут, в скважину может быть установлен новый фильтр и заполнен гравием. В случае неустойчивой породы необходимо перед разрезанием выполнить промывание струей воды, а фильтр следует вынимать по секциям.
Поскольку каждая скважина индивидуальна, процедуру следует планировать в деталях перед каждым ремонтом (например, с применением геофизических измерений). Ремонты, в частности, целесообразны, когда разрешение на новую скважину отсутствует и из-за серьезного повреждения сменный фильтр не может быть установлен.

Пломбирование / демонтаж

При демонтаже скважины естественно возникшие непроницаемые слои в любом случае должны сохранять свою функцию. В оптимальной ситуации этого достаточно, чтобы демонтировать блок фильтров, с прорезанием щели на нижнем конце, чтобы гравий мог высыпаться из фильтра и можно было отсосать избыточный материал. Это приводит к высвобождению обсадной трубы, после чего проверить правильность пломбирования. Если все в порядке, можно нанести цемент от уровня выемки грунта до поверхности. Однако, если к пломбированию есть претензии, существует возможность разбурить цементную пробку в обсадной трубе и вновь запломбировать ее. Все пломбирования должны быть одобрены соответствующими органами власти.

Реконструкция скважин

Преимуществом повторного бурения является то, что все соответствующие процедуры могут быть выполнены согласно последним данным и с высокой скоростью. При этом буровая скважина может быть углублена для достижения свежих водоносных пластов грунтовой воды. Для этого возможно потребуется подача нового заявления на получение лицензии на забор воды. При выполнении проектов регенерации стены трубы и водные каналы уже будут очищены и состояние системы трубопроводов скважины будет известно. Однако, в случае использования химической регенерации, утилизация веществ, применяемых при регенерации, достаточно дорога. В этом случае также следует подать заявление на получение лицензии на забор воды, если должны применяться какие-либо химикаты. Система вставных сменных труб относительно проста и недорога. Возможно, при этом потребуется насос и водоподъемная труба меньшего диаметра, так как эта система приводит к уменьшению проходного сечения. Применение ремонтных гильз из нержавеющей стали – один из методов предотвращения точечной коррозии и коррозионных ям (питтинга), возникающего в результате дробеструйной очистки, причем по умеренной стоимости. Однако могут возникнуть проблемы при запрессовке гильз в трубу.
Даже если полная очистка скважины при новой установке очень затруднительна и отнимает много времени, достоинство этого варианта будет в том, что удаляются все поврежденные части скважины. При этом учитывается, что крупноразмерные отложения окиси железа и засорения трубы для подачи грунтовой воды не могут быть удалены. При этом также могут использоваться современные строительные технологии и нет необходимости запрашивать новую лицензию на отбор воды.



Анализ состава воды

Анализ состава воды предназначен для определения физических, химических и микробиологических параметров для оценки качества воды. Кроме того, он предоставляет ценную информацию для оптимального выбора материалов и для оценки потенциала возникновения отложений.

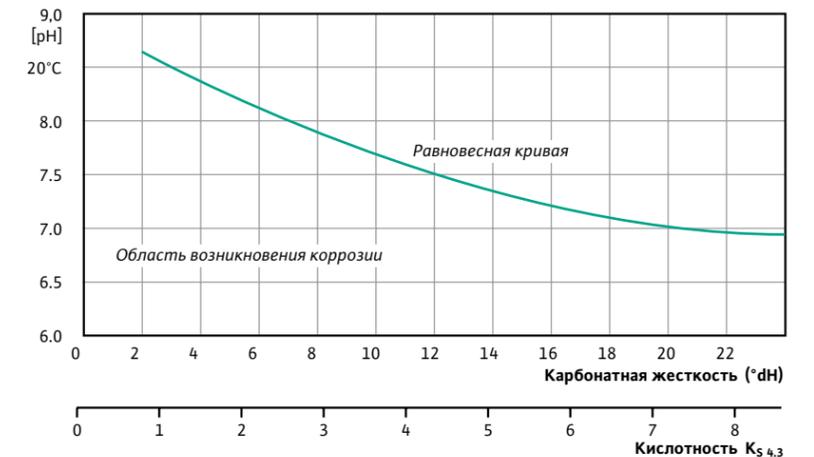
Компоненты, присутствующие в подземной воде, могут вызывать коррозию или приводить к появлению отложений в частях оборудования, которые соприкасаются с водой. Некоторые ионы, образующиеся при диссоциации, не важны с технической точки зрения и существенны только для потребителя воды. Сопrotивление материала воздействию перекачиваемой жидкости предполагает формирование пассивированного слоя на деталях и узлах, которые входят в контакт с жидкостью. Для чугуна это защитный слой отложений извести, препятствующий образованию ржавчины, который может быть сформирован в зависимости от характеристик воды и предотвращает дальнейшую коррозию. Для успешного действия этого защитного слоя необходимо соблюдение двух критериев:

- Склонность к выпадению известкового осадка; основные параметры – величина pH и карбонатная жесткость и /или кислотность KS 4.3 перекачиваемой жидкости.
- Химическая инертность осажденного защитного слоя по отношению к присутствующей угольной кислоте; основные параметры – содержание свободного CO₂ и карбонатная жесткость (или кислотность 4.3). Диаграммы показывают равновесные кривые между защитным действием с одной стороны, и коррозией или неэффективностью защитного слоя с другой. В агрессивной зоне, по причине отсутствия защитного слоя, материал будет подвергаться коррозии. В этом случае рекомендуется использовать материалы, которые являются более коррозионностойкими.

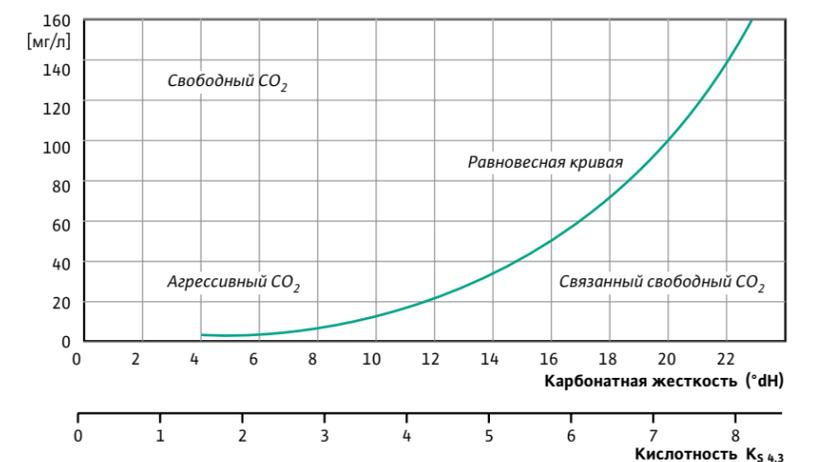
Формирование защитного слоя зависит не от общей, а только от карбонатной жесткости (суммы содержания кальция Ca (HCO₃)₂ и магния Mg (HCO₃)₂). Другие компоненты и параметры могут отрицательно влиять на выбор стандартных материалов для конструкции оборудования скважин:

- SO₄²⁻;
- Cl⁻;
- остатки отработавшего пара;
- электрическая удельная проводимость;
- следы Cl₂, H₂S, NH₃, NH₄⁺, серы, гуминовых кислот, углеводов.

Химическая стабильность осаждаемого защитного слоя



Химическая стабильность осаждаемого защитного слоя



Если эти компоненты находятся в каком-либо сочетании, они могут вызывать коррозию материала даже при низких концентрациях. Чем выше температура перекачиваемой жидкости, тем выше ее коррозионная активность.

Формирование разрушающих отложений Твердые частицы

Отложения, которые состоят из осажденных компонентов, негативно воздействуют на перекачивание жидкости и уменьшают рассеивание теплоты от двигателя.

Нежелательные отложения могут быть вызваны:

- чрезмерной склонностью к образованию известкового налета, как показано на рис. 1 (жесткая вода);
- содержанием железа более чем 0.2 мг / л или содержанием марганца более чем 0.1 мг / л (отложения охры/железистого песчаника).

Отложения внутри насоса понижают его КПД и таким образом увеличивают эксплуатационные расходы. Отложения на поверхностях двигателя, предназначенных для отвода тепла, приводят к снижению теплоотдачи и, в крайнем случае, к его перегреву.

В зависимости от их характеристик и содержания, твердые частицы в перекачиваемой жидкости могут привести к абразивному износу материала деталей насоса. Как правило, погружные насосы предназначены для работы при содержании песка 25–80 мг/л. Точная информация может быть получена от изготовителя насоса.

Газообразные компоненты

Во многих случаях в воде, например, в термальных источниках или минеральных водах, могут присутствовать газообразные компоненты. Газовые пузыри значительно изменяют характеристики подачи насоса и могут привести к возникновению неблагоприятных условий эксплуатации. В таких случаях также следует проконсультироваться с изготовителем насоса.

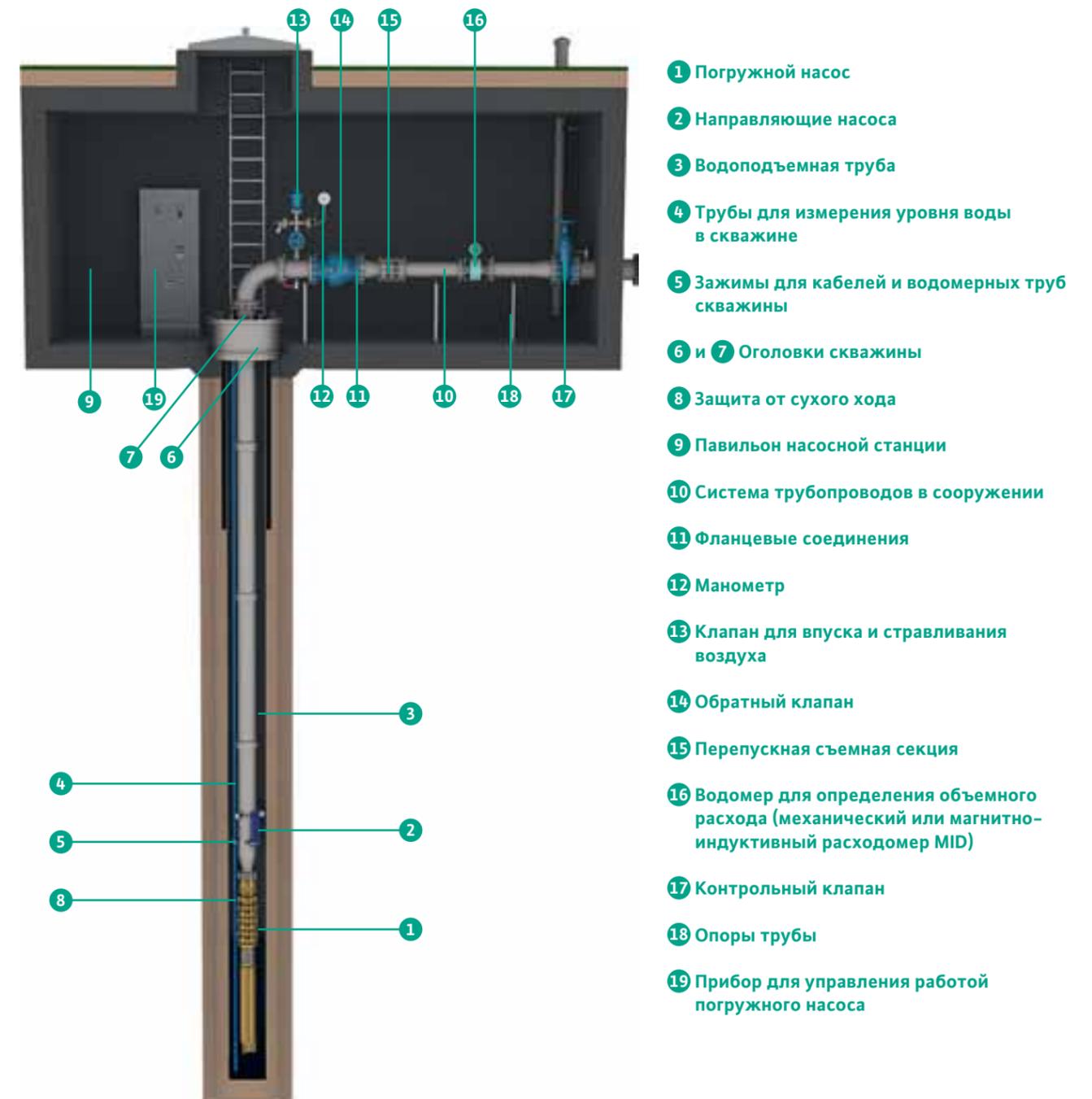
Важные параметры анализа воды, влияющие на конфигурацию насоса

Параметры	Значение для конструкции насоса
Цвет	Коричневый цвет указывает на высокое содержание железа
Мутность	Может указывать на большое количество взвешенных частиц и соответственно высокое содержание песка
Электрическая удельная проводимость	Удельная проводимость более 1000 мкСм указывает на то, что вода будет агрессивна к материалам, таким как серый чугун и низколегированные стали
Величина рН фактора	Указывает на высокую коррозионную активность
Соли серной кислоты	При содержании более 200 мг/л – высокая коррозионная активность по отношению к таким материалам, как серый чугун и углеродистые или низколегированные стали
Хлориды	При содержании более 150 мг/л – высокая коррозионная активность по отношению к таким материалам, как серый чугун и углеродистые или низколегированные стали
Железо	При содержании более 0.2 мг/л существует особая тенденция к седиментации (оседанию) железной охры
Марганец	При содержании более 0.1 мг/л существует особая тенденция к седиментации двуокиси марганца
NH ⁴⁺ , Cl ₂ , H ₂ S, NH ₃ , S, сернистые соединения, гуминовые кислоты, углеводороды	Агрессивность по отношению к чугуну, а также к бронзе в известной мере



Гидравлическое оборудование скважин

Подготовка и оборудование скважин очень разнообразные, но должны соответствовать законодательству, техническим требованиям и пожеланиям клиента. Представленная ниже разработка показывает возможный вариант выполнения. Используемые материалы и оборудование зависят от целевого назначения скважины. Типы скважин: скважина для питьевой воды, скважина для охлаждающей воды, противопожарная скважина, скважина технической воды, скважина термальных вод и т.д.



Оборудование, устанавливаемое внутри буровой скважины

1 Погружной насос

Погружной насос с / без встроенного обратного клапана и кабеля питания.



2 Направляющие насоса

Направляющие насоса предназначены для крепления к нижней точке водоподъемной трубы, изготавливаются из нержавеющей стали с пластмассовыми роликами. Внешний диаметр по роликам должен соответствовать внутреннему диаметру скважины.



Направляющая насоса из нержавеющей стали с пластмассовыми роликами

3 Водоподъемная труба

Через водоподъемную трубу нагнетательная жидкость подается к оголовку скважины и с его помощью обеспечивается механическое крепление погружного насоса.

Применяемый материал:

- Нержавеющая сталь V2A или V4A (в зависимости от применения)
- Стальные трубы с покрытием Rilsan или с пластмассовым покрытием
- Оцинкованные трубы
- Матерчатые шланги (длина шланга до 200 м с номинальным диаметром 150 мм)

Варианты водоподъемной трубы:

- Фланцевые трубы
- Трубы с замковым стыковым соединением (ZSM = муфтовое соединение, передающее растягивающее усилие)
- Трубы с резьбой (использование в большинстве случаев прекращено).



Фланцевая труба с углублением под кабель (диаметр скважины должен быть несколько больше для соответствия размерам фланцев)



Водоподъемная труба с замковым стыковым соединением (ZSM) позволяет быструю установку, исключая применение соединительными болтами; необходим меньший диаметр скважины, так как соединения труб с использованием ZSM имеют меньшую толщину, чем фланцевые соединения

4 Трубы для измерения уровня воды в скважине

Трубы для измерения уровня воды в скважине (с последующей установкой прибора для измерения уровня воды) изготавливаются, главным образом, из пластмассы и имеют замковые стыковые соединения; 80% длины трубы имеет сплошную стенку, а нижние 20% являются разрезной трубой. Трубы для измерения уровня воды в скважине могут также изготавливаться из нержавеющей стали. Однако, в основном, они используются только для питьевой воды.

5 Зажимы для кабелей и труб измерения уровня воды в скважине

Резиновые зажимы для кабелей или металлические зажимы (для крепления кабеля насоса и труб для измерения уровня воды в скважине). Для скважин питьевой воды следует использовать резиновые зажимы для кабелей, одобренные KTW (Комитетом по безопасности материалов, имеющих контакт с питьевой водой). Замыкающиеся крюки кабельных зажимов должны быть изготовлены из нержавеющей стали не хуже, чем V2A. Металлические зажимы могут быть точно подобраны в соответствии с вариантом применения. Если применяется несколько кабелей и водомерных труб, их следует распределить так, чтобы их мог захватить весь зажим целиком.



Резиновый зажим кабеля



Металлический зажим



Фрагмент водоподъемной трубы с направляющей для насоса, металлическими зажимами и трубой для измерения уровня воды в скважине

6 и 7 Оголовки скважины

Оголовки скважины предназначены для герметизации буровой скважины снаружи, чтобы предотвратить попадание в скважину посторонних тел, а также для того, чтобы нести механическую нагрузку от погружного насоса и водоподъемной трубы, которые подвешены к ним.

Для скважин питьевой воды оголовки, включая крышку, изготавливаются, главным образом, из нержавеющей стали. Для скважин меньшего диаметра оголовки могут быть изготовлены из пластмассы. Важно, чтобы оголовки скважины были способны выдерживать все вертикальные нагрузки, создаваемые насосом, водоподъемной трубой, водой, содержащейся в ней, и соответствующим давлением насоса.

Для оголовков скважин следует обеспечивать анкерное крепление к полу сооружения, внутри которого находится вход в скважину, или оснащать их кольцом, крепящимся к стенке, для бетонирования в углублениях пола.



Оголовок скважины, укомплектованный кольцом, крепящимся к стенке, для бетонирования



Оголовок скважины с проходным отверстием для водоподъемной трубы, транспортировочными проушинами, отверстиями для впуска и стравливания воздуха, отверстиями для засыпки гравия, кабельными уплотнениями и ребрами жесткости с нижней стороны

Оборудование, находящееся снаружи буровой скважины

8 Защита от сухого хода

Датчики давления или датчики уровня воды предназначены для защиты насоса и измерения уровня воды в скважине.

Датчики бывают:

пневматические, с воздушным барботажем, и электрические, с мембранным датчиком давления.

Индикаторы данных могут находиться в приборе управления.

Может также использоваться два или несколько погружных электродов, но такая система не способна определять уровень воды.



Датчик давления



Подвесные электроды

9 Павильон насосной станции

Это сооружение для ограничения доступа к скважине. Устанавливается над буровой скважиной, может быть надземным или подземным.

Для подземных сооружений (смотровых колодцев) следует обеспечить специальные возможности относительно доступа к колодцу. Сооружения смотрового колодца следует защищать специальными мерами от грунтовых вод. Такие сооружения необходимо оборудовать отверстием для впуска и стравливания воздуха со свободным проходом для воздуха приточно-вытяжной вентиляции, если из скважины выходят газы. Вход в надземные здания (надземные павильоны над скважинами), главным образом, выполняется на уровне земли. Для этого типа строений следует предпринять особые меры защиты от замерзания. Даже выходная напорная труба должна быть защищенной от замерзания. Если строение находится на склоне, следует принять противооползневые меры против соскальзывания (смещения строения). Также возможны варианты специальных сооружений, таких как оголовок скважины Брехтеля (Brechtel) или контейнер.

10 Система трубопроводов в пределах строения

Система трубопроводов в пределах строения должна выдерживать статические и динамические усилия и должна быть оснащена соответствующими креплениями и опорами. В скважинах для снабжения питьевой водой главным образом используется нержавеющая сталь V2A или V4A. Такие трубопроводы могут использоваться, как правило, в форме фланцевых конструкций, железобетонных напорных труб и т.д.

11 Фланцевые соединения

Фланцевые соединения на трубах из нержавеющей стали должны всегда изготавливаться из материала VA. На переходах к деталям из других материалов следует обеспечить гальваническую изоляцию между фланцевыми соединениями.

Нормальное фланцевое соединение включает в себя комплект болтов, два фланца V2A и комплект гаек V4A (для облегчения откручивания болтов V2A). Количество, размеры и длина болтов зависят от размера фланца и номинального давления. Прокладка должна быть из числа одобренных KTW (Комитетом по безопасности материалов, имеющих контакт с питьевой водой) и соответствовать номинальному значению давления.

12 Манометр с индикацией давления

Манометр следует установить на напорной трубе над оголовком скважины. Он должен быть оснащен трехходовым краном для отбора проб. Это позволяет обнулить показания манометра. Диапазон показаний манометра должен быть разработан, исходя из максимального напора (нулевой подачи) насоса. После измерения трехходовой водопробный кран следует установить так, чтобы показания манометра были следующими: – 0 –.



Манометр с индикацией давления

13 Клапан для впуска и стравливания воздуха

Предназначен для автоматического удаления воздуха из наивысших точек работающего трубопровода, а также для автоматического впуска воздуха (в небольших количествах) в трубопровод при образовании в нем вакуума (в случае утечки в обратном клапане)



Клапан для впуска и стравливания воздуха

14 Обратный клапан

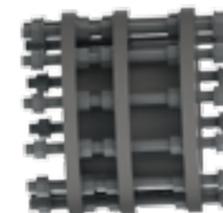
Внутри ствола скважины следует установить дополнительный обратный клапан (RV). Если возникает неисправность на скважинном насосе, который находится рядом с установленным обратным клапаном, клапан позволяет предотвратить опорожнение находящейся за ним емкости или потери давления в напорной трубе за клапаном. В насосных системах с водоподъемной трубой в форме шланга важно присутствие такого обратного клапана, потому что к насосу с погружным двигателем обратный клапан присоединен быть не может.



Обратный клапан с перепускной трубкой

15 Перепускная съемная секция

Для компенсации изменений длины напорной трубы во время монтажа могут использоваться переходники. Как только будет установлена система трубопроводов, в случае отказа узла (золотникового клапана, водомерного или обратного клапана), переходник позволит укоротить трубу так, чтобы дефектный узел можно было заменить, не прилагая усилий к системе.



Перепускная съемная секция

16 Водомер для определения объемного расхода (механический или магнитно-индуктивный расходомер MID)

Водомер необходим для точного определения объемного расхода, создаваемого насосом. Он должен отображать мгновенный расход и регистрировать общее поданное количество воды, для отчетов о количестве откачанной воды. Решение, устанавливать обычный механический водомер или магнитно-индуктивный расходомер (MID), принимается по усмотрению владельца системы. Оба типа обеспечивают подачу необходимых электрических сигналов для оценки индикации в шкафу электроавтоматики и системе дистанционного управления.



Водомер типа MID с установленным преобразователем

17 Контрольный клапан

Запорный клапан, или контрольный шарнирный клапан, отделяет водный поток в установке ствола скважины от находящегося ниже по течению разгрузочного трубопровода. Если на системе трубопроводов в стволе скважины выполняются работы, то при закрытом контрольном клапане напорная труба не может оказаться пустой. Если работы на системе трубопроводов выполняются за пределами ствола скважины, внутрь установки скважины не смогут попасть никакие загрязняющие вещества. Такой контрольный клапан также позволяет измерять максимальный напор насоса.



Золотниковый клапан в качестве контрольного клапана

18 Опоры труб

Опоры трубы воспринимают нагрузки от веса трубопровода, арматуры, воды, которую они содержат, а также нагрузки от гидравлических ударов, вибрации и пульсации. Если трубопровод не закреплен, его не следует нагружать этими усилиями. При высоком давлении рекомендуем установить предохранительные устройства защиты трубопроводов от действия повышенного напора.



Держатели труб и опоры труб

19 Система электрической коммутации погружного насоса

Система электрической коммутации должна быть разработана специально для данного погружного насоса и должна обеспечивать возможность управления оператором и отвечать требованиям нормативов. Система электрической коммутации должна соответствовать нормам VDE и предписаниям местных организаций по энергоснабжению.



Система электрической коммутации

Кривые насосных характеристик

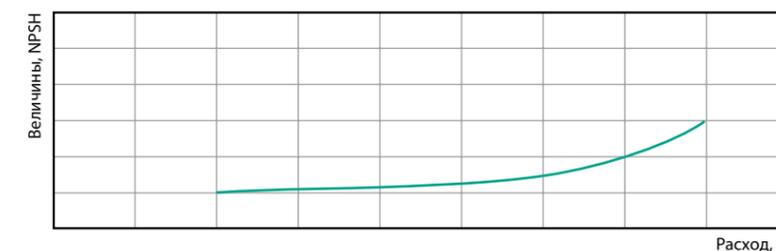
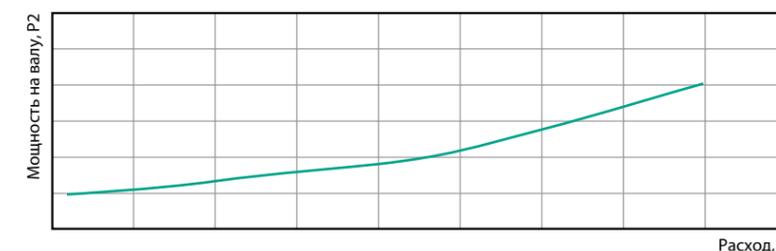
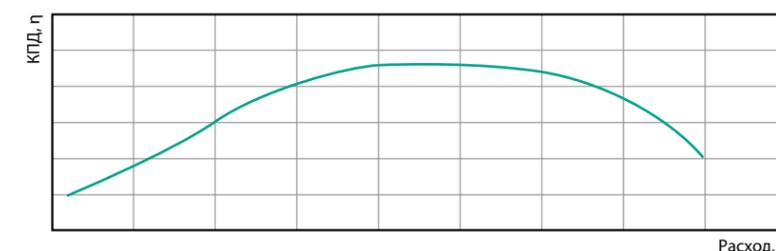
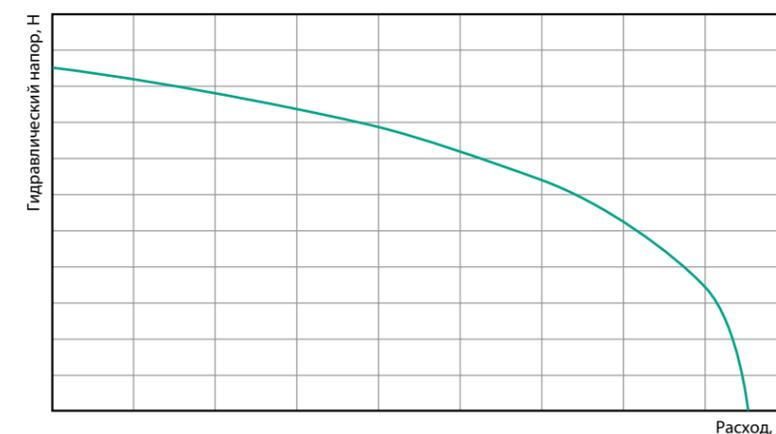
Общие кривые насосных характеристик

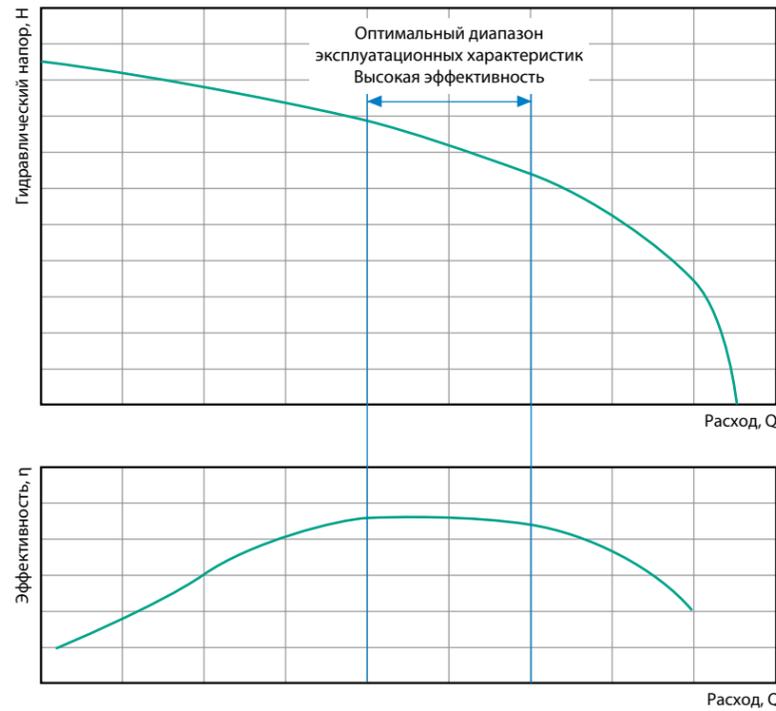
Кривые насосных характеристик рассчитываются производителем и подтверждаются различными измерениями на испытательном стенде. Кривые используются для правильного выбора погружного насоса для каждой конкретной установки.

Среди прочего, кривые насосных характеристик дают информацию об объемном расходе (Q), гидравлическом напоре (H), КПД насоса (η), потреблении энергии (P), оборотах (n), вращающем моменте предельной нагрузки (M) и NPSH – допустимом кавитационном запасе насоса.

На основе этих параметров может быть выбран соответствующий погружной насос для каждого варианта применения.

В пределах европейского региона, если не указано иное, кривые насосных характеристик, как правило, рассчитываются для частоты 50 Гц и эксплуатации насоса при полном номинальном напряжении.

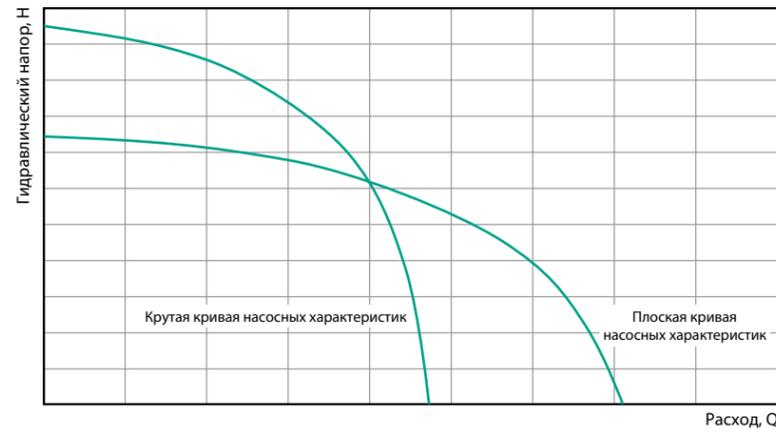




Кривая насосных характеристик QH

Основной фактор для рассмотрения – соотношение кривой насосных характеристик QH (объемный расход + гидравлический напор) и КПД.

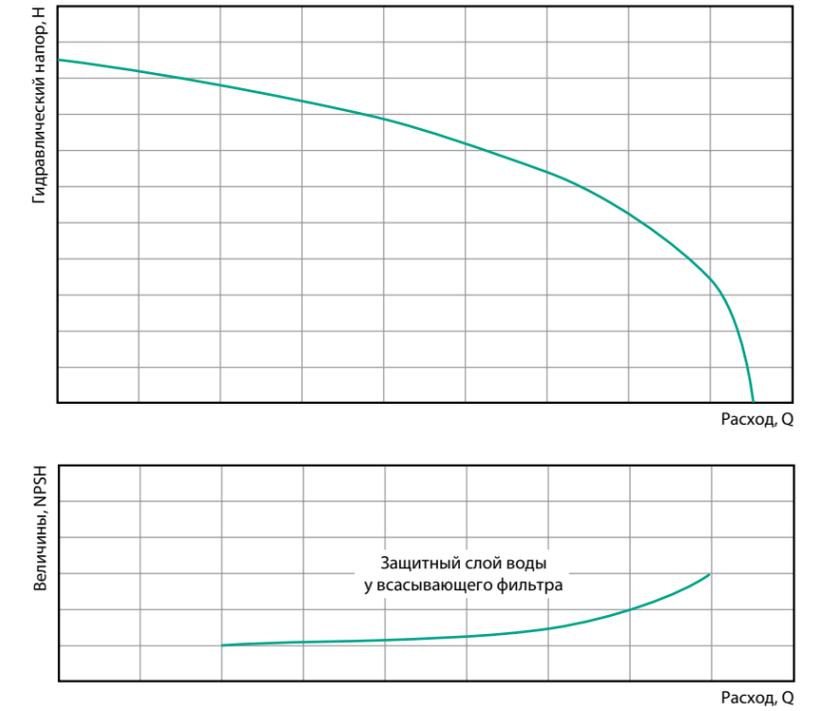
Рабочая точка насоса – точка, соответствующая максимальному значению КПД.



В зависимости от применения могут выбираться насосы с более гладкой кривой насосных характеристик QH (низкий гидравлический напор при нулевой подаче) или с более крутой кривой насосных характеристик QH (высокий гидравлический напор при нулевой подаче), в зависимости от оптимальной эффективности.

Гидравлический напор при нулевой подаче (также называемый максимальным напором) – рабочая точка в крайней левой части кривой насосных характеристик – точка максимального давления нагнетания без подачи воды. H = максимум, Q = 0 (недопустимая рабочая точка).

Насосы с более крутой кривой насосных характеристик лучше подходят для частотного регулирования по скорости.

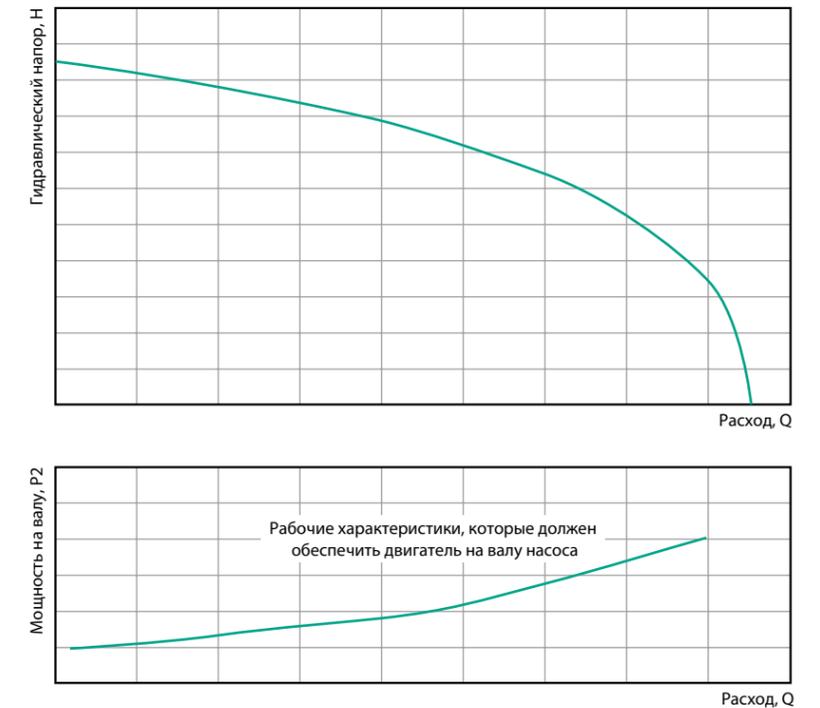


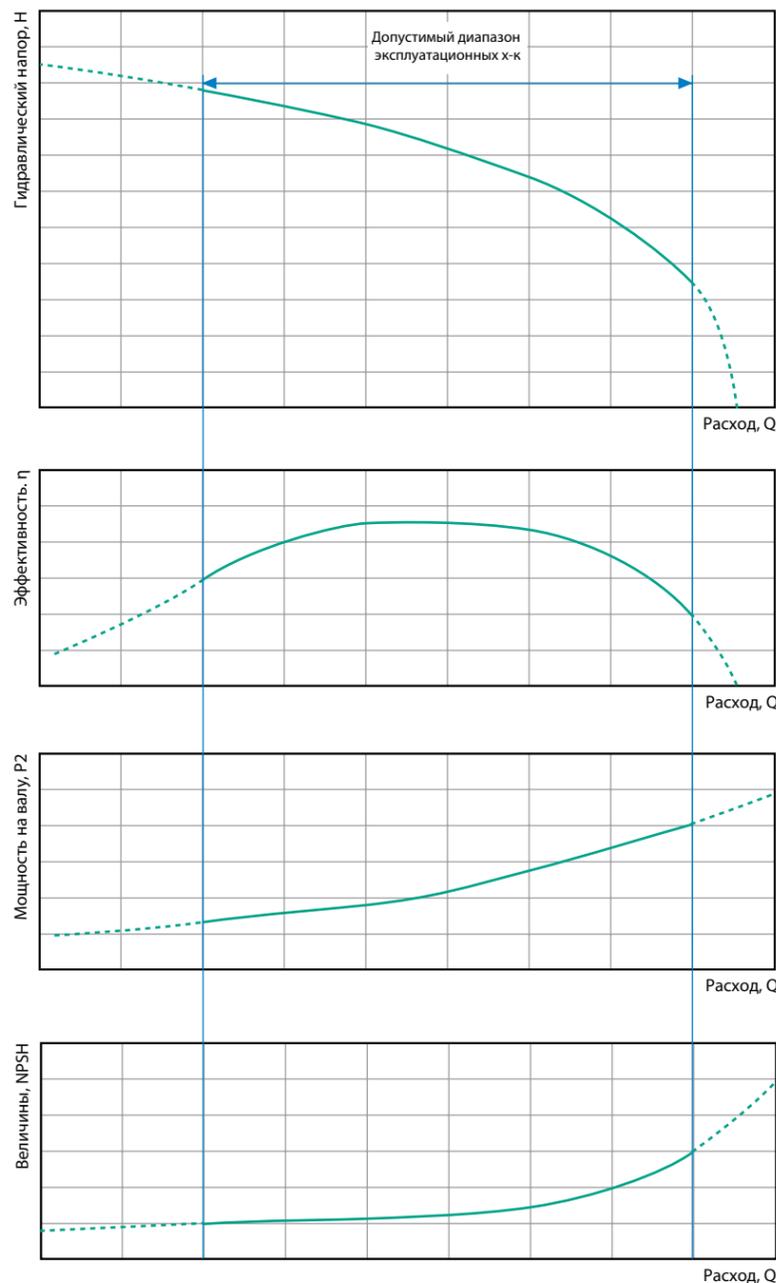
NPSH

NPSH – важный показатель для погружных насосов с точки зрения минимального защитного слоя воды над насосом в скважине. Скважины, которые склонны к существенному понижению уровня воды во время перекачивания, следует оборудовать соответствующими устройствами для защиты от сухого хода. Нельзя позволять уровню воды в скважине падать ниже NPSH (высота столба жидкости на всасывающей стороне насоса).

Кривая мощности насоса

Кривая мощности насоса указывает на мощность, которую должен обеспечить двигатель привода гидравлической системы без перегрузки, для реализации всего диапазона насосных характеристик на соответствующей кривой, в пределах которого можно эксплуатировать насос.





Рабочий диапазон

Изготовитель определяет диапазон, в пределах которого насос может работать без повреждения гидравлической системы и двигателя.

Эксплуатация погружных насосов в диапазоне кривой насосных характеристик, соответствующей пунктирной линии, запрещена.

Расположение погружного насоса в скважине

При установке погружного насоса, следует выполнять определенные требования, избегая повреждения скважины и самого насоса.

Большинство буровых скважин имеет покрытие труб по всей длине, которое прерывается фильтрующим покрытием труб в необходимых водоносных слоях. Погружной насос следует поместить так, чтобы ни в коем случае он не занимал место в фильтрующей секции трубы в скважине. Однако, если это неизбежно, важно, чтобы для защиты скважины на погружном насосе был установлен охлаждающий кожух.

В некоторых случаях охлаждающий кожух следует устанавливать в обязательном порядке, для принудительного направления потока воды через двигатель и достижения необходимого охлаждения двигателя (проконсультируйтесь с изготовителем насоса).

Погружной насос следует устанавливать в скважине на глубине, которая гарантирует достаточную толщину водного покрытия над всасывающим фильтром насоса (NPSH), чтобы избежать формирования вихрей и всасывания воздуха при любых условиях, даже при максимальном расходе.

В скважинах с большим сроком эксплуатации заполнение скважины может нарушиться. В этом случае можно ожидать, что при работе погружного насоса уровень воды слишком сильно понизится, что может повредить насос. Здесь очень важно, чтобы система была оснащена устройством выключения, для защиты насоса от сухого хода и попадания воздуха.

Погружной насос запрещается устанавливать в самой глубокой точке буровой скважины, так как со временем можно ожидать, что отложения осаждающихся взвешенных твердых частиц накопятся на дне буровой скважины, что приведет к значительному ухудшению условий охлаждения двигателя. Расстояние от насоса до дна буровой скважины должно составлять по крайней мере около 1–5 метров, в зависимости от характеристик скважины и воды.

Конфигурация скважинного (погружного) насоса

Не только скважинный метод отбора воды, но и все используемое оборудование должно быть сконфигурировано с точки зрения требований оптимальной эксплуатации в рабочей точке. Естественно, это относится к самому скважинному методу, так как в связи с малой толщиной конструкции погружного насоса этот метод связан с высокими издержками производства. Для большинства устройств привода и других насосов требования по размещению являются вторичными факторами. Однако для погружных насосов малый диаметр скважины налагает особые ограничения на применяемые в технологическом процессе гидравлические устройства и двигатели. Малый диаметр важен, потому что затраты на бурение и оборудование скважины растут по мере увеличения диаметра скважины.

Из-за высокой стоимости производства, очень важно удовлетворение потребности в надежной работе и минимизации эксплуатационных расходов, а также оптимальном расположении погружного насоса. Таким образом, при подборе гидравлических систем и двигателя следует обеспечить их максимальную эффективность. Требуемый объемный расход в л/с или м³/ч и гидравлический напор, в м или бар формируют рабочую точку насоса. Объемный расход определяется дебитом скважины и потребностями в воде снабжаемой области. Гидравлический напор состоит из статического гидравлического напора (разность высот между рабочим уровнем воды в скважине и высотой подачи перекачиваемой жидкости в промежуточном резервуаре или в точке использования) плюс динамический гидравлический напор (потери, вызванные гидравлическим сопротивлением в трубах, арматуре и клапанах управления). Динамический гидравлический напор зависит от расхода через отдельные узлы и также называется потерей давления.

Если погружной насос должен работать в различных рабочих точках, рабочая точка, в которой он работает в течение большей части времени, должна обеспечивать оптимальную эффективность.

Если погружной насос должен работать в двух или нескольких различных рабочих точках, важно, чтобы его привод работал через преобразователь частоты, с целью достижения оптимальной эффективности в различных рабочих точках. Точный выбор кабеля двигателя является столь же важным, как и правильный выбор погружного насоса. Рассеивание мощности в питающем кабеле (особенно если он имеет большую длину) является фактором затрат, который относится ко всему рабочему времени, и пренебрегать им нельзя.



Конфигурация погружного насоса

Для работы систем насоса необходимо следить, чтобы все используемое оборудование было оптимально сконфигурировано с учетом рабочей точки.

В частности это относится к самому скважинному методу, так как в связи с малой толщиной конструкции погружного насоса, этот метод связан с высокими издержками производства. Для большинства устройств привода и других насосов требования по размещению являются вторичными факторами. Однако для погружных насосов малый диаметр скважины налагает особые ограничения на применяемые в технологическом процессе гидравлические устройства и двигатели привода. Малый диаметр важен, потому что затраты на бурение и оборудование скважины растут по мере увеличения диаметра скважины. Из-за высокой стоимости производства очень важно удовлетворение потребности в надежной работе и минимизации эксплуатационных расходов, а также в оптимальном расположении погружного насоса.

Таким образом, при конфигурировании гидравлических систем и двигателя привода следует обеспечить их максимальную эффективность. Желательный объемный расход Q [л/с или м³/ч] и обеспечиваемый системой гидравлический напор H [м] формируют рабочую точку насоса. Гидравлический напор H состоит из статического гидравлического напора (разность высот между рабочим уровнем воды в скважине и высотой подачи перекачиваемой жидкости в промежуточном резервуаре или в точке использования) плюс динамический гидравлический напор (потери, вызванные гидравлическим сопротивлением в трубах, арматуре и клапанах управления). Динамический гидравлический напор зависит от расхода через отдельные узлы и также называется потерей давления. Если погружной насос должен работать в различных рабочих точках, рабочая точка, в которой он работает в течение большей части времени, должна обеспечивать оптимальную эффективность. Если погружной насос должен работать в двух или нескольких различных рабочих точках, важно, чтобы его привод осуществлялся через преобразователь частоты, для достижения оптимальной эффективности в различных рабочих точках.

Точный выбор кабеля двигателя является столь же критически важным, как и правильный выбор погружного насоса. Рассеяние мощности в питающем кабеле (особенно, если он имеет большую длину) является фактором затрат, который относится ко всему рабочему времени, и пренебрегать им нельзя.

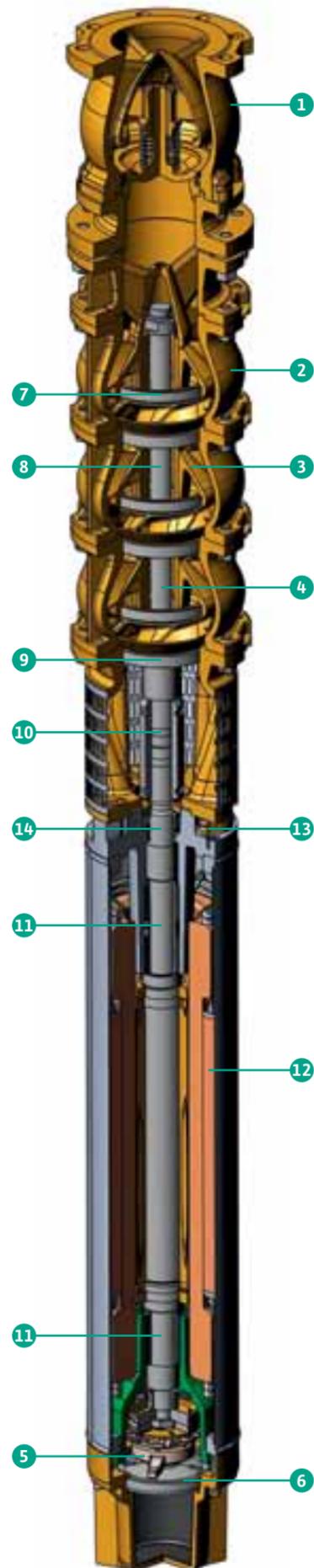
Для насосов, которые обеспечивают работу в аварийных условиях или работают в течение лишь нескольких часов (например, в системах противопожарной защиты и т.д.) следует определить характеристики питающего кабеля так, чтобы они соответствовали директивам VDE и местным нормам электропитания. Однако для погружных насосов, которые работают долгое время и имеют мощность более 3 кВт, питающий кабель насоса должен иметь больший размер сечения для предотвращения электрических потерь, вызванных резистивным нагреванием кабеля.

Выбирая кабель для питания насоса, нужно также учитывать его характеристики. Среди прочего, важно определить, должен ли использоваться экранированный кабель.

Выбор материалов насоса также очень важен, так как это может быть критически важным для увеличения эффективности и более длительного срока службы насоса. Наиболее подходящими для этого признаны такие материалы, как нержавеющая сталь, чугун, бронза, дуплекс и норил (полифениленоксид). Указанные материалы должны обеспечивать максимальный срок службы и эффективность применения.

Для деталей двигателей привода главным образом должны использоваться материалы типа нержавеющей стали или бронзы. Эффективность использования встроенного обратного клапана в установке насоса следует проверить, поскольку она зависит от применения насоса.

Положение установки – еще один критерий, который следует учитывать; в горизонтальной скважине насос также может быть установлен горизонтально. Это следует выяснить заранее, в частности, с производителем насоса, поскольку не все погружные насосы подходят для горизонтальной установки, это зависит от количества ступеней и длины двигателя.



Конструкция

Погружной насос состоит из двух основных агрегатов – гидравлической системы («насосной части»), которая, как правило, находится сверху, и электрического двигателя привода, который, как правило, находится внизу.

Гидравлическая система разделена, в свою очередь, на три функциональные части: всасывающая часть с муфтой двигателя, ступени гидравлической системы и соединительный элемент для крепления к трубопроводу.

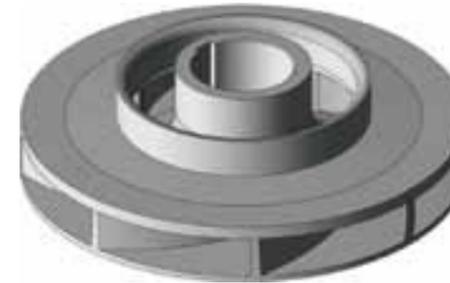
1 Напорный патрубок – соединение с водоподъемной трубой

Соединение насоса с трубой выполняется с помощью напорного патрубка с фланцем или резьбой, которые соответствуют стандарту и зависят от ступени давления и номинального диаметра. Это соединение может быть отдельным узлом или может быть непосредственно включено в последнюю гидравлическую ступень.

Обратный клапан также может быть установлен непосредственно над гидравлической системой. Как правило, обратные клапаны относятся к типу подпружиненных клапанов. В них пружина всегда прижимает заслонку клапана к седлу, чтобы избежать сбоя по причине отклонения заслонки. Уплотняемая поверхность чаще всего имеет форму двух металлических поверхностей (жесткое уплотнение, высокое давление смыкания) и/или одной металлической поверхности, упирающейся в фасонное резиновое кольцо (мягкое уплотнение, низкое давление смыкания). В целом, настоятельно рекомендуется устанавливать обратный клапан, если водоподъемная труба является жесткой, во избежание гидравлического удара после того, как насос будет выключен.

Гидравлическая ступень – корпус 2 и рабочее колесо 3

В зависимости от коэффициента быстроходности насоса n_s или n_q , которая может быть вычислена исходя из данных подачи Q и H и числа оборотов двигателя, имеются различные формы рабочего колеса:



Радиальное ($n_q = 7 \dots 50$) для малых объемных расходов



Диагональное /полуосевое ($n_q = 35 \dots 160$)

Осевая конструкция $n_q 160$ сегодня мало используется, потому что она способна обеспечить только низкий гидравлический напор. Быстроходность насоса представляет собой расчетную переменную, связанную с гидравлическим напором и объемом подачи, а также с числом оборотов. Чем выше эта величина, тем выше скорость гидравлической системы, но ниже достижимый гидравлический напор на каждую ступень.

$$n_q = n Q^{0.5} / H^{0.75}$$

$$Q [m^3/c], H [m], n [c^{-1}]$$

Данный профиль рабочего колеса влияет на конструкцию корпуса и резьбового соединения.

При радиальной конструкции рабочего колеса направление потока воды изменяется на 180° , чтобы каждая отдельная ступень имела малую монтажную высоту. Конструкция лопастей также имеет радиальное направление, и поэтому лопасти в основном вставляются в относительно простой по конструкции корпус ступени. Затем корпуса отдельных ступеней могут устанавливаться один над другим в блоки и крепиться прижимными планками, охватывающими несколько ступеней.

При полуосевых и осевых рабочих колесах направление потока отклоняется на величину от 135° до 90° и, таким образом, требуется большая проточная камера. Корпус при этом устроен соответственно, в некоторых случаях с несъемной конструкцией лопастей (внутри корпуса ступени). Такие корпуса крепятся друг к другу болтами.

Конструкция влияет и на давление ступени, и на доступное количество ступеней. Чем больше изменение направления потока внутри корпуса, тем больше падение давления в пределах ступени, и тем меньше нагнетательное давление ступени. Чем меньше монтажная высота, достигаемая большим изменением направления, тем больше ступеней может быть установлено в блок одна над другой в пределах данного размера прижимной планки и вала привода насоса.

7 Противоизносные кольца / упорные кольца

Рабочие колеса вращаются внутри неподвижных корпусов. Необходим определенный зазор в качестве меры предосторожности от потенциального истирания и повреждения обеих частей конструкции. Для поддержания минимально возможного зазора при одновременном снижении потенциальных ремонтных затрат устанавливаются «противоизносные кольца» из бронзы, нержавеющей стали или пластмассы.

4 Вал насоса

Рабочие колеса установлены на валу насоса. Шпоночные соединения или профилированные валы (типа валов с шестигранным сечением) предотвращают скольжение рабочих колес. Распорные втулки гарантируют точное осевое положение рабочих колес на валу. Другой, несколько более дорогой метод, состоит в использовании зажимных втулок. Они позиционируют и по отдельности фиксируют рабочие колеса на валу насоса, используя систему шлицов. Вал насоса передает мощность от двигателя и муфты к рабочим колесам. Материал вала – обычно нержавеющие стали, такие как 1.4021, 1.4421 или 1.4462.

8 Подшипники вала насоса

В подшипниках вала насоса используются специальные подшипниковые втулки, сделанные из разнообразных материалов, в настоящее время – материалов на основе каучука типа NBR, EPDM или Viton. Втулки могут быть ребристыми или желобчатыми для быстрого создания необходимой смазочной пленки между несущими поверхностями. Перекачиваемая жидкость также служит смазочным материалом.

9 Всасывающий патрубок и 10 Муфта двигателя

Всасывающий трубопровод главным образом устанавливается между двигателем и гидравлической ступенью. U-насосы работают в режиме впуска. Столб воды, находящийся над всасывающим патрубком, оказывает определенное давление, которое заставляет жидкость через патрубок поступать в гидравлическую ступень. Всасывающий фильтр предотвращает попадание внутрь крупных загрязняющих частиц. Входное отверстие всасывающего фильтра имеет такой размер, чтобы оно не ухудшало характеристики всасывания или величину NPSH (эффективный положительный напор при всасывании насоса) гидравлической системы. Муфта между двигателем и валом насоса также расположена внутри всасывающего патрубка. Двигатели с диаметрами не более 8" комплектуются стандартной муфтой NEMA. Соединение NEMA является шлицевым. Для двигателей размером 10" и более муфта представляет собой жесткое соединение. Она состоит из установленной шпонки и соединительной втулки. В обоих случаях

муфты представляют собой сцепление с жесткой передачей.

Погружной двигатель

Различие в целом делается между герметичными и негерметичными двигателями. Размер двигателя, как правило, указывается в дюймах. Этот размер указывает минимальный диаметр скважины, в пределах которой можно установить данный двигатель. Оба указанных типа двигателей заполняются моторной жидкостью. С одной стороны, она охлаждает обмотки двигателя, с другой – смазывает подшипники. Важное различие состоит в том, что герметичные двигатели не могут быть перемотаны. Погружные двигатели доступны однофазные и трехфазные. Теплота, которая выделяется в обмотке, рассеивается через моторную жидкость к кожуху двигателя и передается потоку перекачиваемой жидкости.

6 Диафрагма для компенсации давления

В нижней части двигателя имеется диафрагма для компенсации давления. Она компенсирует статическое давление воды, поскольку выше двигателя имеется водяной столб, а также увеличение давления, вызванное температурным расширением. Это гарантирует, что давление внутри двигателя всегда будет соответствовать давлению снаружи.

5 Упорные подшипники и контрупорные подшипники

Упорные подшипники воспринимают гидравлическое осевое усилие от насоса и вес ротора (осевое усилие внутри двигателя). Контрупорные подшипники воспринимают только гидравлическое осевое усилие, направленное вверх (от двигателя). Упорные подшипники могут быть подшипниками Митчелла или простыми подшипниками скольжения. Подшипники Митчелла имеют преимущество по сравнению с подшипниками скольжения за счет более низких потерь на трение, даже при высокой механической нагрузке, и более низкого износа благодаря лучшей смазке. Упорные подшипники обоих типов смазываются моторной жидкостью. Чтобы создать устойчивую смазочную пленку, следует поддерживать определенную минимальную скорость вращения. Материалы для элементов скольжения – формованный углерод или графит, а для опорных деталей – нержавеющая сталь.

11 Радиальные подшипники

Радиальные подшипники выполняют ту же функцию, что и подшипники скольжения в гидравлике насоса. (см. пункт 4 «Вал насоса»). Главным образом они состоят из формованного углерода или графита.

12 Статор с обмоткой двигателя Герметичные двигатели

В этом типе двигателя обмотка находится внутри отдельной секции и залита синтетической смолой. Это означает, что двигатели данного типа не могут быть перемотаны. Этот тип конструкции, главным образом, используется в двигателях малого диаметра и дешевле в производстве. Типичные особенности герметичных двигателей – кабельное соединение с литым штепсельным разъемом и вворачиваемыми электродами для температурного контроля.

Перематываемые двигатели

В отличие от герметичных двигателей, в таких двигателях обмотка не герметизирована. Вместо этого используется специальный изолированный обмоточный провод. Изолирующим материалом может быть поливинилхлорид, PE2/PA или тефлон. Конструкцию такого типа имеют двигатели диаметром 8" и более, чтобы в случае отказа их можно было восстановить с небольшими затратами. Обмотка закреплена в пазах с помощью пластмассовых или деревянных клиньев. Вылеты обмотки статора закрепляются посредством поддерживающих колец. Заклинивание предотвращает скручивание или скольжение обмотки, когда она подвергается воздействию высоких пусковых крутящих моментов. Кабель питания подсоединяется к обмотке и изолируется непосредственно внутри двигателя. Это позволяет использовать широкое разнообразие сечений и типов кабелей, включая экранированные кабели. Температурный контроль выполняется непосредственно внутри вылетов обмотки статора и рядом с подшипниками, а не внутри вторичных с этой точки зрения компонентов, таких как моторная жидкость и корпус двигателя. Теплота, генерируемая внутри обмотки и в подшипниках, рассеивается в моторную жидкость. Она передается внутрь кожуха двигателя и затем в жидкость, текущую вокруг него. Специальные системы охлаждения внутри двигателя, типа технологий охлаждения двигателя Wilo CoolAct, усиливают теплопередачу и предотвращают возникновение мест сильного нагрева. Системы охлаждения этого типа позволяют существенно улучшать рабочие характеристики по сравнению с двигателями, в которых отсутствует активное охлаждение.

13 Опорный фланец двигателя с кабельным уплотнением

Гидравлика насоса установлена на опорном фланце двигателя. Специальные кабельные уплотнения со стойкими к давлению уплотнениями гарантируют водонепроницаемость кабельного соединения.

14 Уплотнение вала

Чтобы предотвратить попадание перекачиваемой жидкости в двигатель, его вал оснащается механическим уплотнением в месте выхода из корпуса. Там, где это возможно, могут также использоваться обычные уплотнения для вращающегося вала.

Выбор материала

Нержавеющая сталь, чугун и бронза – материалы, широко используемые в конструкции насоса. Они выбираются согласно техническим требованиям и заявке клиента и заменяются при необходимости. При этом рабочие колеса могут изготавливаться из пластмассы или соединений на основе пластмассы.

Покрытия

В дополнение к обычным двухкомпонентным покрытиям (качество: IV30 или IV50 с разрешением на использование при контакте с питьевой водой от федерального ведомства по исследованию и испытанию материалов), на части, которые не являются коррозионно-стойкими, могут быть нанесены специальные покрытия. Они, как правило, предназначены для улучшения эффективности работы гидравлической системы. В зависимости от типа покрытия, может также быть достигнуто улучшение таких характеристик, как сопротивление истиранию.



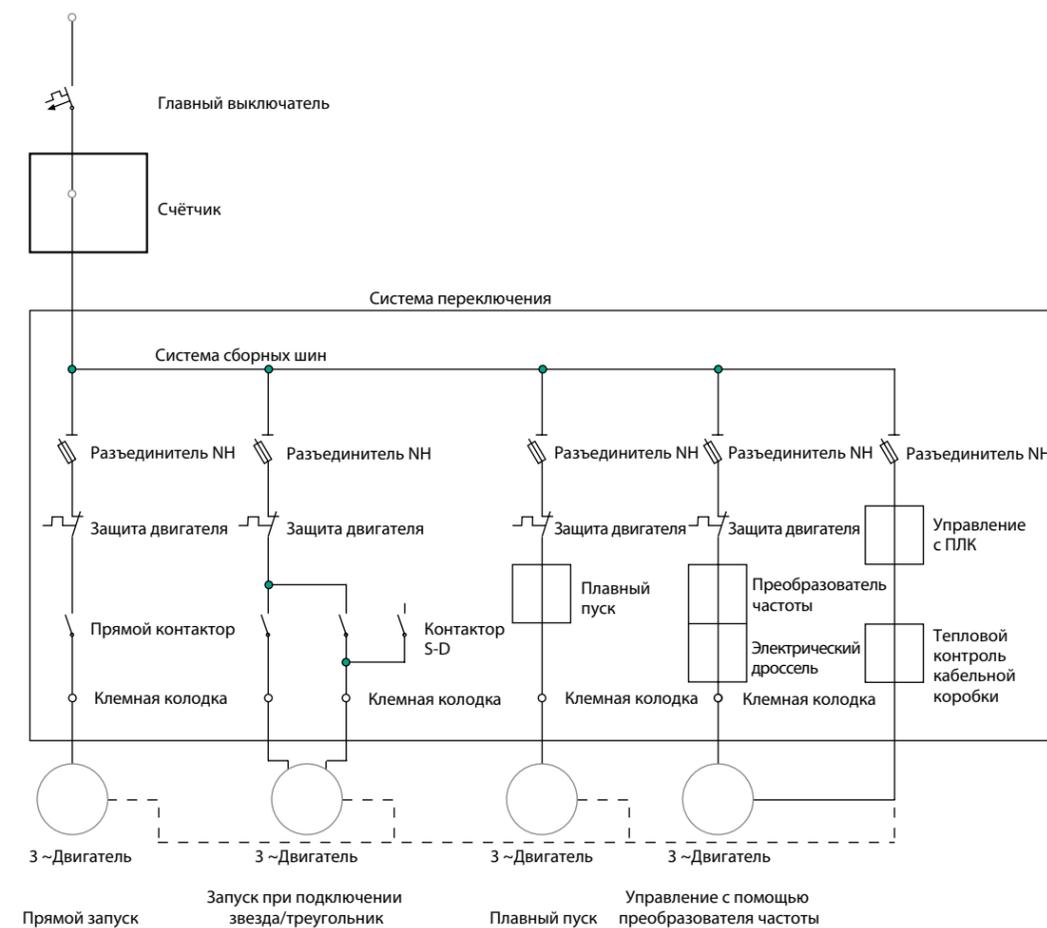
Основные электротехнические решения

Для надежной и экономичной эксплуатации насосов нового поколения выбор соответствующей системы переключения / управления столь же важен, как и выбор самого насоса. Она применяется и к обеспечению электропитания двигателя, и к контролю и управлению насосом.

Следующая глава призвана помочь читателю в организации более правильного проектирования и сборки электрической системы. Глава содержит общие правила и особые соображения, которые следует упомянуть в отношении применения системы. В качестве основы использовались немецкие / европейские стандарты и основные законы.

Схема структуры системы поясняет путь от поставщика электроэнергии к потребителю. Для этого могут быть применены различные типы активации, которые приведены здесь в качестве примера.

Схематическая структура системы переключения с различными типами активации двигателей



Электрические системы

Электропитание обеспечивается энергетическими компаниями. Они предоставляют потребителю узел подключения, включающий устройство коммерческого учета. При монтаже электрооборудования следует соблюдать технические условия подключения, предоставленные соответствующей энергоснабжающей организацией.

Тип сети электропитания

В отношении распределения электрической энергии были установлены технические условия, которые определяют структуру магистральной сети, например, DIN VDE 0100 Часть 300.

Типы магистралей отличаются:

- количеством фаз;
- типом напряжения и тока;
- частотой;
- напряжением.

Соответствие этим стандартам гарантирует, что система работоспособна, защитные мероприятия являются эффективными. Системы, которые встречаются на практике, имеют единую идентификацию с помощью буквенных кодов.

Коды имеют следующие значения:

Первая буква:

Соединение с заземлением источника тока.

T Непосредственное заземление точки (нейтральная точка трансформатора).

I Изоляция всех токоведущих частей от земли, либо подсоединение одной точки для заземления с использованием импеданса.

Вторая буква:

Соединение с заземлением узла электрической системы.

T Непосредственное заземление узла, независимо от любого существующего заземления любой точки источника питания.

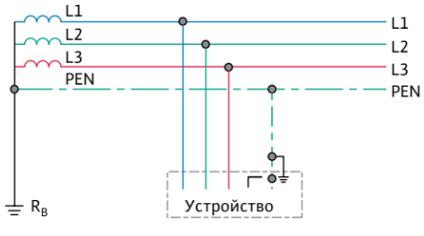
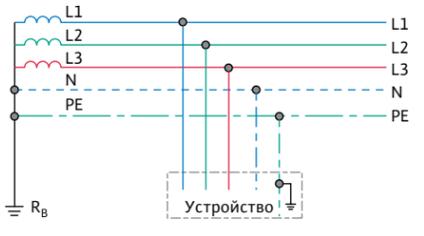
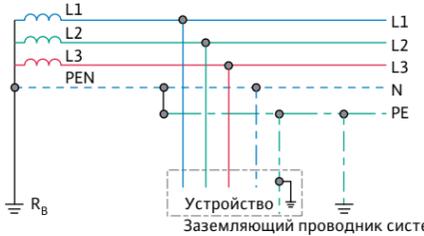
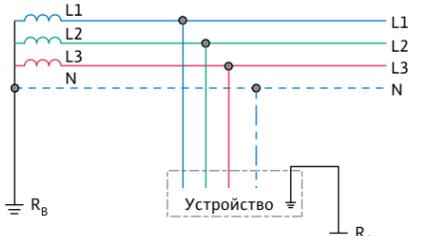
N Узел, связанный непосредственно с эксплуатационным заземлением. В системах переменного тока, нейтральная точка, как правило, является заземленной.

Другие буквы:

Расположение нейтрального проводника и проводника защитного заземления.

S Нейтральный проводник и проводник защитного заземления являются отдельными.

C Нейтральный проводник и проводник защитного заземления объединены внутри единого провода.

<p>Источник питания TN-C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Заземленная нейтральная точка трансформатора (эксплуатационное заземление) • Узел, связанный непосредственно с эксплуатационным заземлением через совмещенный нулевой рабочий и защитный провод (PEN-проводник) • Нейтральный проводник и заземляющий проводник внутри всей системы объединены в одном проводе 	
<p>Источник питания TN-S</p> <ul style="list-style-type: none"> • Заземленная нейтральная точка трансформатора (эксплуатационное заземление) • Узел, связанный непосредственно с эксплуатационным заземлением через проводник защитного заземления • Нейтральный проводник и проводник защитного заземления разделены внутри всей системы 	
<p>Источник питания TN-C-S</p> <ul style="list-style-type: none"> • Заземленная нейтральная точка трансформатора (эксплуатационное заземление) • Узел, связанный непосредственно с эксплуатационным заземлением через совмещенный нулевой рабочий и защитный провод (PEN-проводник) или проводник защитного заземления • Нейтральный проводник и проводник защитного заземления частично разделены или объединены внутри системы 	
<p>Источник питания TT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Заземленная нейтральная точка трансформатора (эксплуатационное заземление) • Узел с непосредственным заземлением 	
<p>Источник питания IT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Узлы системы заземлены • Токоведущие части изолированы от земли 	

Защитные мероприятия (DIN VDE 0100, часть 410)

Различные защитные мероприятия должны предохранить людей и животных от опасных токов, проходящих через тело, или поражения электрическим током.

Следует выполнять два основных мероприятия:

- **Защита от прямого контакта**
Основная/рабочая изоляция, которая при нормальных условиях препятствует касанию частей, находящихся под напряжением.
- **Защита от косвенного контакта**
Меры, которые предотвращают контакт с недопустимо высоким напряжением даже в случае повреждения.

Максимальное контактное напряжение:

- Для людей – напряжение переменного тока 50 В или напряжение постоянного тока 120 В.
- Для животных – напряжение переменного тока 25 В или напряжение постоянного тока 60 В.

Классы защиты: (DIN EN 60529/VDE 0470 Часть 1)

Степень защиты, которую обеспечивает корпус, например, от прямого контакта, определяется кодом IP (International Protection). Обозначение состоит из букв «IP», сопровождаемых двумя цифрами (например, IP 68).

Первая цифра:

- Защита людей от доступа к опасным частям.
- Защита оборудования от проникновения инородных тел.

Вторая цифра:

- Защита оборудования от проникновения воды.

Кодовая цифра	Первая цифра		Вторая цифра
	Защита от контакта	Защита от инородных тел	Защита от воды
0	Защита отсутствует	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от контакта с тыльной стороной руки	Защита от твердых инородных тел диаметром 50 мм	Защита от воды, капающей вертикально
2	Защита от контакта с пальцами	Защита от твердых инородных тел диаметром 12.5 мм	Защита от воды, капающей под углом (15°)
3	Защита от контакта с инструментами	Защита от твердых инородных тел диаметром 2.5 мм	Защита от воды, распыляемой под углом до 60°
4	Защита от контакта с проводом	Защита от твердых инородных тел диаметром 1.0 мм	Защита от брызг с любого направления
5	Защита от контакта с проводом	Защита от пыли	Защита от струй воды
6	Защита от контакта с проводом	Пыленепроницаемый	Защита от сильных струй воды
7	–	–	Защита от временного погружения в воду
8	–	–	Защита от постоянного погружения в воду

Защита в случае косвенного контакта: (DIN VDE 0100 Часть 410)

Защита в случае косвенного контакта означает, что в поврежденном состоянии не возникает недопустимо высокое контактное напряжение.

Терминология: (DIN VDE 0100 Часть 200).

Защитный заземляющий проводник:

Это проводник, который необходим в системах сетевого питания TN/TT для защитных мер против удара током. Он устанавливает электрическое подключение к одной из следующих частей:

- корпус электрического оборудования;
- внешние токопроводящие части;
- главный заземляющий зажим, главная заземляющая шина, эквипотенциальная заземляющая шина;
- заземляющий проводник;
- заземленная точка источника тока или искусственная нейтральная точка.

Функция:

В случае повреждения изоляции, проводник защитного заземления гарантирует, что в компоненте оборудования не может возникнуть недопустимо высокое контактное напряжение, а подсоединенная за ним защита от перегрузки по току выключит неисправное устройство. В зависимости от типа электросети, проводник защитного заземления может определяться как «PE» или в сочетании с нейтральным проводником как «PEN» (технические условия по DIN VDE 0100 часть 540).

Эквипотенциальное соединение:

Эквипотенциальное соединение выравнивает или почти выравнивает потенциалы узлов электрического оборудования и внешних токопроводящих частей (например, трубы или конструкции здания), не проводили никакого недопустимо высокого напряжения в случае повреждения, эти части должны также быть подсоединены к эквипотенциальному соединению.

Следующие части необходимо объединить в эквипотенциальное соединение системы:

- проводник заземления фундамента;
- проводник защитного заземления, или PEN-проводник;
- металлические водопроводные трубы;
- металлические канализационные трубы;
- трубы центрального отопления;
- проводники заземления для воздушных сетей;
- проводники заземления для телефонных сетей;
- металлические части конструкции здания;
- молниеотвод молниезащитного заземления.

Дополнительная защита с помощью устройства защитного отключения от токов утечки (УЗО):

Устройство защитного отключения обеспечивает лучшую защиту и используется как защитная мера в сетях электропитания различных типов.

Оно обеспечивает дополнительную защиту:

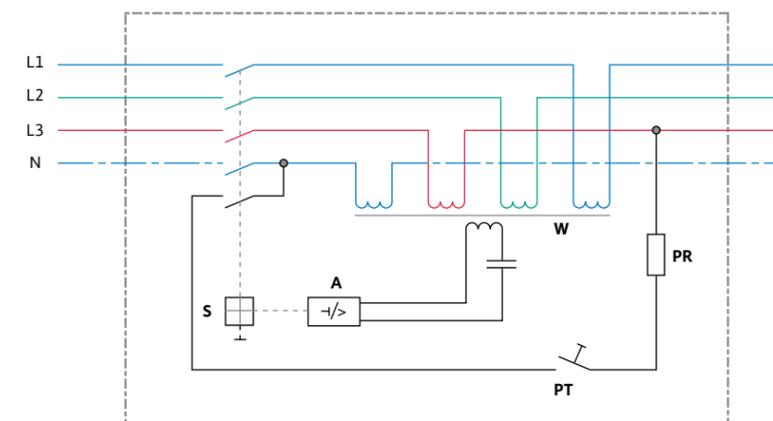
- от непосредственного контакта с активными частями оборудования;
- опасных напряжений в случае косвенного контакта в режиме короткого замыкания;
- возгорания в случае коротких замыканий на землю.

На рисунке показана принципиальная схема устройства защитного отключения. Его самый важный элемент – преобразователь суммарного тока. Он регистрирует входящие и выходящие токи. Если система работает правильно, эти токи равны и генерируют магнитное поле согласно закону Кирхгофа, суммарная величина которого – ноль. Если по причине повреждения в системе ток течет обратно по проводнику защитного заземления или заземляющему оборудованию (т. е. за преобразователем суммарного тока), в преобразователе суммарного тока индуцируется напряжение, которое включает стрелочный замыкатель.

Это включение имеет место с только очень коротким временем задержки, то есть эффективное время контактного напряжения в случае непосредственного или косвенного контакта сохраняется очень коротким. Это гарантирует лучшую персональную защиту, чем обычные защитные мероприятия (такие как защита от сверхтока).

С точки зрения защиты от возгорания, УЗО также обеспечивает лучшую защиту, чем обычные защитные устройства, так как оно выключается, реагируя на короткие замыкания на заземление, которые находятся ниже порога обнаружения устройств защиты от сверхтока.

Устройство и функционирование УЗО



- S – стрелочный замыкатель
- A – триггер
- W – преобразователь суммарного тока
- PT – кнопка управления
- PR – диагностическое сопротивление

Молниезащита (DIN EN 62305)

Электрические системы могут быть защищены от перенапряжений, вызванных ударами молнии или коммутационными перенапряжениями.

Эти перенапряжения могут разрушить электрическое и электронное оборудование и привести к неисправности систем. Следует ли предусматривать систему защиты от удара молнии, зависит от ожидаемого повреждения, которое может быть вызвано в результате удара. Положения стандарта IEC 62305-2 помогают в оценке этого риска.

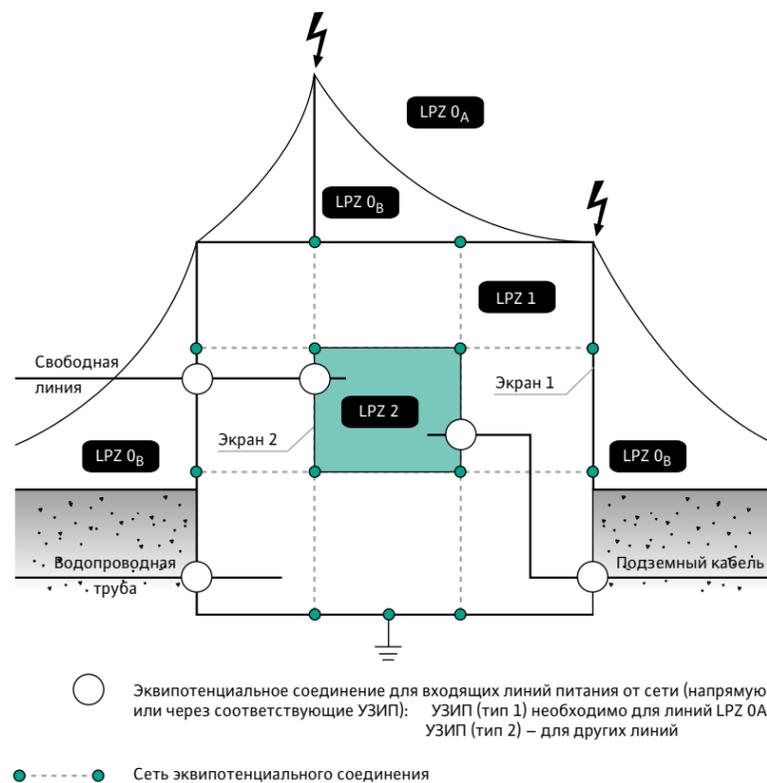
Систему защиты от удара молнии следует планировать заблаговременно, чтобы понизить затраты на необходимые строительные работы.

Зоны удара молнии:

Определены следующие зоны молниезащиты (LPZ) в зависимости от типа угрозы поражения молнией.

- **Внешние зоны: LPZ 0_A / LPZ 0_B**
Эти зоны относятся к внешним частям зданий, которые подвергаются риску прямых ударов молнии.
- **Внутренние зоны: LPZ 1 / LPZ 2 ... n**
Требования к внутренним зонам молниезащиты следует определять согласно прочности защищаемого оборудования. Чем выше защитная зона, тем меньше необходимая электрическая прочность оборудования. Защита от данного уровня напряжения обеспечивается устройствами защиты от импульсных перенапряжений, соответствующими данной зоне.

SPD – Устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)



Однофазный двигатель переменного тока

Кроме трехфазных синхронных двигателей, там, где не требуется высокая мощность, часто используются однофазные двигатели переменного тока. В таких малых системах подключение трехфазного тока часто недоступно. Кроме того, во многих случаях однофазная электрическая схема намного проще.

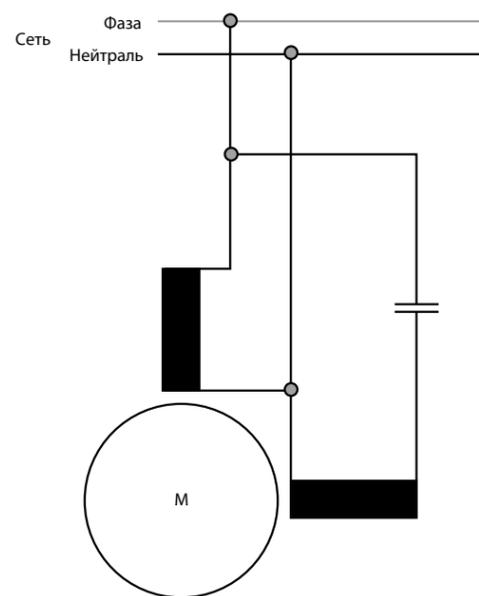
Конструкция и функционирование

Конструкция и функционирование однофазного двигателя переменного тока для погружных насосов очень немногим отличается от трехфазного двигателя. Подобно ему, однофазный двигатель состоит из пластинчатого пакета статора и короткозамкнутого ротора. Чтобы создать вращающееся поле, необходимы, по крайней мере, два напряжения со смещением по фазе. Поскольку однофазный переменный ток не обеспечивает этого, следует создать «вспомогательную фазу». Поэтому однофазный двигатель переменного тока имеет не три симметричные обмотки, а одну главную обмотку, которая питается непосредственно от сети, и одну вспомогательную обмотку, смещенную на 90°, к которой, как правило, последовательно подсоединяется конденсатор.

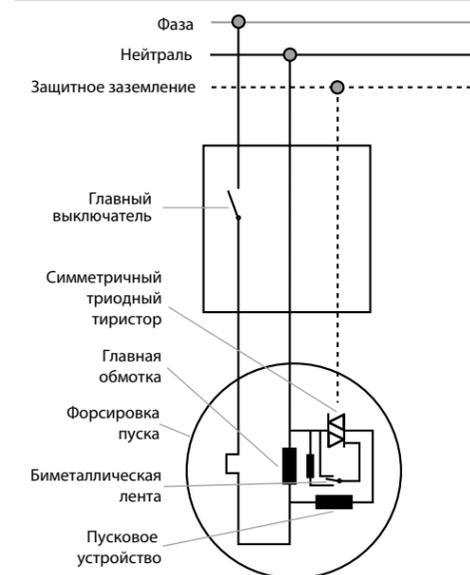
Существуют следующие варианты для создания вспомогательной фазы:

- Двигатель с рабочим конденсатором
- Двигатель с рабочим конденсатором и пусковым конденсатором для увеличения пускового крутящего момента
- Двигатель со вспомогательной фазой, управляемой с помощью электроники.

Двигатель с рабочим конденсатором



Двигатель со вспомогательной фазой с электронным управлением



Трехфазные асинхронные двигатели

Двигатели, которые используются в технологиях забора питьевой воды, как правило, являются асинхронными с использованием короткозамкнутого ротора.

Данная конструкция предлагает определенные преимущества, благодаря которым эти двигатели очень часто используются в приводах:

- Простая и недорогая конструкция.
- Длительный срок службы.
- Низкие эксплуатационные расходы.
- Отсутствие износа щетки.
- Высокая перегрузочная способность в течение коротких периодов времени.
- Запуск без вспомогательных устройств, несмотря на высокие реактивные моменты.

Общие характеристики конструкции и функционирования

Конструкция статора

Статор состоит из пластинчатого сердечника с пазами, в которые вставлены обмотки. В трехфазных двигателях эти обмотки состоят из трех фаз, смещенных на 120° вдоль окружности пластинчатого сердечника статора.



Конструкция ротора

Большинство двигателей имеет обмотку ротора (клетку), состоящую из медных стержней. Пластинчатый сердечник, который несет клетку, также сделан из пластин металла.



Обмоточный провод

В отличие от стандартных двигателей, в которых обмотки изолируются с помощью эмали, двигатели для погружных насосов оснащаются обмотками, которые способны работать в жидкой среде. Эта конструкция требует специального обмоточного провода с изоляцией, которая полностью непроницаема для жидкостей. Получаемый эффект охлаждения обмотки позволяет получать большую выходную мощность от малогабаритных двигателей. Единственное неудобство этой конструкции – более высокая термическая восприимчивость обмотки. Эта проблема особенно сильно сказывается, если ротор заклинивается или в вариантах применения, которые требуют высоких частот переключения.

Кроме того, при работе с преобразователем частоты необходимо принимать специальные меры, потому что обмотки, которые способны работать в жидкой среде, в отличие от двигателей с эмалированной проводкой, более чувствительны к напряжениям, вызванным преобразователем частоты. Поэтому в данном случае для преобразователя частоты необходимо устанавливать соответствующие фильтры на выходе.

В настоящее время используются следующие изолирующие материалы:

- Поливинилхлорид – температурный предел 80°C .
- PE2 – с температурным пределом 90°C .



На рисунке показаны различные обмоточные провода – одножильные и многожильные

Принцип работы

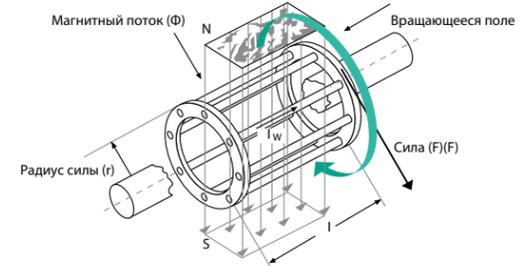
Когда трехфазная токовая обмотка подключена к источнику питания, обмотка статора генерирует магнитное поле, которое вращается с синхронной скоростью. Оно также пересекает клетку ротора, когда отдельные стержни клетки неподвижны, индуцируется напряжение переменного тока с частотой сети последовательно в каждом стержне. Благодаря наведенному напряжению ротора, в роторе течет ток, который генерирует его магнитное поле. Результирующий вращающий момент ускоряет ротор в направлении магнитного поля статора.

Когда ротор вращается с той же скоростью, как и вращающееся поле, то есть на синхронной скорости, вращающий момент равен нулю. Если к ротору приложен противодействующий вращающий момент, скорость ротора становится меньше, чем у вращающегося поля. Когда стержни клетки опять начинают пересекаться вращающимся полем, возникает напряжение и появляется вращающий момент двигателя. Поэтому в асинхронных двигателях ротор должен вращаться «асинхронно» относительно вращающегося поля статора, чтобы генерировать вращающий момент. Разность в скорости называется проскальзыванием.

Изменение вращающего момента

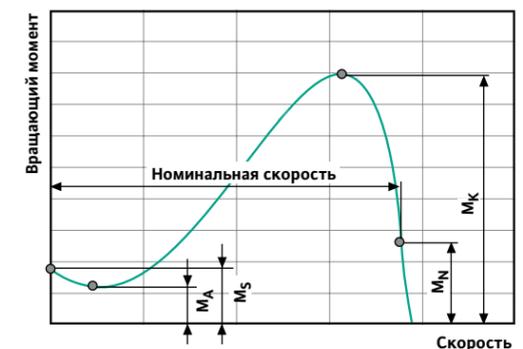
На рисунке показана типовая характеристика изменения вращающего момента двигателя с короткозамкнутым ротором с хорошо выраженным минимальным пусковым моментом. На эту характеристику изменения вращающего момента может влиять форма стержней клетки. Так как кривая насосных характеристик при номинальном вращающемся моменте очень крутая, скорость двигателя почти не изменяется в случае изменения нагрузки.

Двигатель с короткозамкнутым ротором, показана область возбуждения статора



Клетка с набором продольных стержней

Изменение вращающего момента двигателя с короткозамкнутым ротором

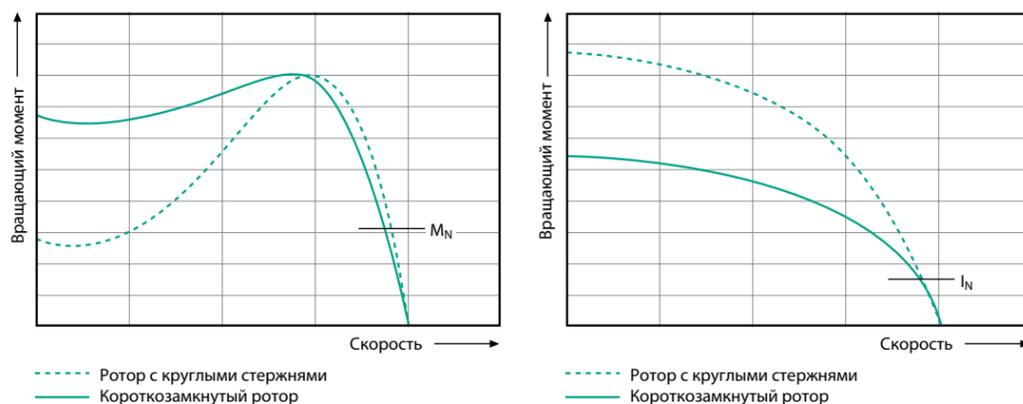


M_A – вращающий момент на заторможенном роторе
 M_S – минимальный пусковой момент
 M_K – максимальный вращающий момент
 M_N – номинальный вращающий момент

Примечание:
 Двигатели, имеющие более низкие рабочие характеристики, изготавливаются с обмотками, залитыми герметизирующей смолой.

Разделение между обмоткой и ротором, способным работать в жидкой среде, обеспечивается с помощью кожуха.

Конкретные величины зависят от формы стержней ротора



Типовые скорости для частоты сетевого питания 50 Гц

Количество полюсов / количество пар	Синхронная скорость [об / мин]	Скорость при номинальной нагрузке [об / мин]
2/1	3000	приблизительно 2900
4/2	1500	приблизительно 1450
6/3	1000	приблизительно 950
8/4	750	приблизительно 725
10/5	600	приблизительно 575

Скорость

Следующая зависимость применяется для вычисления скорости двигателя:

$$n = \frac{f}{p} (1-s)$$

Сокращение	Описание
n	Скорость
f	Частота сетевого питания
p	Количество пар полюсов (половина числа полюсов)
s	Проскальзывание

Для изменения скорости двигателя существуют следующие варианты:

- Увеличение проскальзывания «s» путем понижения напряжение сетевого питания.
- Изменение количества пар полюсов.
- Изменение частоты сетевого питания «f», которое обычно достигается при использовании преобразователя частоты.

Способы запуска

Недостаток асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором – относительно высокий пусковой ток, который может быть в 4–8 раз больше номинального тока. Чтобы предотвратить вредные колебания напряжения при включении двигателя, энергоснабжающие организации определяют меры по ограничению пускового тока.

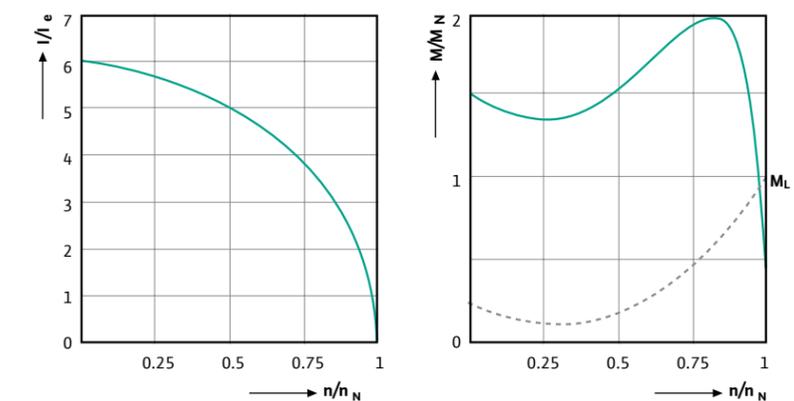
Прямой пуск

Прямой пуск – самый простой способ включения путем подсоединения непосредственно к источнику питания.

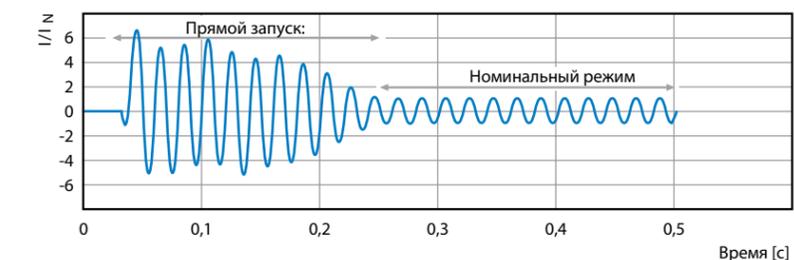
Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • Требуется наличие двигателя с 3 соединениями. • Простое распределительное устройство. • Недорогой. • Высокий пусковой крутящий момент. 	<ul style="list-style-type: none"> • Высокий пусковой ток. • Высокая нагрузка механических узлов. • Подходит только для малой и средней мощности.

Понижение пускового тока может быть достигнуто путем понижения напряжения статора. Исключением из этого правила является работа с частотным преобразователем. Ниже описываются нормальные методы запуска.

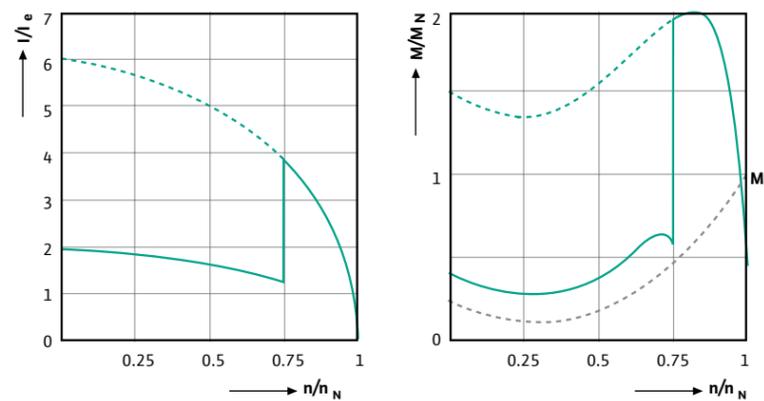
Кривая зависимости ток / обороты – момент / обороты



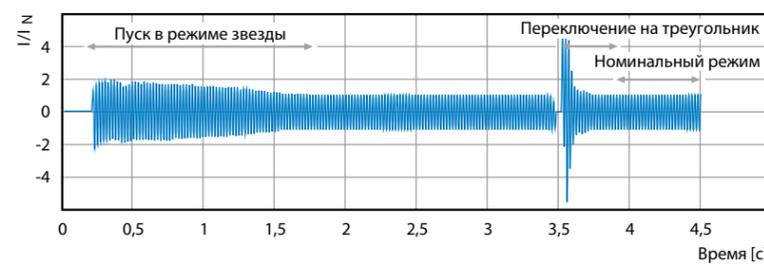
Зависимость тока от времени для прямого запуска



Кривая зависимости ток / обороты – момент / обороты



Зависимость тока от времени для пуска путем переключения со звезды на треугольник



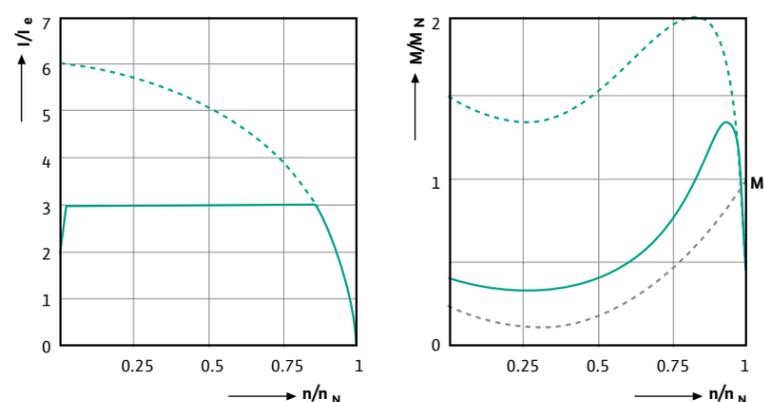
Пуск путем переключения со звезды на треугольник

Запуск трехфазных двигателей, использующих переключение со звезды на треугольник, вероятно, самый знакомый и широко распространенный вариант. Он используется для трехфазных двигателей в диапазоне от низкой до высокой мощности.

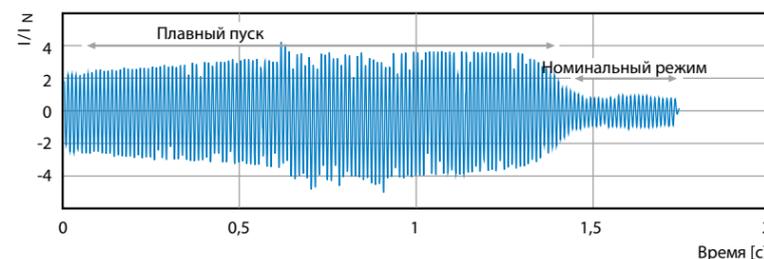
Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • Простое распределительное устройство. • Недорогой. • Более низкий пусковой ток по сравнению с прямым запуском. 	<ul style="list-style-type: none"> • Требуется шесть подсоединений к двигателю. • Пониженный пусковой крутящий момент. • Пиковый рост тока при переключении со звезды на треугольник. • Механические нагрузки при переключении со звезды на треугольник.

Примечание:
В зависимости от конструкции ток переключения со звезды на треугольник для погружных насосов может на короткий период времени быть больше, чем прямой пусковой ток. Следует принять специальные меры в отношении устройств, предназначенных для работы в аварийных ситуациях

Кривая зависимости ток / обороты – момент / обороты



Зависимость тока от времени для пуска с плавным пускателем



Устройство плавного пуска (электронный пуск двигателя)

Как и на кривых насосных характеристик для прямого запуска и запуска с переключением со звезды на треугольник, этот метод вызывает большие скачки тока и крутящего момента. Они могут оказывать отрицательное воздействие на источник питания и двигатель, особенно при большой мощности. Плавный пуск, который приспособлен к нагрузке машины, непрерывно увеличивает напряжение двигателя. Таким образом, двигатель может ускоряться без механических ударов и пиков тока. Плавные пускатели – это электронная альтернатива традиционному переключению со звезды на треугольник.

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • Отсутствуют пики тока. • Не требует обслуживания. • Пониженный и регулируемый пусковой крутящий момент. • Регулируемый предел тока. • Требуется наличие двигателя с 3 соединениями. • Плавный запуск и остановка. 	<ul style="list-style-type: none"> • Возможно, представляет избыточные затраты в случае низкой мощности. • Дополнительное рассеяние мощности, если плавный пуск не подсоединен после запуска.

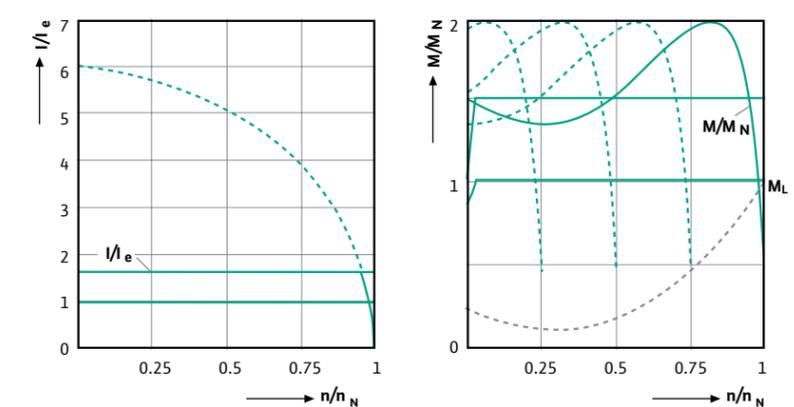
Преобразователь частоты

Преобразователь частоты главным образом используется в случаях, когда требуется привод с регулируемой скоростью.

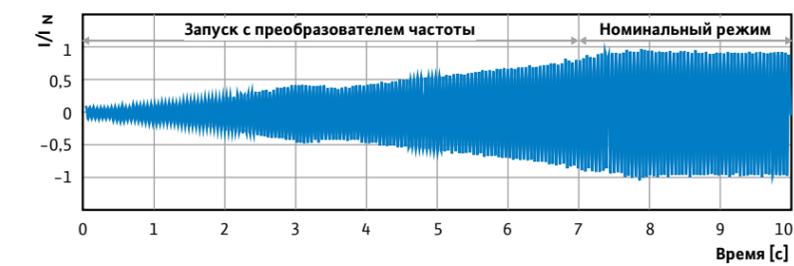
Благодаря опции управления по выходной частоте, двигатель может плавно запускаться и останавливаться в соответствии с параметрами гидравлической системы. Этот вариант также означает, что во время фазы запуска не могут быть превышены величины токов или вращающих моментов (два примера на диаграмме).

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • Регулирование и управление скоростью в соответствии с эксплуатационными потребностями. • Регулируемый предел тока. • Работа в 4 квадрантах. • Отсутствие износа. • Обширные возможности защиты двигателя. 	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая стоимость. • Дополнительные потери мощности. • Возможны дополнительные затраты для выполнения мер по ЭМС (электромагнитной совместимости).

Кривая зависимости ток / обороты – момент / обороты



Зависимость тока от времени для пуска с преобразователем частоты (вход на преобразователь частоты)



Рабочие режимы

Рабочий режим определяет допустимую продолжительность включенного состояния для двигателей. Погружные насосы предназначены для постоянного режима работы S1. Обратите внимание, что рассматриваемые двигатели должны работать только в погруженном состоянии!

S1 – постоянный режим работы

Определение:

Работа при постоянной нагрузке, при которой двигатель достигает теплового равновесия.

Двигатель проектируется таким образом, что при указанных условиях охлаждение является достаточным. Если на заводской табличке машины рабочий режим не указан, применяется постоянный режим работы S1.

Другие рабочие режимы

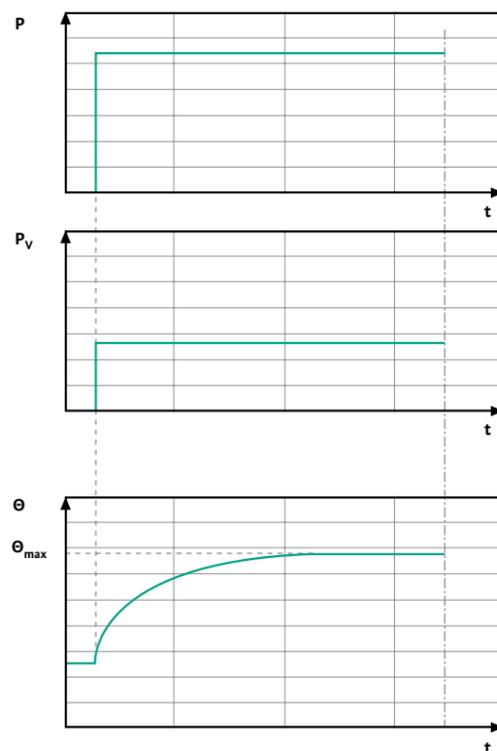
Другие рабочие режимы, такие как

- S2 кратковременный режим,
 - S3 периодический режим,
- практически не применяются в технологиях эксплуатации буровых скважин.

Максимальная частота переключения:

В дополнение к рабочему режиму двигателя, нужно также учесть максимальную частоту включения. Обычно выражается как число включений в час. Если эта величина превышена, температура двигателя растет, а срок службы двигателя снижается.

S1 – постоянный режим работы



P – нагрузка
 P_v – электрические потери
 Θ – температура
 Θ_{max} – максимальная температура
 t – время

Следует обратиться к техническому паспорту на конкретное изделие

Определение параметров в зависимости от конкретного изделия

Защита двигателя

Для надежной эксплуатации двигателя его следует защищать от перегрева. Нагревание может возникнуть по причине сбоев, которые увеличивают ток двигателя:

- перегрузки;
- отключения фазы;
- пониженного напряжения;
- заклинивания.

Эти сбои могут быть обнаружены реле тепловой защиты или защитным выключателем двигателя, которые после этого выключают двигатель. Реле тепловой защиты и защитный выключатель двигателя могут быть настроены только на одно значение расчетного тока.

Реле тепловой защиты двигателя

Режим работы:

Тепловая защита обеспечивается биметаллическими лентами, которые нагреваются от обмоток, по которым течет ток двигателя. Для каждой обмотки двигателя обеспечивается отдельная биметаллическая лента с соответствующей нагреваемой обмоткой. Если потребление тока какой-либо обмотки двигателя в течение нескольких секунд превышает указанную величину, биметаллическая лента деформируется от нагрева, что включает стрелочный замыкатель и выключает контактор двигателя. Двигатель также выключается спустя короткое время в случае отключения фазы (происходит неравномерное нагревание биметаллических лент). В случае теплового срабатывания, выключатель может быть вновь включен только после того, как остынут биметаллические ленты. Реле защиты двигателя не выключают двигатель непосредственно, т.к. контакты имеют только небольшую коммутационную способность. Их контакт используется для активирования контактора, который выключает двигатель в случае сбоя. В отличие от выключателя защиты двигателя, реле защиты двигателя не имеет устройства срабатывания при коротком замыкании. Именно поэтому в линии питания одного или нескольких двигателей, которые защищаются с помощью реле защиты, следует установить плавкие предохранители. Кроме того, в случае применения реле тепловой защиты двигателя может быть вручную или автоматически установлен повторный запуск. Повторный запуск следует выполнять вручную, чтобы предотвратить постоянное включение и выключение двигателя в случае неисправности.

Защитный выключатель двигателя

Защитные выключатели двигателя могут использоваться для включения и выключения двигателей. Тепловое устройство срабатывания

работает по тому же правилу, как и реле защиты двигателя. Однако оператор может выключить двигатель во время работы или в случае повреждения. Кроме того, большинство защитных выключателей также имеет электромагнитный механизм быстрого срабатывания, который предохраняет контур за выключателем и двигатель от коротких замыканий. В пределах малых амплитуд тока эти выключатели защищены от короткого замыкания, то есть к ним не требуется подсоединять аварийный плавкий предохранитель.

Другие отклонения от нормального состояния, которые могут привести к увеличению температуры:

- сухой ход двигателей, которые могут работать только в погруженном состоянии;
- недопустимо высокая температура жидкости / окружающей среды;
- отложения на двигателе.

Эти отклонения не влияют на потребление тока двигателем и поэтому не могут быть обнаружены защитой от перегрузок, подсоединенной перед двигателем. Для этих типов сбоев используются температурные датчики, встроенные в узел, который подлежит защите (обмотка двигателя).

Защита двигателей плавким предохранителем

Справочные величины номинальных токов двигателя и минимально возможного «медленного перегорания» или gL короткого замыкания плавких предохранителей

Номинальные токи двигателя применяются к нормально функционирующим трехфазным двигателям с внутренним и поверхностным охлаждением.

Прямой пуск:

Плавкие предохранители применяются для указанных номинальных токов двигателя с прямым пуском: максимальный пусковой ток с 6 раз превышает расчетный ток двигателя, максимальное пусковое время – 5 с.

Запуск с переключением YΔ:

Максимальный пусковой ток в 2 раза превышает расчетный ток двигателя, максимальное пусковое время = 5 с. Установите реле перегрузки для каждой фазы на величину 0.58 x значение расчетного тока двигателя. Для двигателей с более высоким расчетным током, более высоким пусковым током и / или более длительным пусковым временем требуется подсоединение более мощных предохранителей от короткого замыкания. Максимальная допустимая величина зависит от распределительного устройства или реле защиты двигателя.

В приложении приведена таблица «Справочные величины для трехфазных двигателей».

Трехфазные двигатели																										
Мощность двигателя			Номинальный ток двигателя при 220–230 В	Плавкие предохранители для двигателей с прямым пуском			Номинальный ток двигателя при 240 В	Плавкие предохранители для двигателей с прямым пуском			Номинальный ток двигателя при 380–400 В	Плавкие предохранители для двигателей с прямым пуском			Номинальный ток двигателя при 415 В	Плавкие предохранители для двигателей с прямым пуском			Номинальный ток двигателя при 500 В	Плавкие предохранители для двигателей с прямым пуском			Номинальный ток двигателя при 660–690 В	Плавкие предохранители для двигателей с прямым пуском		
кВт	cosφ	%	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
0.06	0.7	59	0.38	1	1	0.35	1	1	0.22	1	1	–	–	–	0.16	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	
0.09	0.7	60	0.55	2	2	0.5	2	2	0.33	1	1	–	–	–	0.24	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	
0.12	0.7	61	0.76	2	2	0.68	2	2	0.42	2	2	–	–	–	0.33	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	
0.18	0.7	61	1.1	2	2	1	2	2	0.64	2	2	–	–	–	0.46	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	
0.25	0.7	62	1.4	4	2	1.38	4	2	0.88	2	2	–	–	–	0.59	2	2	–	–	–	–	–	–	–	–	
0.37	0.72	6	2.1	4	4	1.93	4	4	1.22	4	2	–	–	–	0.85	2	2	0.7	2	2	–	–	–	–	–	
0.55	0.75	69	2.7	4	4	2.3	4	4	1.5	4	2	–	–	–	1.2	4	2	0.9	2	2	–	–	–	–	–	
0.75	0.8	74	3.3	6	4	3.1	6	4	2	4	4	2	4	4	1.48	4	2	1.1	2	2	–	–	–	–	–	
1.1	0.83	77	4.9	10	6	4.1	6	6	2.6	4	4	2.5	4	4	2.1	4	4	1.5	4	2	–	–	–	–	–	
1.5	0.83	78	6.2	10	10	5.6	10	10	3.5	6	4	3.5	6	4	2.6	4	4	2	4	4	–	–	–	–	–	
2.2	0.83	81	8.7	16	10	7.9	16	10	5	10	6	5	10	6	3.8	6	6	2.9	6	4	–	–	–	–	–	
2.5	0.83	81	9.8	16	16	8.9	16	10	5.7	10	10	–	–	–	4.3	6	6	–	–	–	–	–	–	–	–	
3	0.84	81	11.6	20	16	10.6	20	16	6.6	16	10	6.5	16	10	5.1	10	10	3.5	6	4	–	–	–	–	–	
3.7	0.84	82	14.2	25	20	13	25	16	8.2	16	10	7.5	16	10	6.2	16	10	–	–	–	–	–	–	–	–	
4	0.84	82	15.3	25	20	14	25	20	8.5	16	10	–	–	–	6.5	16	10	4.9	10	6	–	–	–	–	–	
5.5	0.85	83	20.6	35	25	18.9	35	25	11.5	20	16	11	20	16	8.9	16	10	6.7	16	10	–	–	–	–	–	
7.5	0.86	85	27.4	35	35	24.8	35	35	15.5	25	20	14	25	16	11.9	20	16	9	16	10	–	–	–	–	–	
8	0.86	85	28.8	50	35	26.4	35	35	16.7	25	20	–	–	–	12.7	20	16	–	–	–	–	–	–	–	–	
11	0.86	87	39.2	63	50	35.3	50	50	22	35	25	21	35	25	16.7	25	20	13	25	16	–	–	–	–	–	
12.5	0.86	87	43.8	63	50	40.2	63	50	25	35	35	–	–	–	19	35	25	–	–	–	–	–	–	–	–	
15	0.86	87	52.6	80	63	48.2	80	63	30	50	35	28	35	35	22.5	35	25	17.5	25	20	–	–	–	–	–	
18.5	0.86	88	64.9	100	80	58.7	80	63	37	63	50	35	50	50	28.5	50	35	21	35	25	–	–	–	–	–	
20	0.86	88	69.3	100	80	63.4	80	80	40	63	50	–	–	–	30.6	50	35	–	–	–	–	–	–	–	–	
22	0.87	89	75.2	100	80	68	100	80	44	63	50	40	63	50	33	50	50	25	35	35	–	–	–	–	–	
25	0.87	89	84.4	125	100	77.2	100	100	50	80	63	–	–	–	38	63	50	–	–	–	–	–	–	–	–	
30	0.87	90	101	125	125	92.7	125	100	60	80	63	55	80	63	44	63	50	33	50	35	–	–	–	–	–	
37	0.87	90	124	160	160	114	160	125	72	100	80	66	100	80	54	80	63	42	63	50	–	–	–	–	–	
40	0.87	90	134	160	160	123	160	160	79	100	100	–	–	–	60	80	63	–	–	–	–	–	–	–	–	
45	0.88	91	150	200	160	136	200	160	85	125	100	80	100	100	64.5	100	80	49	63	63	–	–	–	–	–	
51	0.88	91	168	200	200	154	200	200	97	125	100	–	–	–	73.7	100	80	–	–	–	–	–	–	–	–	
55	0.88	91	181	250	200	166	200	200	105	160	125	–	–	–	79	125	100	60	80	63	–	–	–	–	–	
59	0.88	91	194	250	250	178	250	200	112	160	125	105	160	125	85.3	125	100	–	–	–	–	–	–	–	–	
75	0.88	91	245	315	250	226	315	250	140	200	160	135	200	160	106	160	125	82	125	100	–	–	–	–	–	
90	0.88	92	292	400	315	268	315	315	170	250	200	165	200	200	128	160	160	98	125	125	–	–	–	–	–	
110	0.88	92	358	500	400	327	400	400	205	250	250	200	250	250	156	200	200	118	160	125	–	–	–	–	–	
129	0.88	92	420	500	500	384	500	400	242	315	250	230	315	250	184	250	200	–	–	–	–	–	–	–	–	
132	0.88	92	425	500	500	393	500	500	245	315	250	–	–	–	186	250	200	140	200	160	–	–	–	–	–	
147	0.88	93	472	630	630	432	630	500	273	315	315	260	315	315	207	250	250	–	–	–	–	–	–	–	–	
160	0.88	93	502	630	630	471	630	630	295	400	315	–	–	–	220	315	250	170	200	200	–	–	–	–	–	
184	0.88	93	590	800	630	541	630	630	340	400	400	325	400	400	259	315	315	–	–	–	–	–	–	–	–	
200	0.88	93	626	800	800	589	800	630	370	500	400	–	–	–	278	315	315	215	250	250	–	–	–	–	–	
220	0.88	93	700	1000	800	647	800	800	408	500	500	385	500	400	310	400	400	–	–	–	–	–	–	–	–	
250	0.88	93	803	1000	1000	736	1000	800	460	630	500	–	–	–	353	500	400	268	315	315	–	–	–	–	–	
257	0.88	93	826	1000	1000	756	1000	800	475	630	630	450	630	500	363	500	400	–	–	–	–	–	–	–	–	
295	0.88	93	948	1250	1000	868	1000	1000	546	800	630	500	630	630	416	500	500	–	–	–	–	–	–	–	–	
315	0.88	93	990	1250	1250	927	1250	1000	580	800	630	–	–	–	445	630	500	337	400	400	–	–	–	–	–	
355	0.89	95	–	–	–	–	–	–	636	800	800	–	–	–	483	630	630	366	500	400	–	–	–	–	–	
400	0.89	96	–	–	–	–	–	–	710	1000	800	–	–	–	538	630	630	410	500	500	–	–	–	–	–	
500	0.89	96	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	515	630	630	–	–	–	–	–	
600	0.90	97	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	600	800	630	–	–	–	–	–	

Контрольные устройства

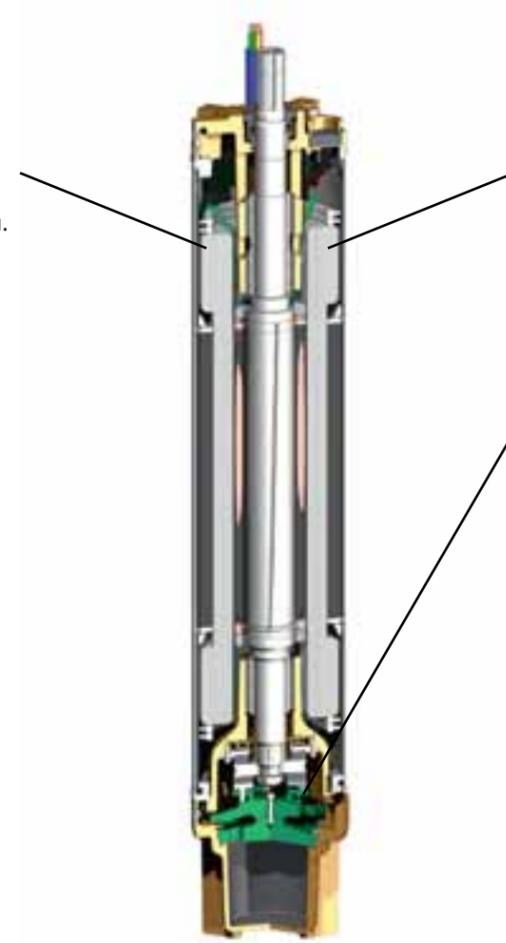
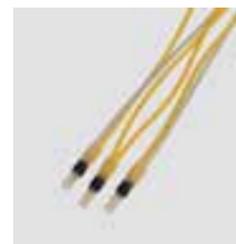
Встроенные контрольные устройства предназначены для защиты двигателя от избыточных температур в обмотках.

Применяемые датчики зависят от различных типов двигателей. Отдельные датчики с соответствующими реле описаны ниже.

Краткий обзор контрольных устройств

Датчики температуры с терморезисторами с положительным температурным коэффициентом
Температура обмотки контролируется в отделении двигателя.

Датчик Pt 100
Контроль температуры обмотки и подшипника.



Примечание:
Для двигателей малого размера температура обмоток также частично измеряется косвенным образом в отделении двигателя.



Датчик температуры с терморезистором с положительным температурным коэффициентом / термистор / преобразователь

Датчик температуры с терморезистором с положительным температурным коэффициентом / термистор / преобразователь

Описание:
Термисторные датчики РТС являются датчиками температуры с терморезистором, который имеет положительный температурный коэффициент. Они не имеют механических узлов. При достижении номинальной температуры срабатывания (NAT) электрическое сопротивление датчиков резко увеличивается. Это изменение оценивается электронным переключающим устройством. 3 температурных датчика последовательно установлены в обмотке. В больших двигателях и специальных версиях имеется 2 температурные цепи, каждая со своей температурой выключения (например, 130–140 °С). Для каждой температурной цепи требуется свое переключающее устройство (например, WILO CM–MSS).

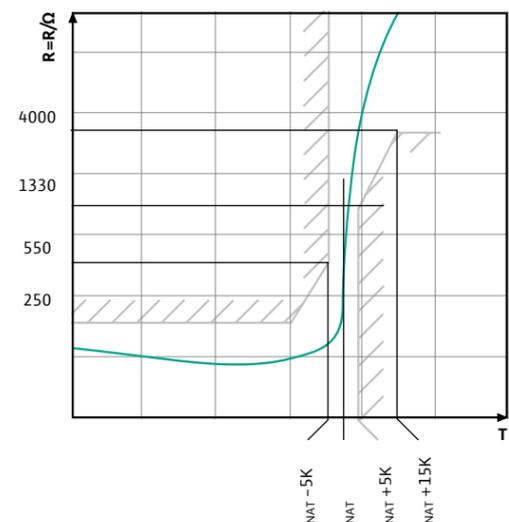
Применяется для:
• Контроля температуры обмотки двигателей.

- Преимущества:
- Очень малый размер.
 - Малое время срабатывания (также называется полная защита двигателя).
 - Длительный срок службы.
 - Стандартизированная версия в соответствии с DIN 44081/44082.

- Недостатки:
- Возможность работы только при низком напряжении.
 - Обязательно необходимо специальное реле термистора РТС.
 - Переключающая температура определяется датчиком.
 - Не всегда гарантируется защита от блокирования работающих в жидкости обмоток.

- Технические данные:
- Максимальное напряжение управления <7,5 В.
 - Сопротивление холодного термокатода – одинарный / строенный: 80–250 / 250–750 Ом.
 - Сопротивление при NAT > 1300 Ом.
- Соединительное обозначение линии управления:
- 10–11 – выключено;
 - 10–12 – предварительное оповещение.

Для оценки состояния датчиков с терморезистором, имеющим положительный температурный коэффициент (РТС–термистором), необходимо всегда использовать соответствующее реле. Термисторы РТС должны использоваться для взрывозащищенных двигателей, управление которыми осуществляется с преобразователем частоты.



Датчик температуры Pt 100

Описание:
Датчики РТ 100 представляют собой температурно-зависимые сопротивления с почти линейной кривой характеристик. При 0 °С сопротивление равно 100 Ом. Разность сопротивления между 0 и 100 °С равна 0,385 Ом/К.

Это изменение измеряется электронным реле (например, WILO DGW 2.01 G). Температура скачка сопротивления определяется настройкой выключателя, а не датчика. В дополнение к регулировке точек переключения также может измеряться температура.

- Применяется для следующих условий и задач:
- Медленно растущих температур, например, там, где охлаждение затруднено отложениями.
 - Определения перегрузки.
 - Определения недопустимой температуры окружающей среды.
 - Длительного времени работы в режиме S2 (кратковременный режим).

- Преимущества:
- Параметры контроля могут быть точно настроены в соответствии с рабочей температурой.
 - В каждом датчике можно настроить несколько точек переключения.
 - Дополнительная индикация температуры.

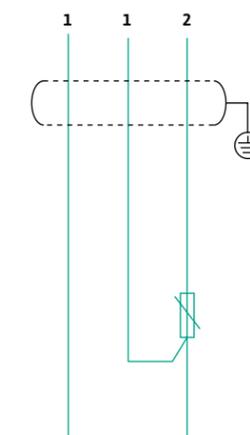
- Недостатки:
- Необходимо дополнительное реле РТ 100.
 - Датчик и устройство измерения относительно дороги.



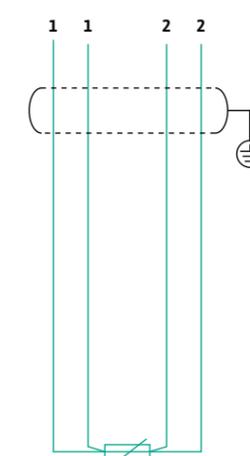
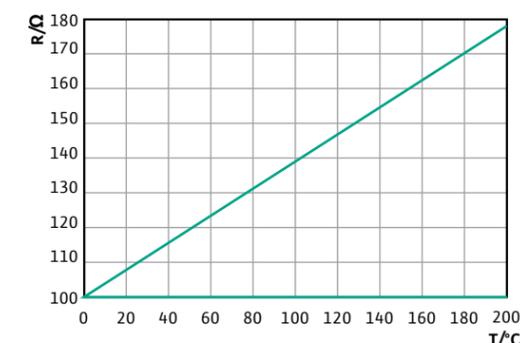
Датчик температуры РТ 100

- Технические данные:
- Сопротивление при 0 °С: 100 Ом.
 - Изменение сопротивления: ~ 0,385 Ом/К.
 - Измерительный ток: <3 мА.
- Соединительное обозначение линии управления: 1–2.

Если соединительный кабель имеет большую длину, цепь обычно подключается в форме трех- или четырехпроводного переключения для компенсации погрешности, вызванной сопротивлением кабеля. Фактически все измерительные реле РТ 100 поддерживают эти варианты соединения.



Трехпроводная цепь РТ 100



Четырехпроводная цепь для РТ 100

Контрольные реле

Для измерения показаний описанных выше датчиков предлагаются различные контрольные реле. Их некоторые типы приведены ниже.

Контрольное реле	Применение	Описание функции	Другие функции
<p>Реле PTC-термистора Wilo CM-MSS.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Соединение датчиков температуры с PTC-термистором. Соединение датчиков температуры с биметаллическими лентами. Оценка состояния других переключающих контактов, например, поплавковых датчиков утечки. 	<p>Реле используется для контроля температуры с перезапуском блокировки.</p> <p>До шести PTC-датчиков могут быть подсоединены последовательно.</p> <p>Если температура PTC-термистора растет выше его температуры срабатывания, реле включается и устраняет эту неисправность.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Контроль короткого замыкания, который может быть выключен для подсоединения биметаллических лент (T1 и T2х). Устройство памяти, которое может быть выключено (мост между S1 и T1). Одобрено при работе с двигателями во взрывобезопасном исполнении. Наличие кнопки повторного пуска.
<p>Регулятор температуры PT 100 Wilo DGW 2.01.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Контроль температуры обмотки. Контроль температуры подшипника. 	<p>Реле измеряет сопротивление датчика температуры PT 100 и показывает измеренную температуру непосредственно на индикаторе.</p> <p>Имеется возможность конфигурирования двух предельных величин для заблаговременного предупреждения и деактивации. Они воздействуют на два отдельных реле выхода.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Индикатор для прямого указания температуры и конфигурации. Кнопки для ввода значений. Регулируемая реакция в случае отказа датчика. Соединение в трехпроводную схему переключения для линейной компенсации.

Кабели / линии

При выборе кабелей следует соблюдать следующие требования (выбор согласно параметрам влияния окружающей среды, DIN VDE 0100, Часть 300):

- температура окружающей среды;
- внешние источники теплоты;
- присутствие воды;
- присутствие примесей;
- присутствие корродирующего вещества или загрязняющих веществ;
- механическая нагрузка;
- колебания;
- другие механические напряжения;
- присутствие растений и /или образование плесени;
- присутствие животных;
- воздействие солнечных лучей;
- воздействие землетрясений;
- ветер;
- конструкция здания.

Области применения:

Питьевая вода	H
Грунтовая вода	+
Морская вода	+
Дождевая вода	+
Поверхностные воды	+
Сточные воды	-
Канализационные воды	-
Техническая вода	+
Охлаждающая вода	+
Смешанная вода	o
Вода подземной добычи	-
Строительные площадки	-
Негорючие	-
Температура применения	60 °C

H – основная область применения, + – соответствует, o – соответствует ограниченно, - – не соответствует

Практически все кабели для соединения со скважинными насосами одобрены для применения с питьевой водой. Пригодность этих кабелей зависит от различных типов воды:

Типовые сокращения для кабелей и линий

Код нормы		
Согласованная норма	H	
Одобренный на национальном уровне тип	A	
Номинальное напряжение U₀/U		
300/300 В	03	
300/500 В	05	
450/750 В	07	
Материал изоляции		
Поливинилхлорид	V	
Натуральный и/или стирол-бутадиеновый каучук	R	
Силиконовый каучук	S	
Материал оболочки		
Поливинилхлорид	V	
Натуральный и/или стирол-бутадиеновый каучук	R	
Полихлоропреновый каучук	N	
Оплетка из стекловолокна	J	
Тканевая оплетка	T	
Характеристики при установке		
Ровная, делимая линия	H	
Ровная, неделимая линия	H2	
Тип проводника		
Одножильный	U	
Многожильный	R	
Тонко скрученный многожильный для линий постоянной установки	K	
Тонко скрученный многожильный для гибких линий	F	
Очень тонко скрученный многожильный для гибких линий	H	
Многожильный кабель повышенной гибкости	Y	
Количество проводов	...	
Проводник защитного заземления		
Без проводника защитного заземления	X	
С проводником защитного заземления	G	
Номинальное сечение проводника	...	
Примеры полных обозначений линии		
Электропроводка с изоляцией из поливинилхлорида сечением 0.75 мм ² , тонко скрученная многожильная, черного цвета: H05V-K 0.75		Тяжелый кабель с каучуковой изоляцией, 3-жильный, сечение 25 мм ² без проводника заземления: A07RN-F3X2.5

Существуют различные типы конструкции кабелей для погружных насосов:

Типы:



Круглые кабели

- Стандартные кабели.



Плоские кабели

- Те же характеристики, что у круглых кабелей.
- Используются там, где пространство внутри скважины ограничено.



Экранированные кабели

- Для использования вместе с преобразователями частоты.
- Также поставляются как экранированные кабели управления.

Общие характеристики

Конструкция	Кабель с изоляцией из этилен-пропиленового каучука, гидростойкий (Т)
Номинальное напряжение	U 0 / U 450 / 750 В
Максимальная рабочая температура	60 °С
Максимальная рабочая температура в проводнике	90 °С
Примечания	Неизменные удобство и простота использования в воде были проверены путем испытаний.
Место применения	В грунтовой и питьевой воде на глубинах до 500 м. Также может использоваться в технической воде, воде для нужд охлаждения, поверхностных и дождевых стоках, в морской воде. При определенных условиях может использоваться в комбинированных сточных водах, но не в хлорированной воде. Может использоваться в закрытом помещении и на открытом воздухе, но не в потенциально взрывоопасных областях.
Допустимая нагрузка	Для средних механических нагрузок при подсоединении электрического оборудования. В частности, для устройств, которые постоянно используются в воде, например, погружные насосы, подводные прожекторы. Для температуры воды до 60 °С.

Допустимый номинальный ток кабеля (DIN VDE 0298 Часть 4)

- Необходимо принимать во внимание следующее:
- нагрузка проводки в непрерывном режиме работы;
 - нагрузка проводки в случае короткого замыкания;
 - предполагается, что изолированный силовой кабель используется по целевому назначению;
 - Рассматриваются только проводники, несущие рабочий ток;
 - принята симметричная нагрузка;
 - Приняты самые неблагоприятные рабочие условия и самое неблагоприятное направление прокладки кабеля.

Для установки в воде может быть принят тип монтажа в колонке 1 для одножильных проводов и в колонке 6 для жгутов и многожильных проводов.

Проводник защитного заземления считается нагруженным проводом и может всегда устанавливаться рядом.



Токонесущая способность кабелей H07RN-F (Ozofex Plus), NSSHÖU и S07BB-F, S07BBH2-F (гидростойчивые кабели) в непрерывном режиме работы температуры окружающей среды до 30 °С и температуры проводника до 90 °С

Прямое включение																																																																																																																																																								
Промежуток:	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																																
Типы монтажа для 3 нагруженных проводов																																																																																																																																																								
Включение YQ или 2 кабеля параллельно																																																																																																																																																								
Типы монтажа для 6 нагруженных проводов																																																																																																																																																								
Номинальное сечение t медный провод [мм²]	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="9">Допустимая нагрузка (А)</th> </tr> <tr> <th>t</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1,5</td><td>35</td><td>33</td><td>31</td><td>29</td><td>28</td><td>23</td><td>19</td><td>18</td></tr> <tr><td>2,5</td><td>45</td><td>43</td><td>40</td><td>38</td><td>36</td><td>30</td><td>25</td><td>24</td></tr> <tr><td>4</td><td>62</td><td>59</td><td>54</td><td>52</td><td>49</td><td>41</td><td>34</td><td>32</td></tr> <tr><td>6</td><td>80</td><td>76</td><td>70</td><td>68</td><td>64</td><td>53</td><td>45</td><td>42</td></tr> <tr><td>10</td><td>111</td><td>106</td><td>97</td><td>94</td><td>88</td><td>74</td><td>63</td><td>59</td></tr> <tr><td>16</td><td>149</td><td>141</td><td>131</td><td>126</td><td>119</td><td>99</td><td>84</td><td>79</td></tr> <tr><td>25</td><td>197</td><td>187</td><td>173</td><td>167</td><td>157</td><td>131</td><td>111</td><td>104</td></tr> <tr><td>35</td><td>244</td><td>231</td><td>214</td><td>207</td><td>195</td><td>162</td><td>137</td><td>129</td></tr> <tr><td>50</td><td>304</td><td>289</td><td>267</td><td>258</td><td>243</td><td>202</td><td>171</td><td>161</td></tr> <tr><td>70</td><td>376</td><td>357</td><td>331</td><td>319</td><td>300</td><td>250</td><td>212</td><td>200</td></tr> <tr><td>95</td><td>453</td><td>430</td><td>398</td><td>385</td><td>362</td><td>301</td><td>255</td><td>240</td></tr> <tr><td>120</td><td>529</td><td>503</td><td>465</td><td>449</td><td>423</td><td>352</td><td>299</td><td>281</td></tr> <tr><td>150</td><td>608</td><td>577</td><td>535</td><td>516</td><td>486</td><td>404</td><td>343</td><td>323</td></tr> <tr><td>185</td><td>693</td><td>659</td><td>609</td><td>589</td><td>554</td><td>461</td><td>391</td><td>368</td></tr> </tbody> </table>								Допустимая нагрузка (А)									t	1	2	3	4	5	6	7	8	1,5	35	33	31	29	28	23	19	18	2,5	45	43	40	38	36	30	25	24	4	62	59	54	52	49	41	34	32	6	80	76	70	68	64	53	45	42	10	111	106	97	94	88	74	63	59	16	149	141	131	126	119	99	84	79	25	197	187	173	167	157	131	111	104	35	244	231	214	207	195	162	137	129	50	304	289	267	258	243	202	171	161	70	376	357	331	319	300	250	212	200	95	453	430	398	385	362	301	255	240	120	529	503	465	449	423	352	299	281	150	608	577	535	516	486	404	343	323	185	693	659	609	589	554	461	391	368
Допустимая нагрузка (А)																																																																																																																																																								
t	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																																
1,5	35	33	31	29	28	23	19	18																																																																																																																																																
2,5	45	43	40	38	36	30	25	24																																																																																																																																																
4	62	59	54	52	49	41	34	32																																																																																																																																																
6	80	76	70	68	64	53	45	42																																																																																																																																																
10	111	106	97	94	88	74	63	59																																																																																																																																																
16	149	141	131	126	119	99	84	79																																																																																																																																																
25	197	187	173	167	157	131	111	104																																																																																																																																																
35	244	231	214	207	195	162	137	129																																																																																																																																																
50	304	289	267	258	243	202	171	161																																																																																																																																																
70	376	357	331	319	300	250	212	200																																																																																																																																																
95	453	430	398	385	362	301	255	240																																																																																																																																																
120	529	503	465	449	423	352	299	281																																																																																																																																																
150	608	577	535	516	486	404	343	323																																																																																																																																																
185	693	659	609	589	554	461	391	368																																																																																																																																																

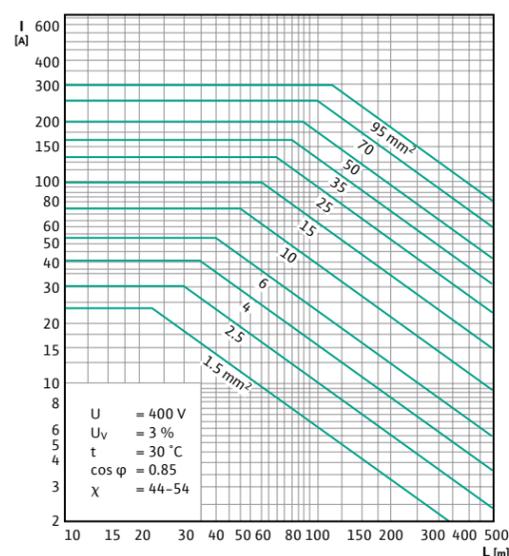
В случае, если температура окружающей среды отличается от 30 °С, допустимые нагрузки следует умножить на коэффициент f:

°С	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
f	1.15	1.12	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.65	0.58	0.50

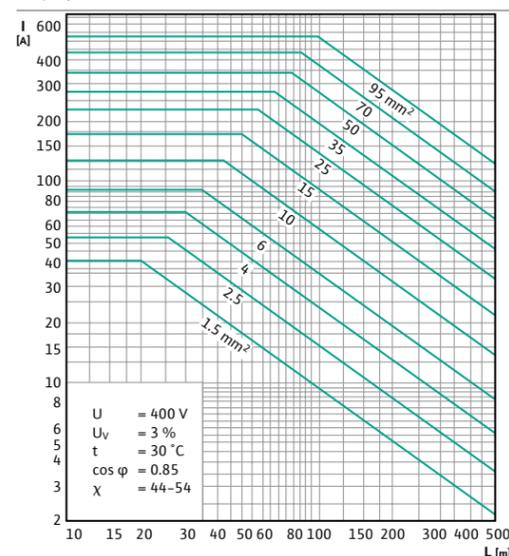
При определении поперечного сечения провода следует основываться на падении напряжения, не превышающем 3%. Выбирая сечение, следует принять во внимание нормы местных поставщиков электроэнергии и прежде всего требования клиента с точки зрения рентабельности системы.

Определение размеров или выбор кабелей по длине (L) и току (I)

Прямой пуск, многожильный кабель



Пуск с переключением со звезды на треугольник, многожильный кабель



Заданные формулы расчета

Падение напряжения:

$$U_D = \frac{C \cdot I \cdot L_c \cdot \cos \varphi}{A \cdot U} [\%]$$

Рассеяние мощности:

$$P_D = \frac{U_D}{\cos \varphi^2} [\%]$$

Вычисление для других рабочих напряжений:

$$L_{Diagram} = \frac{400}{U} \cdot L_c$$

Сокращение	Описание
A [мм²]	Сечение провода
C	Прямой пуск и пусковой трансформатор: 3.1 Прямой пуск, 2 параллельных кабеля: 1.55 Пуск с переключением со звезды на треугольник: 2.1
I [A]	Расчетный ток
L [m]	Длина одножильного кабеля (для выбора диаграммы)
L _c [m]	Текущая длина кабеля
P _D [%]	Рассеяние мощности
U [V]	Напряжение питания
U _D [%]	Падение напряжения
cos φ	Коэффициент мощности при данном токе

Технология управления

Системы измерения уровня в скважине

Системы измерения уровня определяют уровень воды. Поскольку погружные насосы не должны работать всухую, системы измерения уровня служат прежде всего как защита от сухого хода. Кроме того, использование измерения уровня вместе с преобразователем частоты также позволяет поддерживать постоянный уровень воды в скважине. В зависимости от условий применения доступны различные системы.

Установка

Устанавливая и задавая параметры защиты от сухого хода, следует принять меры для того, чтобы гарантировать необходимый минимальный уровень воды над насосом!

Электроды

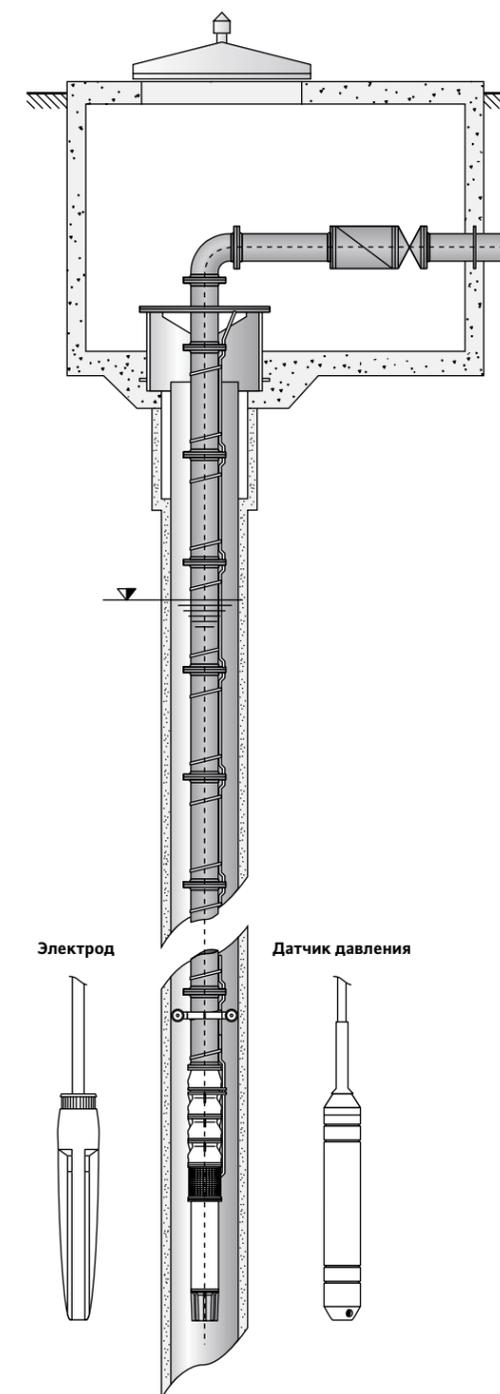
(методика проводного измерения)

В этом случае погружные электроды связаны с измерительным реле. Реле определяет наличие или отсутствие жидкости, исходя из сопротивления. На большинстве реле может быть задана чувствительность срабатывания электрода. Может быть установлен заземляющий электрод и, кроме того, электроды в различных точках переключения.

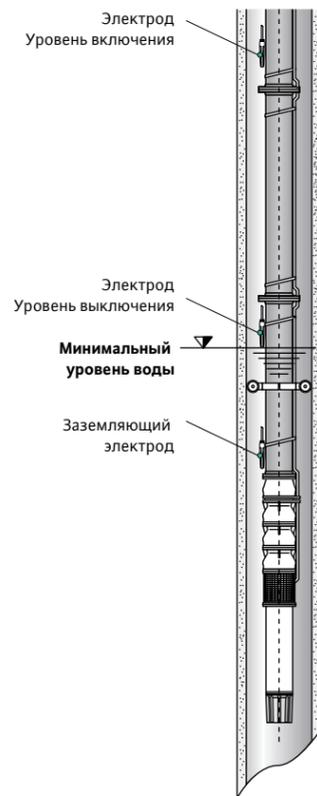
Датчик давления

(электронный датчик давления)

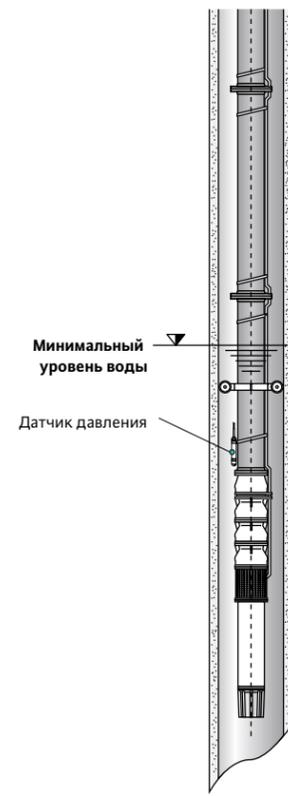
Датчик давления измеряет гидростатическое давление в точке установки. Давление действует на диафрагму и преобразуется непосредственно в электрический сигнал датчиком давления. Этот сигнал указывает на уровень воды над точкой установки датчика и таким образом может использоваться для защиты от сухого хода и для целей управления.



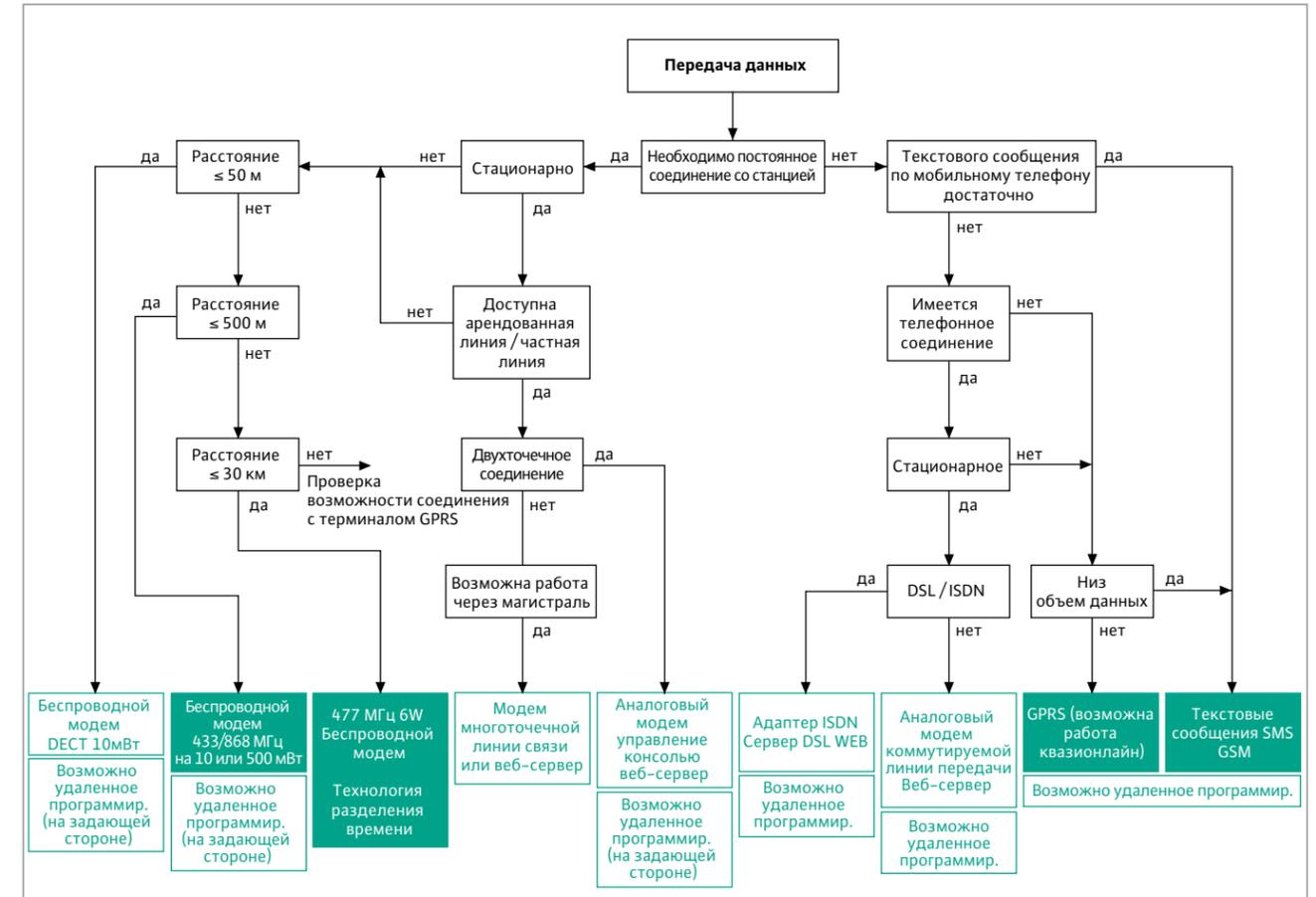
Пример установки электродов



Пример установки датчика давления



Выбор выполняется согласно следующим критериям:



Устройства переключения – решения специально под нужды клиента

Современная система с технологией удаленного управления и диагностики

В дополнение к обеспечению надежного контроля машин современные системы управления также обеспечивают из любой точки мира удаленный доступ через системы связи GSM или GPRS (общий сервис пакетной радиопередачи).

Благодаря этим современным системам, удаленное обслуживание и обнаружение ошибок не представляет трудностей.

В частности, операторы городских установок водоснабжения сталкиваются с проблемой необходимости контроля и управления широко разветвленными узлами системы. Однако стандартное решение по использованию удаленных технологий в данном случае отсутствует. Следует разработать концепцию, которая будет оптимизирована для имеющейся системы посредством маршрутов коммуникации.

В основном различаются два типа связей:

Передача данных через штатный радиоканал

- Радиопередача данных с использованием технологии разделения времени
- Передача данных через GSM/SMS
- Передача данных через GSM/GPRS

Передача данных через отдельный телекоммуникационный кабель

- Передача данных через магистральную систему

Примечание:
Стандартная гамма распределительных устройств Wilo приведена в каталогах продукции.

Системы, приведенные на зеленом фоне, главным образом используются для подачи сточных вод. Объемы данных, любые данные в реальном времени, расстояние для передачи и всех маршрутов передачи и затрат требуют специального внимания. Для передачи на короткие расстояния особенно подходят следующие технологии: 868 МГц, WLAN (устойчивые к помехам) и Bluetooth.

Для наружной установки применяются следующие варианты. Для приема в режиме GSM обычно самым эффективным с точки зрения затрат средством передачи является GPRS. Для коротких расстояний (до 500 м) также подходит технология передачи на частоте 868 МГц, если данные не требуется передавать в режиме реального времени.

Для вариантов наружной установки, где отсутствует возможность приема сигнала GSM, возможно, лучшим решением является технология с разделением времени с передачей по радиоканалу.

Если нужно посылать только простые сигналы о неисправностях, то достаточно GSM-передатчиков данных о неисправностях на базе SMS. Затраты на GPRS находятся в том же диапазоне, если идет информирование только одного центра управления. Если нужно, например, также послать текстовые сообщения SMS, используя мобильные радиосвязные средства промышленных электриков, то следует предпочесть передатчики о неисправностях на основе SMS GSM. Передача SMS-сообщений может также быть осуществлена частями через устройства GPRS, однако только за дополнительную плату.

Надежность: системы радиопередачи, основанные на GPRS, более надежны, чем передача текстовых сообщений SMS, которые иногда могут идти со значительной задержкой.

Реальное время: связь по WLAN и Bluetooth фактически способна осуществляться в реальном времени (задержка порядка нескольких миллисекунд), близка к этому и GPRS (задержка приблизительно 2–4 с.). Во всех других системах это зависит от разрешенного «рабочего цикла» и наличия радиосот.

Другие критерии для принятия решения:
Желательный протокол передачи, передача значений с меткой времени, соединение с центром управления, удаленное программирование и т.д.

Передача данных по радио

Штатный радиоканал на объекте 433 МГц:

- Излучаемая мощность до 10 мВт, дальность связи 600 м (линия прямой видимости).
- Затраты на передачу отсутствуют, данный способ в настоящее время не рекомендуется применять для промышленного использования, так как эта технология используется для управления гаражными дверями, некоторыми моделями автомобилей и т.д., что приводит к потенциальному возникновению радиопомех.
- В качестве варианта: штатный радиоканал на объекте 868 МГц.

Штатный радиоканал на объекте 868 МГц:

- Излучаемая мощность 10–500 мВт, дальность 500–3000 м (линия прямой видимости).
- Типовые применения: насосные установки на малом расстоянии от центра управления.
- Преимущество: низкие затраты на приобретение и эксплуатацию, подходят для питания от солнечных батарей.
- Недостатки: возможна передача только на короткие расстояния, ограничение передачи по времени.
- В качестве варианта: GPRS, очень низкие затраты на приобретение, низкие эксплуатационные расходы, средние издержки передачи.

Европейский стандарт на цифровую беспроводную связь DECT:

- Используется беспроводными телефонами; не рекомендуется для применения в системах перекачивания сточных вод по причине малой дальности связи и других ограничений.

Система радиосвязи с направленными антеннами:

- Высокие затраты на приобретение и эксплуатацию, дальность до 50 км (линия прямой видимости).
- Только двухточечные соединения.

Связь по магистральным линиям (транковая):

- Отсутствуют затраты на передачу, но требуется специальная дорогая инфраструктура.
- Больше не используется в сфере перекачки питьевой воды, потому что доступны менее дорогие технологии.

Технология разделения времени:

Эта технология особенно подходит для связи между наружными насосными станциями, трубопроводами и водосливными бассейнами дождевой воды, если прием сигнала GSM отсутствует. Однако, по причине относительно дорогих радио устройств (примерно € 1000) и более высоких затрат на антенны (приблизительно € 250), она все еще дороже, чем GSM, даже после нескольких лет эксплуатации. Как указывает само название, постоянная передача данных в этой технологии невозможна. В пределах одной минуты для передачи доступен «интервал времени» длительностью только в 6 с. Однако этого обычно достаточно для обмена данными между несколькими устройствами. После этого, следует поддерживать паузу при передаче длительностью 54 с., пока не будет запущен следующий цикл передачи. Кроме того, в день доступен только один час работы связи (см. ниже), что не приемлемо для применения в установках перекачки питьевой воды.

Управление временем интервалом: 10 интервалов времени в минуту (время радиообмена)

- по 6 с. каждый.
- Ширина полосы: полоса 70 см.
- Частотный диапазон: 447 – 448 МГц, 5 частот; разнесение каналов: 12.5 кГц.
- Скорость передачи данных: 4800 бит /с. – 9600 бит /с.
- Мощность антенного вывода: 6 Вт макс.
- СПЕЦИАЛЬНЫЙ частотный диапазон при методе передачи 1:24 (1 используемый час /день): 459.530 МГц; 459.550 МГц; 459.570 МГц; 459.590 МГц.
- Разнесение каналов: 20 кГц.
- Соответствие техническим условиям и оплата за использование специальных частот.
- Одобрено согласно стандарту ETS 300 113
- Назначение частот регулирующими органами TP (RegTP).
- Норматив оплаты за использование частот согласно официальному регистру № 30/1996, указ 228/1996.

GSM CSD:

Не лучшая из имеющихся на сегодняшний день технологий. Очень часто использовалась до появления GPRS. Для передачи данных по технологии GSM–CSD сначала следует установить между двумя станциями соединение, подобное переговорной коммуникации через мобильный телефон. В зависимости от использования сетей, это может занять до 30 с. Как только соединение будет установлено, могут быть переданы данные. Кроме объема данных, также оплачивается время соединения, как в случае связи через мобильный телефон. В зависимости от частоты и объема, затраты на передачу для этой технологии в 2–10 раз выше, чем соответствующие затраты для GPRS. При этом затраты на приобретение устройств идентичны связи GPRS. У метода GSM CSD остается только одно преимущество по сравнению с GPRS: в противоположность IP-адресу, телефонный номер всегда является статическим, и к нему можно получить доступ из любой точки мира. Это позволяет выполнять двухточечные соединения между двумя подстанциями. В случае с GPRS это является возможным только для некоторых решений.

GSM SMS:

Практичная альтернатива для малых систем передачи данных о неисправностях. Вместо статического соединения между двумя участниками, посылается текстовое сообщение SMS (максимум 160 знаков). Это сообщение может быть получено мобильным телефоном, устройством управления с GSM или системой управления с GSM. В дополнение к низким базовым платежам, дополнительно оплачивается каждое SMS. Текстовое сообщение SMS можно также послать на некоторые устройства GPRS. Этот вариант имеет то преимущество, что в дополнение к обычной передаче данных между подстанцией и центральной системой, сообщения могут также получать люди, например, промышленные электрики, используя мобильные средства радиосвязи.

UMTS:

Для вариантов применения с установками перекачки питьевой воды эта система представляет интерес только для мобильных систем визуализации или управления технологическим процессом. Не подходит для подстанций, поскольку затраты в этом случае намного выше, а полное покрытие площади объекта обеспечивается только в плотно населенных городских районах. Однако этот вариант может хорошо работать в сочетании с GPRS (подстанция => GPRS, мобильная система управления => UMTS), потому что технологии на основе Интернета являются идентичными.

EDGE:

EDGE означает «развитие стандарта GSM с увеличенной скоростью передачи данных» и используется для модернизации традиционных сетей GSM /GPRS и таким образом достижения более высоких скоростей передачи данных. Как дальнейшая разработка традиционного стандарта GPRS, где в среднем достигнута скорость 40 кбит /сек, EDGE обеспечивает возможность увеличения скорости передачи данных до 220 кбит /сек. Поскольку в настоящее время дешевые терминалы отсутствуют, эта технология не является подходящей в рассматриваемой сфере. Кроме того, она всего лишь обеспечивала бы более быструю передачу данных, чем GPRS, что не имеет значения для подстанций с их малыми объемами данных.

WLAN:

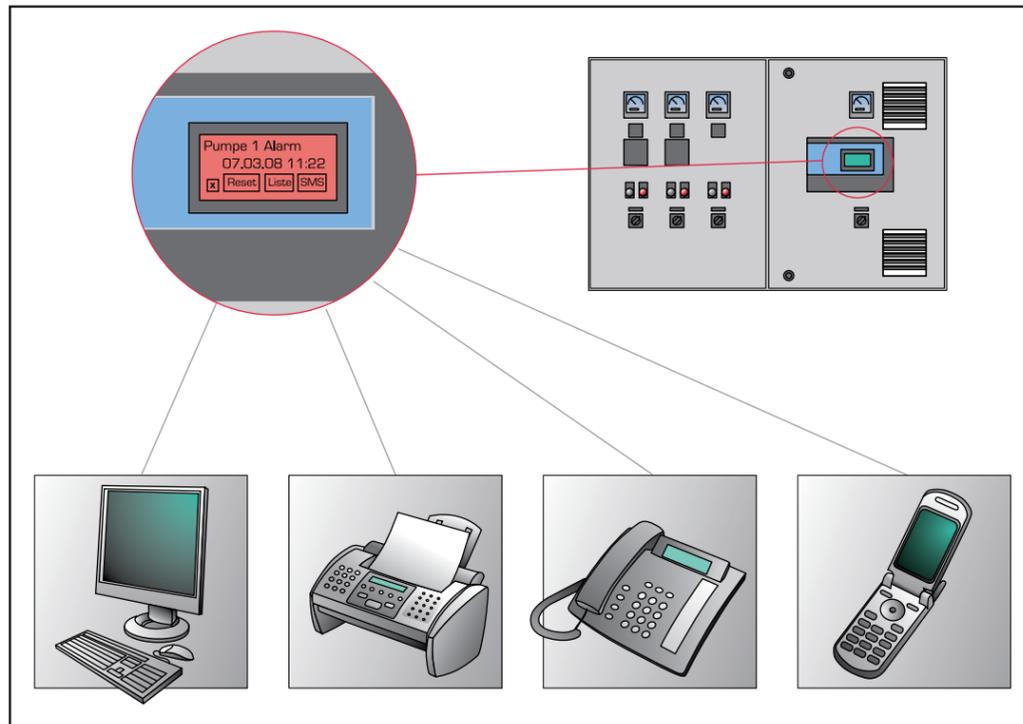
WLAN использует технологию передачи DSSS (передача широкополосных сигналов методом прямой последовательности) и поэтому ненадежна с точки зрения передачи данных. При наличии сигналов, мешающих связи, соединение может внезапно разорваться. Антенны имеющихся на рынке терминалов 802.11 позволяют работать на расстоянии 30–100 метров на открытом пространстве. При использовании самой современной технологии в закрытых помещениях может быть достигнута дальность всего 90 метров. Усовершенствованная аппаратура WLAN позволяет подсоединить внешнюю антенну. С использованием внешней всенаправленной антенны и в ситуации прямой видимости вне помещений может быть установлено соединение на дальности 100 – 300 метров. При использовании радиовещательных антенн можно достичь дальность даже в несколько километров.

Bluetooth (полоса 2.4 ГГц ISM, на расстояниях максимум до 150 м):

Bluetooth использует передачу широкополосных сигналов методом частотных скачков (FHSS). В этой технологии, которая особенно затрудняет перехват сообщений, используются в общей сложности 79 каналов. В отдельном канале каждые 0.625 миллисекунды происходит взаимное переключение между передатчиком и приемником. Это приводит к 1600 скачкам частоты в секунду. Таким образом компенсируется взаимовлияние сигналов на отдельных каналах и предотвращается внешний доступ третьих лиц, так как последовательность скачков неизвестна третьим лицам. Дополнительная безопасность данных обеспечивается посредством назначения пароля для устройств, или тем, что после успешного установления соединения, устройства становятся невидимыми в радиодиапазоне для других устройств.

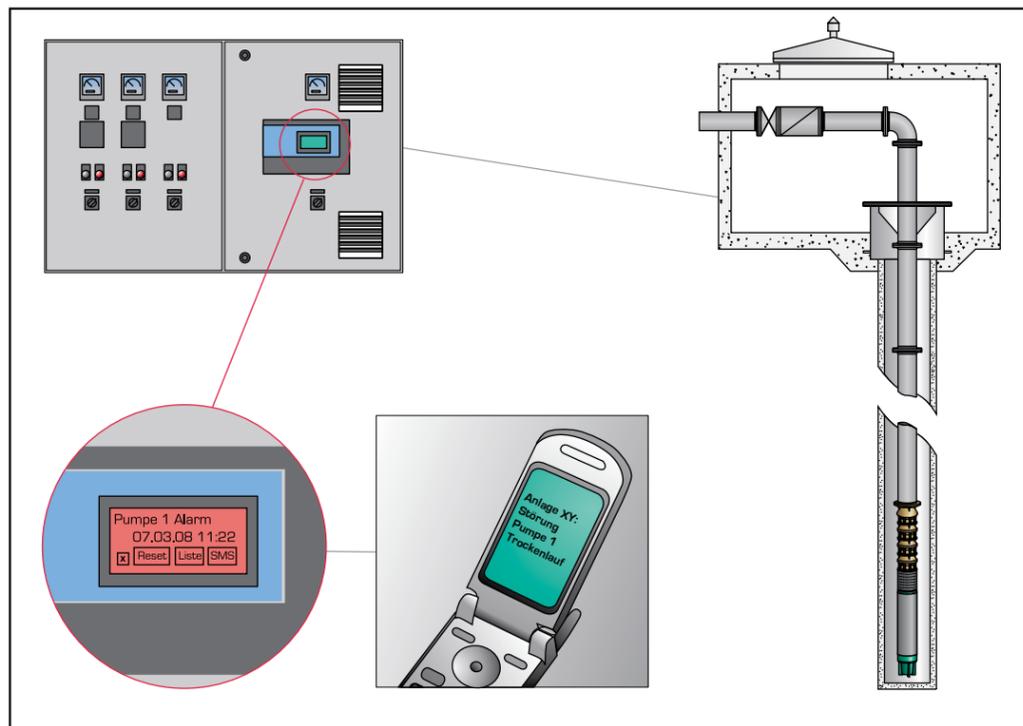
Классы и дальность связи			
Класс	Максимальная мощность		Дальность связи вне помещений
	[мВт]	[дБм]	
Класс 1	100	20	~ 100
Класс 2	2.5	4	~ 50
Класс 3	1	0	~ 10

Практический пример: GSM-система информирования о неисправностях



- Передача сообщений о тревоге через мобильный телефон, факс, стационарный телефон, электронную почту.
- Сигналы с названием станции, данными о типе повреждения.
- Время, дата.
- Метка времени.
- Регистрация данных о предыдущих 35 сигналах о неисправности.
- Удаленное подтверждение через мобильный телефон.
- Можно вызвать до 4 участников разговора одновременно.

Практический пример: Насосные станции – система дистанционного управления с современной технологией управления насосом



- Скважинные системы.
- Повышение давления.
- Очистные станции.
- Водосливные бассейны для дождевых вод.
- Установки для откачки сточных вод.
- Функция.
- Управление насосом.
- Оптимизация затрат энергии.
- Обмен данными GPRS:
 - сообщения о состоянии;
 - измеренные величины;
 - часы работы;
 - эксплуатационные данные;
 - сигналы о неисправности;
 - сигналы тревоги;
 - подтверждение.
- Сигналы SMS:
 - для промышленных электриков.
- Сенсорный экран:
 - для настройки заданных величин;
 - индикация эксплуатационных данных;
 - индикация неисправностей.

Особые возможности при работе с устройствами плавного пуска или преобразователями частоты

Устройство плавного пуска

Погружные насосы могут запускаться и останавливаться с использованием устройств плавного пуска.

Ток запуска или остановки может быть установлен на величину, которая будет в 2.5–3.5 раза больше номинального тока. Устройства со специальной опцией для приводов насоса позволяют еще больше понижать пусковой ток (приблизительно до 1.5–2.5 от номинального тока).

Время пуска или остановки не является критическим для двигателей с шарикоподшипниками. Благодаря защите, установленной в цепи перед двигателем, пуск или остановка должны выполняться в пределах 30 с. Для двигателей, предназначенных для перекачки питьевой воды с подшипниками, смазываемыми водой, минимальные скорости следует соблюдать таким же образом, как и при работе с преобразователем частоты. Количество переключений в час приведено в техническом паспорте двигателя конкретного насоса (приблизительно 10–20 переключений, см. данные для плавного пускателя). Типоразмеры двигателя (а также кабелей и т.д.) устанавливаются как для «прямого пуска».

Эффективность устройств плавного пуска / выключения в уменьшении скачков давления в трубопроводе очень ограничена. Поэтому мы рекомендуем устанавливать автоматические золотниковые клапаны, буферные приемники скачков давления или преобразователи частоты, которые соответствуют описанным выше требованиям. После выполнения запуска двигателя рекомендуем включать обходную цепь мимо плавного пускателя. При выполнении всех этих рекомендаций обеспечивается бесперебойная эксплуатация устройств плавного пуска.

Управление скважинными насосами можно осуществлять, используя доступные на рынке преобразователи частоты. Они обычно проектируются как преобразователи на основе широтно-импульсной модуляции. Для случая двигателей с обмотками, способными работать с погружением в жидкость, следует учесть некоторые особые возможности.

Преобразователи частоты

Основное оборудование

Максимальная частота – минимальная частота – свертток – пусковое время – время остановки – пусковой крутящий момент – показания тока – частота – скорость – характеристики зависимости напряжения от частоты U/f (квадратичный график нагрузки для центробежных насосов) – защита от перенапряжения, пониженного напряжения.

Специальное оборудование

Диагностика отказов – понижение шума двигателя – затухание резонансных частот – дистанционная передача данных – дистанционное управление.

Выбор двигателя и преобразователя

В большинстве случаев могут использоваться серийно выпускаемые стандартные двигатели. По причине дополнительного нагревания вследствие гармонических волн напряжения, номинальная мощность двигателя должна быть приблизительно на 10% выше, чем требуемая исходя из параметров насоса.

Двигатели с обмотками с водяным охлаждением более восприимчивы к пикам напряжения, чем сухие двигатели. Это означает, что следует установить такие фильтры на выходе, чтобы не были превышены предельные величины для обмоток:

- Максимальная скорость роста напряжения на зажимах двигателя: 500 В/мкс.
- Максимальное пиковое напряжение на зажимах двигателя: 1250 В.

Эти величины являются междуфазными. По причине электрического потенциала грунта, имеющегося у воды, которая находится вокруг обмоток, эти величины также должны учитывать напряжение между фазовым проводником и проводником защитного заземления. Поскольку переключение полупроводников в преобразователях частоты постоянно ускоряется, в особых случаях также может быть необходима установка полюсных фильтров. В связи с особенностями конструкции фактическое напряжение в обмотках двигателя не может быть проверено, поэтому в данном случае для правильного подбора оборудования также важен опыт производителя преобразователей частоты и фильтров.

Рекомендация: проконсультируйтесь с производителем двигателя.

Выходные фильтры создают дополнительное падение напряжения. Это следует учесть при проектировании системы. Характеристики двигателя (также кабелей и т.д.) задаются такими, как для «прямого пуска». Характеристики преобразователя частоты задаются в соответствии с номинальным током двигателя. Выбор, основанный на мощности двигателя в кВт, может привести к возникновению проблем. Если преобразователь частоты выходит из строя, для этого случая можно дополнительно обеспечить обходной контур с переключением со звезды на треугольник. При этом параметры кабелей следует установить согласно режиму работы с переключением со звезды на треугольник.

Электромагнитная совместимость

Чтобы гарантировать соответствие руководящим принципам ЭМС (электромагнитной совместимости), может понадобиться использовать экранированные кабели или прокладку кабелей внутри металлических трубопроводов, установку фильтров. Также необходимы соответствующие меры для выполнения требований руководящих принципов по ЭМС в зависимости от типа преобразователя, производителя, длины установленного кабеля и других факторов. В отдельных случаях необходимые меры приведены в инструкции по установке и эксплуатации для преобразователя частоты, либо можно проконсультироваться с его производителем.

Минимальная скорость погружных двигателей

Погружные двигатели имеют подшипники, смазываемые водой. Для них необходима определенная минимальная скорость, чтобы могла быть установлена смазочная пленка. **В любом случае следует избегать постоянного режима работы на частотах ниже 25 Гц (30 Гц для двигателей с 4 полюсами)**, поскольку при таких условиях вероятен выход из строя подшипника по причине отсутствия смазки и последующих механических колебаний.

Двигатель должен проходить самую низкую часть диапазона скорости (до 12.5 Гц) за время не более 2 с.

Управление

Важно, чтобы насосная установка работала во всем диапазоне регулирования без вибрации, резонанса, колебаний вращающего момента или чрезмерного шума (проконсультируйтесь с изготовителем).

Повышенный шум работающего двигателя является нормальным, поскольку напряжение источника питания содержит гармонические колебания. В ходе конфигурирования преобразователя обязательно соблюдайте настройку квадратичной кривой насосных характеристик (кривая U/f) для насосов и вентиляторов. Это гарантирует, что выходное напряжение будет отрегулировано в соответствии с потребностями питания насоса на частотах <50 Гц.

Новейшие преобразователи также оснащаются системой автоматической оптимизации питания с тем же эффектом. Настройки этих и других параметров см. в инструкции по эксплуатации преобразователя.

Подшипниковые токи

Подшипниковые токи могут возникнуть в двигателях, оснащенных преобразователем. Они нагружают подшипники двигателя и могут их повредить в зависимости от величины тока. В принципе, подшипниковый ток может течь, только если напряжение в зазоре для смазки подшипника достаточно велико, чтобы пробить изоляцию, созданную смазочным материалом. Для этого имеются различные исходные причины.

Самые важные факторы, которые определяют, какой механизм возникновения подшипниковых токов требует наибольшего внимания – это типоразмер двигателя, система заземления кожуха и вала двигателя. Электрическая установка, соответствующий тип кабеля, качество замыкания контактов проводников заземления и электрического экранирования также играют важную роль вместе с номинальным напряжением на входе преобразователя и время нарастания напряжения на выходе преобразователя. Источником подшипниковых токов является напряжение, приложенное к подшипнику. Существует три типа высокочастотных подшипниковых токов: блуждающие токи, токи заземления через вал и электроразрядные токи.

Более подробная информация и рекомендации приведены в DIN CLC/TS 60034-25.

Защита двигателя

В дополнение к встроенному электронному контролю тока в преобразователе или реле тепловой защиты в системе переключения мы также рекомендуем установить температурные датчики в двигателе. Для этого подходят датчики температуры с терморезистором, имеющим положительный температурный коэффициент (РТС), а также резистивные датчики температуры (РТ 100).

Работа при частоте до 60 Гц

Двигатели могут быть модернизированы для работы с частотой питания 60 Гц, при условии, что двигатель был изначально рассчитан на более высокие требования по мощности насоса. Номинальная мощность приводится в техническом паспорте для частоты 50 Гц. Это не должно приводить к превышению номинального тока двигателя!

КПД

В дополнение к КПД двигателя и насоса также следует принять во внимание КПД преобразователя (~ 95%). Общий КПД уменьшается при снижении мощности.

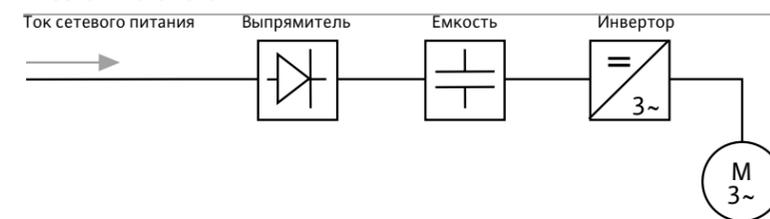
Конструкция и функционирование

Напряжение сетевого питания выпрямляется и поддерживается постоянным. Это называется поддержанием напряжения с использованием промежуточного контура (косвенной связью по напряжению). Инвертор на выходе преобразователя частоты состоит из мостовой схемы с шестью полупроводниками с быстрым переключением (биполярные транзисторы с изолированным затвором).

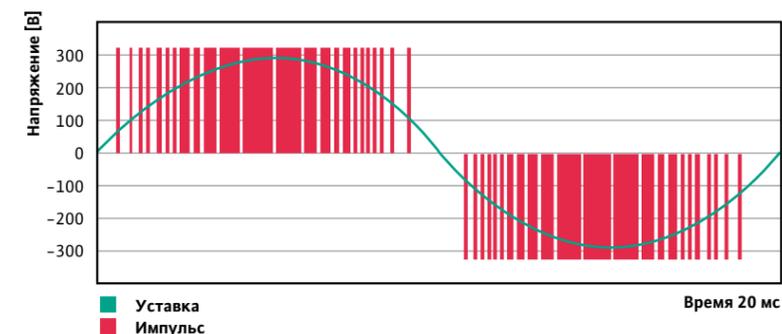
Они переключаются попеременно с целью соединения контура косвенной связи по напряжению с обмотками двигателя. Это выполняется при частоте импульсов в диапазоне приблизительно 4–16 кГц. Большинство типов преобразователей частоты позволяет изменять частоту импульсов. Продолжительность активации и пауза для прямоугольного импульса могут быть изменены, что позволяет эффективно задавать напряжение для двигателя (см. диаграмму).

Следом в цепи может быть подключен синус-фильтр для сглаживания напряжения прямоугольного импульса от преобразователя частоты так, чтобы оно было ближе к синусоидальному профилю напряжения.

Схематическое расположение преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией и косвенной связью по напряжению постоянного тока



Выходное напряжение преобразователя частоты



Уставка: желательное выходное напряжение, соответствующее синусоидальному профилю питания от сети

Импульс: выходное напряжение преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией

На практике скорость нельзя понизить ниже точки, при которой сохраняется объемный расход не менее 10% от максимального расхода. Точная величина зависит от типа двигателя, и ее следует сверить с данными изготовителя.



Конструкция погружного насоса

Выбор материалов

Подходящий материал для насоса следует выбирать исходя из характеристик жидкости (см. раздел «Анализ воды»).

Пример:
Следующие характеристики жидкости приведены в качестве примера:

	Концентрация	Максимальное соотношение для варианта А
Доля хлоридов	100 мг/л	150 мг/л
Удельная проводимость	600 мкСм/см	1000 мкСм/см
Температура	20 °С	20 °С
Содержание песка	30 мг/л	35 мг/л
Величина рН фактора	7.8	

Результат:
Для указанных характеристик жидкости подходит вариант материалов А, например, с насосом WILO-EMU NK 87, имеющим кожух EN-GJL (серый чугун), и рабочим колесом G CuS n10 (безцинковая или оловянная бронза).

Конфигурация гидравлической системы

Для обеспечения подачи питьевой воды в городскую водопроводную сеть следует подобрать погружной насос оптимальной эффективности.

Пример:

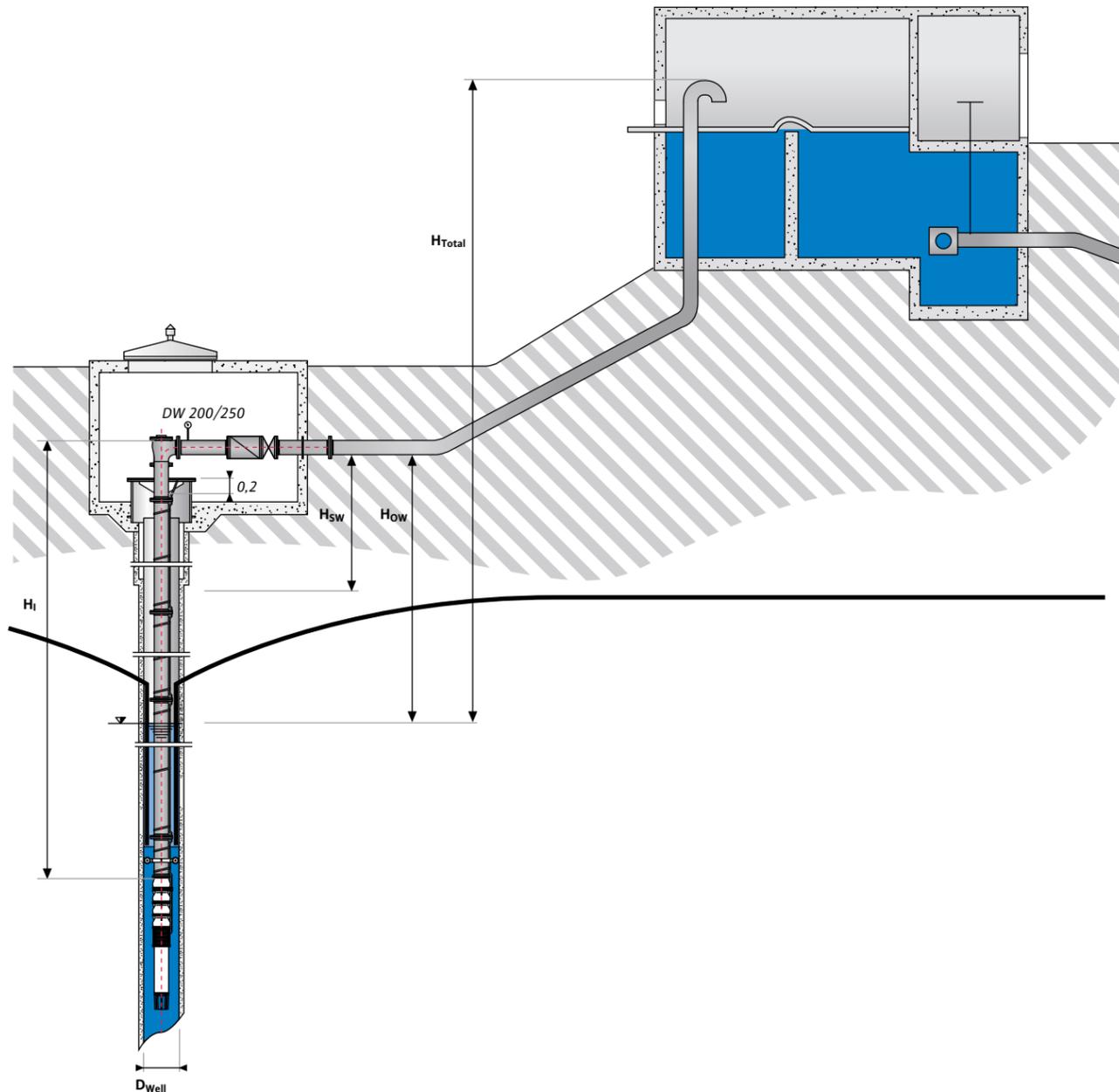
Общие условия, определенные клиентом для установки:

Объемный расход	Q	120 м ³ /ч
Глубина установки	H _i	40 м
Статический уровень воды	H _{sw}	10 м
Эксплуатационный уровень воды	H _{ow}	30 м
Геодезический напор	H _{geo}	60 м
Потери напора по длине	H _{Ldyn}	5 м
Диаметр скважины	D _{well}	320 мм

Следует определить полный гидравлический напор H_{Total} для насоса.

$$H_{Total} = H_{geo} + H_{Ldyn SW} = 60 \text{ м} + 5 \text{ м} = 65 \text{ м}$$

Результат:
Указанные данные q = 120 м³/ч и H_{Total} = 65 м приводят к требованию установки следующего типа насоса: **WILO-EMU NK 87-4**



Скорость потока

В качестве привода для выбранного погружного насоса Wilo- EMU NK 87-4 могут быть предложены двигатели с герметичными или позволяющими перемотку обмотки статорами.

Двигатель	Размер в дюймах	Диаметр d _{motor} [мм]	Мощность P2 [кВт]	Минимальная скорость потока VF min [м/с]
с 1 статором с заливкой герметизирующими смолами	6	137	37	0.16
с 2 статорами, позволяющий перемотку обмотки	6	141	37	0.20
с 3 статорами, позволяющий перемотку обмотки	8	195	37	0.10

Пример:

Исходя из соображений технического обслуживания, клиент выбрал двигатель 6" типа 2 со статором, позволяющим перемотку обмотки.

Преобладающая скорость потока вдоль двигателя при указанных условиях вычисляется по формуле:

$$v_F \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] = \frac{Q_{\text{мин}} [\text{м}^3/\text{ч}]}{\frac{\pi}{4} \cdot 3600 \cdot (D_{\text{well}}^2 [\text{м}^2] - d_{\text{motor}}^2 [\text{м}^2])}$$

При условии наличия достаточного охлаждения двигателя в течение всего времени эксплуатации, то есть обеспечения скорости потока в соответствии с требованиями, приведенными в таблице, другие меры не требуются.

Примечание:

Если это требование не удовлетворено, важно, чтобы был уменьшен диаметр скважины с помощью охлаждающего кожуха, для увеличения скорости потока вдоль двигателя.

Расчет для выбранного двигателя:

$$v_F \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] = \frac{120 [\text{м}^3/\text{ч}]}{\frac{\pi}{4} \cdot 3600 \cdot (0.32^2 [\text{м}^2] - 0.141^2 [\text{м}^2])}$$

$$v_F = 0.51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Результат:

Скорость потока соответствует условию $v_F \geq v_{F \text{ min}}$ и значит достаточна. Таким образом, для этой рабочей точки обеспечено условие охлаждения двигателя $0.5 \text{ м/с} \geq 0.20 \text{ м/с}$. Другие меры не требуются.

*v_F – скорость потока жидкости
Q – расход, м³/ч
D – диаметр скважины и двигателя, м
f – частота
f_{min} – минимальная частота*

Максимальный диаметр скважины при работе без охлаждающей рубашки

Ø двигателя – 141 мм
 Ø скважины – 320 мм
 Расход – 120 м³/ч (33.33 л/с)

Исходя из нормативных условий вычисления скорости потока, каким будет максимальный диаметр скважины, обеспечивающий достаточное охлаждение двигателя?

В вычислении максимального диаметра скважины используется скорость потока:

$$D_{\max_{\text{well}}} [\text{м}] = \sqrt{\frac{Q [\text{м}^3/\text{ч}]}{v_F \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 3600} + d_{\text{motor}}^2 [\text{м}^2]}$$

$$D_{\max_{\text{well}}} [\text{м}] = \sqrt{\frac{120 [\text{м}^3/\text{ч}]}{0.2 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 3600} + 0.141^2 [\text{м}^2]}$$

$$D_{\max_{\text{well}}} = 0.48 [\text{м}]$$

Примечание:

В этой зависимости игнорируются другие влияющие факторы, такие как частичная нагрузка и перегрузка насоса, а также увеличение температуры жидкости.

Вместе с определением максимального диаметра скважины также могут быть определены ограничения использования двигателей без охлаждающих рубашек, исходя из заданных изготовителем и свойственных для конкретного двигателя кривых рабочих характеристик.

Примечание:

При необходимости по соответствующим вычислениям можно обратиться за помощью к программному обеспечению для проектирования насоса.

Скорость потока в зависимости от регулирования скорости

Регулирование скорости выбранного насоса может быть достигнуто посредством преобразователя частоты. Следует проверить обеспечение необходимого охлаждения двигателя по всему диапазону регулирования скорости насоса ($f_{\min} = 30$ Гц и $f_{\max} = 50$ Гц).

Примечание:

Указанные диапазоны регулирования (f_{\min}/f_{\max}) зависят от серии / типоразмера и их следует проверить отдельно, консультируясь с изготовителем в процессе подбора.

Закон подобий предлагает общую зависимость:

$$\frac{Q_{\text{новый}}}{Q_{\text{предыдущий}}} = \left(\frac{n_{\text{новый}}}{n_{\text{предыдущий}}} \right)$$

Относительно диапазона регулирования насоса это дает:

$$\frac{Q_{f \min}}{Q_{f \text{Nominal}}} = \left(\frac{n_{\min}}{n_{\text{Nominal}}} \right)$$

Поэтому расход при минимальной частоте равен:

$$Q_{f \min} = \left(\frac{n_{\min}}{n_{\text{Nominal}}} \right) \cdot Q_{f \text{Nominal}}$$

$$Q_{f \min} = \left(\frac{1740 [\text{min}^{-1}]}{2900 [\text{min}^{-1}]} \right) \cdot 120 [\text{м}^3/\text{ч}]$$

$$Q_{f \min} = 72 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Из этого мы получаем результат для преобладающей скорости потока вдоль оси двигателя при минимальной частоте f_{\min} и минимальном расходе:

$$v_{F f \min} \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] = \frac{72 [\text{м}^3/\text{ч}]}{\frac{\pi}{4} \cdot 3600 \cdot (D_{\text{well}}^2 [\text{м}^2] - d_{\text{motor}}^2 [\text{м}^2])}$$

$$v_{F f \min} \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] = \frac{Q_{f \min} [\text{м}^3/\text{ч}]}{\frac{\pi}{4} \cdot 3600 \cdot (0.32^2 [\text{м}^2] - 0.141^2 [\text{м}^2])}$$

$$v_{F f \min} = 0.3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Результат:

При скорости потока 0.3 м/с в условиях управления по скорости, даже при минимальной частоте и минимальном расходе, обеспечивается необходимое охлаждение двигателя. Таким образом, при работе в пределах диапазона регулирования скорость не является критичной с точки зрения нагрева.

Примечание:

Если охлаждение двигателя не может быть обеспечено, важно, чтобы был установлен охлаждающий кожух. Тогда для любого пересчета в соответствии с зависимостью [1] следует использовать равенство:
 $D_{\text{well}} = D_{\text{Cooling jacket}} (D_{\text{скважины}} = D_{\text{охлаждающего кожуха}})$.

Проверка потребности в гидравлической мощности (на валу насоса – P2)

Требуемую мощность для выбранного насоса следует определять по всему диапазону эксплуатационных характеристик. Определение мощности следует выполнять для следующих точек:

- Q_{opt} (рабочая точка)
- Q_{max}
- Q_{min}

Потребность в гидравлической мощности для насоса определяется из следующей общей зависимости:

$$P_{\text{Pump (req.)}} = \frac{Q \text{ [m}^3\text{/h]} \cdot H \text{ [m]}}{367 \cdot \eta_{\text{Pump}} \text{ [l]}}$$

Из соответствующих данных для рабочих точек вычисляются следующие показатели требуемой мощности с использованием формулы для P_{pump (req)} и прилагаемых данных:

	Объемный расход Q [м³/ч]	Гидравлический напор H [м]	КПД η [%]
Q _{opt}	129	68.8	80
Q _{max}	204	23.4	48
Q _{min}	35.9	92.7	35

$$P_{\text{pump (Q}_{\text{min}})} = \frac{Q_{\text{min}} \text{ [м}^3\text{/ч]} \cdot H_{\text{Q}_{\text{min}}} \text{ [м]}}{367 \cdot \eta_{\text{pumpQ}_{\text{min}}} \text{ [l]}} = \frac{35.9 \text{ [м}^3\text{/ч]} \cdot 92.7 \text{ [м]}}{367 \cdot 0.35 \text{ [l]}} = 25.9 \text{ [кВ]}$$

$$P_{\text{pump (Q}_{\text{opt}})} = \frac{Q_{\text{opt}} \text{ [м}^3\text{/ч]} \cdot H_{\text{Q}_{\text{opt}}} \text{ [м]}}{367 \cdot \eta_{\text{pumpQ}_{\text{opt}}} \text{ [l]}} = \frac{129 \text{ [м}^3\text{/ч]} \cdot 68.8 \text{ [м]}}{367 \cdot 0.80 \text{ [l]}} = 30.2 \text{ [кВ]}$$

$$P_{\text{pump (Q}_{\text{max}})} = \frac{Q_{\text{max}} \text{ [м}^3\text{/ч]} \cdot H_{\text{Q}_{\text{max}}} \text{ [м]}}{367 \cdot \eta_{\text{pumpQ}_{\text{max}}} \text{ [l]}} = \frac{204 \text{ [м}^3\text{/ч]} \cdot 23.4 \text{ [м]}}{367 \cdot 0.48 \text{ [l]}} = 27.1 \text{ [кВ]}$$

Результат:

Для всех рассматриваемых рабочих точек требуемая мощность для насоса находится в пределах диапазона располагаемой мощности двигателя. Таким образом, выбранный двигатель подходит для насоса.

Примечание:

Потребность насоса в гидравлической мощности не должна превышать расчетную мощность двигателя (риск перегрева двигателя). Кроме того, на потребность насоса в гидравлической мощности могут существенно влиять внешние факторы, такие как изменения скорости (сверхсинхронный режим, неспособность поддерживать минимальный расход), колебания напряжения или неблагоприятные условия притока.

Конструкция кабеля

Выбранный насос следует оснащать кабелем увеличенной длины. Расстояние между перекрытием скважины и распределительным щитом / источником питания LSupply – 200 м.

Необходимое сечение кабеля A_{min} следует вычислять из условия, чтобы требуемый медный проводник обеспечивал падение напряжения, не превышающего допустимый максимум 3%!

$$A_{\text{min Cable}} \text{ [mm}^2\text{]} = \frac{\sqrt{3} \cdot L_{\text{Cable}} \text{ [m]} \cdot I_{\text{N}} \text{ [A]} \cdot \cos\varphi \text{ [l]}}{U_{\text{A}} \text{ [V]} \cdot \kappa \left[\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right]}$$

Следующие данные для двигателя известны из конструкции насоса:

- Номинальное напряжение двигателя: U_N = 400 В
- Расчетный ток двигателя: I_R = 77 А
- Коэффициент мощности двигателя: cosφ = 0.83

Также известны следующие данные:

- Общая длина кабеля: L_{Cable} = H_i + L_{Supply} (см. конструкция гидравлической системы)
L_{Cable} = 70 м + 200 м = 270 м
- Падение напряжения: U_A = 3% · U_N = 3% · 400 В = 12 В

Удельная проводимость меди: K_{Copper} = 56 $\left[\frac{\text{M}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right]$

Это дает следующее минимальное необходимое сечение проводника:

$$A_{\text{min Cable}} \text{ [mm}^2\text{]} = \frac{\sqrt{3} \cdot 270 \text{ [m]} \cdot 77 \text{ [A]} \cdot 0.83 \text{ [l]}}{12 \text{ [V]} \cdot 56 \left[\frac{\text{M}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right]} = 44.5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Результат:

Минимальное необходимое сечение кабеля для заданной длины 270 м составляет 44,5 мм². Ближайшее большее стандартное сечение кабеля – 50 мм².



Вопросы потенциального снижения потребления электроэнергии для погружного насоса

При рассмотрении вопроса о приобретении нового или замене существующего насоса для нужд водоснабжения часто в качестве главного критерия для принятия решения о выборе берется закупочная цена. Но оборудование, цена которого кажется выгодной для покупателя, впоследствии часто может оказаться гораздо дороже из-за существенных эксплуатационных затрат, вызванных высоким потреблением энергии или частыми отказами. То, что на первый взгляд кажется экономией затрат, в долгосрочной перспективе может превратиться в свою противоположность.

В этом контексте мы рекомендуем анализировать затраты полного срока эксплуатации, начиная с фазы проектирования. При этом учитываются все затраты, которые возникают в течение всего цикла срока службы насоса. Такой всесторонний подход позволяет делать выбор оптимально подходящей модели насоса для соответствующего варианта применения, включая низкие эксплуатационные расходы.

Анализ затрат полного срока эксплуатации детально учитывает инвестиционные затраты, затраты на монтаж и ввод в эксплуатацию, совместно с расходами на энергоносители и текущими эксплуатационными расходами, расходами на техническое обслуживание, затратами на ремонт, затратами на невыполненное обслуживание, а также утилизацию.

Элементы анализа затрат полного срока эксплуатации могут быть выражены следующим образом:

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d$$

- LCC – затраты полного срока эксплуатации
- C_{ic} – затраты на приобретение (закупочная цена)
- C_{in} – затраты на монтаж и ввод в эксплуатацию
- C_e – стоимость энергоносителей
- C_o – эксплуатационные расходы
- C_m – расходы на техобслуживание и ремонт
- C_s – затраты на невыполненное обслуживание
- C_{env} – затраты на охрану окружающей среды
- C_d – затраты на списание и утилизацию

Оценка затрат полного срока эксплуатации погружных насосов, предназначенных для использования в буровых скважинах

Самый важный фактор, который следует учесть при использовании погружных насосов в буровых и вертикальных скважинах, – длительный срок службы.

Срок службы погружного насоса, который используется для коммунального водоснабжения и устанавливается, например, в глубокой скважине, зависит от множества факторов. Они включают чистоту перекачиваемой жидкости и дебит скважины, а также регулирование мощности насоса и используемые материалы.

Причинами ухудшения состояния оборудования скважины, включая технику для перекачки, являются физические, химические и бактериологические процессы, которые вызывают заиливание, отверждение отложений и коррозию. Практически это означает осаждение веществ, которые возникают в результате химического осаждения, механической инфильтрации или биологических процессов обмена веществ. Это может привести к понижению эксплуатационного уровня воды, в результате от погружного насоса потребуются подача жидкости с более высоким напором, что ухудшает его эффективность. Это имеет отрицательное воздействие на срок службы насоса, потому что его эксплуатация будет происходить не в той рабочей точке, для которой он был первоначально спроектирован.

Затраты на приобретение погружного насоса составляют только относительно малую часть затрат полного срока эксплуатации – для установок подачи питьевой воды они составляют в среднем только 5%. Затраты на списание еще ниже, только 1%. Расходы на техническое обслуживание занимают 10%, а максимальную величину составляют энергетические затраты – в пределах 84 %.

Низкие затраты на полный срок эксплуатации и длительный срок службы насоса тесно связаны друг с другом. Как правило, погружной насос, управление которым исходит из фактических потребностей и имеющий низкую потребность в техническом обслуживании, имеет более длительный срок службы, чем установка, которая должна непрерывно работать на полной мощности. По этой причине она имеет более высокую частоту отказов и оказывает большую нагрузку на материалы, входящие в ее конструкцию. Оптимальный выбор насоса достигается только в случае, если он вытекает из точного проектирования, основанного на гидравлических характеристиках и, в частности, из точного знания характеристик перекачиваемой жидкости.

Погружной насос следует выбирать, исходя из следующих факторов:

- типа перекачиваемой жидкости, включая дополнительное присутствие твердых примесей, ее температуру, гидравлические характеристики, ожидаемый срок службы;
- графика зависимости потребления от времени (профиль нагрузки);
- ситуации на месте установки и конструкционных материалов.

После этого выполняется анализ затрат полного срока эксплуатации для данной конструкции погружного насоса (см. раздел «Конструкция погружного насоса») с фокусированием внимания на затратах на энергоносители (Се), которые являются самым большим источником затрат. Определяются меры по оптимизации, вычисляются их соответствующие показатели потенциальной экономии, а также период амортизации дополнительных затрат на осуществление мер по оптимизации.

Ниже подробно проанализированы следующие ситуации:

Погружной насос

1. Стандартной конструкции
2. С оптимизацией рабочего колеса
3. С оптимизацией двигателя
4. С покрытием материалов конструкции
5. С оптимизацией кабеля
6. Итоговый статус оптимизации (полный эффект) по сравнению со стандартной конструкцией.

Пример 1: Погружной насос стандартной конструкции

Погружной насос, приведенный в данном разделе, имеет следующие стандартные расчетные данные:

Технические данные						
Обозначение устройства		NK 87-4 NU 801-2/45				
Насос		NK 87				
Количество ступеней		4				
Двигатель		NU 801-2/45				
Диаметр рабочего колеса	мм	142				
Данные рабочей точки						
Объемный расход	Q [м³/ч]	126.99				
Гидравлический напор	H [м]	72.6				
Мощность на валу P ₂	кВт	32				
КПД насоса	%	80.3				
Потребление энергии P ₁	кВт	37.5				
Двигатель (типоразмер)	дюйм	8"				
Тип		NU 801-2/45				
Мощность	кВт	37				
Напряжение	В	400				
Частота	Гц	50				
Потребление энергии при номинальной мощности	кВт	44				
Потребляемый ток при номинальной мощности	А	74				
Номинальная скорость	об / мин	2,893				
Рабочая нагрузка	%	125	100	75	50	25
cos φ		0.87	0.86	0.82	0.71	0.51
КПД	%	81.4	84.6	85.5	82.3	71.3
Сечение кабеля	мм²	4G16				

Оценка потенциальной экономии энергии

Меры по оптимизации:	не применяются
Эксплуатационные часы/год [ч/год]	4 000
Потребление энергии [кВт]	37.5
Это дает ежегодное потребление энергии:	4 000 ч/год × 37.5 кВт = 150 000 кВтч/год

Эффект экономии энергии

Поскольку не были предприняты какие-либо меры по оптимизации конструкции, экономия энергии отсутствует.

Пример 2: Погружной насос с оптимизацией рабочего колеса

Уменьшение диаметра рабочего колеса необходимо для оптимизации рабочей точки насоса. Результат – пониженное потребление энергии P_1 [кВт] по причине снижения мощности на валу насоса P_2 [кВт]

Технические данные						
Обозначение устройства		NK 87-4 NU 801-2/45				
Насос		NK 87				
Количество ступеней		4				
Двигатель		NU 801-2/45				
Диаметр рабочего колеса	мм	131.6				
Данные рабочей точки						
Объемный расход	Q [м³/ч]	120				
Гидравлический напор	H [м]	65				
Мощность на валу P_2	кВт	26.7				
КПД насоса	%	79.5				
Потребление энергии P_1	кВт	32				
Двигатель (размер)	дюйм	8"				
Тип		NU 801-2/45				
Мощность	кВт	37				
Напряжение	В	400				
Частота	Гц	50				
Потребление энергии при номинальной мощности	кВт	44				
Потребляемый ток при номинальной мощности	А	74				
Номинальная скорость	об / мин	2,893				
Рабочая нагрузка	%	125	100	75	50	25
cos φ		0.87	0.86	0.82	0.71	0.51
КПД	%	81.4	84.6	85.5	82.3	71.3
Сечение кабеля	мм²	4G16				

Оценка потенциальной экономии энергии

Меры по оптимизации: оптимизация путем уменьшения диаметра рабочего колеса

Эксплуатационные часы /год [ч /год] 4 000

Потребление энергии [кВт] 32

Ежегодное потребление энергии: 4 000 ч/год × 32 кВт = **128 000 кВтч /год**

Эффект экономии энергии

В этой конструкции применены меры по оптимизации, которые имеют следующее влияние на затраты полного срока эксплуатации:

Ежегодная экономия энергии [кВтч /год] 150 000 кВтч/год – 128 000 кВтч /год = **22 000 кВтч /год**

Ежегодная экономия энергии [%] приблизительно 15%

При дальнейших общих условиях:

- Относительно дополнительных затрат по оптимизации = затраты на приобретение (Cic):
Дополнительные затраты по оптимизации [€]: 300
- Цена за электроэнергию [€/кВтч]: 0.20

Это приводит к ежегодной экономии: 22 000 кВтч /год × 0.20 €/кВтч = **4 400 € /год**

Срок амортизации (окупаемость инвестиций): 300 € / 4,400 € /год = 0.07 года = **26 дней**

Пример 3: Погружной насос с оптимизацией двигателя

Дополнительный выбор оптимизированного типоразмера двигателя меньшей мощности, описанный в Примере 3, позволяет согласовать требования по электрической мощности двигателя P_1 [кВт] и фактическую потребность в гидравлической мощности погружного насоса. Результат – оптимизированная с точки зрения электропитания рабочая точка двигателя, в максимально возможной степени удаленная от предельных значений частичной нагрузки и перегрузки.

Технические данные						
Обозначение устройства		NK 87-4S NU 611-2/34				
Насос		NK 87				
Количество ступеней		4				
Двигатель		NU 611-2/34				
Диаметр рабочего колеса	мм	135.1				
Данные рабочей точки						
Объемный расход	Q [м³/ч]	120				
Гидравлический напор	H [м]	65				
Мощность на валу P_2	кВт	27.5				
КПД насоса	%	79.7				
Потребление энергии P_1	кВт	32.5				
Двигатель (размер)	дюйм	6"				
Тип		NU 611-2/34				
Мощность	кВт	34				
Напряжение	В	400				
Частота	Гц	50				
Потребление энергии при номинальной мощности	кВт	40.5				
Потребляемый ток при номинальной мощности	А	71				
Номинальная скорость	об / мин	2,830				
Рабочая нагрузка	%	125	100	75	50	25
cos φ		0.84	0.83	0.78	0.67	0.48
КПД	%	83	84.1	82.9	78.2	65.9
Сечение кабеля	мм²	2 × 4G4				

Оценка потенциальной экономии энергии

Меры по оптимизации: оптимизация путем уменьшения диаметра рабочего колеса + оптимизация мощности двигателя

Эксплуатационные часы /год [ч /год] 4 000

Потребление энергии [кВт] 32.5

Это дает ежегодное потребление энергии: 4 000 ч/год × 32.5 кВт = **130 000 кВтч /год**

Эффект экономии энергии

В этой конструкции применены меры по оптимизации, которые имеют следующее влияние на затраты полного срока эксплуатации:

Ежегодная экономия энергии [кВтч /год] 150 000 кВтч /год – 130 000 кВтч /год = **20 000 кВтч /год**

Ежегодная экономия энергии [%] приблизительно 13%

При следующих общих условиях:

- Относительно дополнительных затрат на оптимизацию = затраты на приобретение (Cic):
Снижение расходов благодаря переходу на 6" двигатель: 5 699 – 3 797 = 1 872,
коррекция на (-300.-) = снижение расходов, равное 1 572 €
и дополнительно: -1 572 € / в 1-й год
- Цена на электроэнергию [€/кВтч]: 0.20

Это приводит к ежегодной экономии: 20 000 кВтч /год × 0.20 €/кВтч = **4 000 € /год**
плюс одноразовая экономия 1 573 € в 1-ом году

Пример 4: Погружной насос с оптимизацией материалов

Дополнительный выбор оптимизированных материалов наружных поверхностей деталей погружного насоса (в качестве варианта, например, покрытие Wilo Ceram-CT), описанный в Примере 4, позволяет снижать гидравлические потери благодаря лучшим поверхностным характеристикам. В зависимости от типоразмера насоса, достижимо увеличение КПД до 3%.

Технические данные	
Обозначение устройства	NK 87-4S CT NU 611-2/34
Насос	NK 87
Количество ступеней	4
Двигатель	NU 611-2/34
Диаметр рабочего колеса	мм 132.1
Данные рабочей точки	
Объемный расход	Q [м³/ч] 120
Гидравлический напор	H [м] 65
Мощность на валу P ₂	кВт 26.5
КПД насоса	% 81.8
Потребление энергии P ₁	кВт 31.5
Двигатель (размер)	дюйм 6"
Тип	NU 611-2/34
Мощность	кВт 34
Напряжение	В 400
Частота	Гц 50
Потребление энергии при номинальной мощности	кВт 31.5
Потребляемый ток при номинальной мощности	А 71
Номинальная скорость	об / мин 2,830
Рабочая нагрузка	% 125 100 75 50 25
cos φ	0.84 0.83 0.78 0.67 0.48
КПД	% 83 84.1 82.9 78.2 65.9
Сечение кабеля	мм² 2 × 4G4

Оценка потенциальной экономии энергии

Меры по оптимизации: оптимизация путем уменьшения диаметра рабочего колеса
+ оптимизация мощности двигателя
+ оптимизация путем изменения материала покрытия наружной поверхности

Эксплуатационные часы / год [ч / год] 4 000
Потребление энергии [кВт] 31.5
Это дает ежегодное потребление энергии: 4 000 ч / год × 31.5 кВт = **126 000 кВтч / год**

Эффект экономии энергии

Ежегодная экономия энергии [кВтч / год] 150 000 кВтч / год – 126 000 кВтч / год = **24 000 кВтч / год**
Ежегодная экономия энергии [%] приблизительно 16%

При следующих общих условиях:

- Относительно дополнительных затрат на оптимизацию = затраты на приобретение (C_{ic}): снижение затрат по сравнению с Примером 1: 1 572 (из примера 3 – CT – 644.– = 928 €
- Цена на электроэнергию [€/кВтч]: 0.20

Это приводит к ежегодной экономии: 24 000 кВтч / год × 0.20 € / кВтч = **4 800 € / год**

Пример 5: Погружной насос с оптимизацией кабеля

Дополнительная оптимизация сечения кабеля, описанная в Примере 5, позволяет существенно снизить падение напряжения по всей длине кабеля, таким образом минимизируя потери в кабеле / проводах электропередачи, как часть полного потребления энергии. Это положительно сказывается на потреблении электрической энергии скважинным насосом, так как КПД полной системы улучшается пропорционально каждой составляющей:

$$\eta_{\text{System}} = \eta_{\text{Pump}} \cdot \eta_{\text{Motor}} \cdot \eta_{\text{Cable}}$$

Примечание:

В расчете используется длина кабеля 270 м, определенная в разделе 1 «Конструкция погружного насоса». Результат расчета кабеля дал для этой длины размер сечения кабеля 50 мм².

Технические данные	
Обозначение устройства	NK 87-4S CT NU 611-2/34
Насос	NK 87
Количество ступеней	4
Двигатель	NU 611-2/34
Диаметр рабочего колеса	мм 134.9
Данные рабочей точки	
Объемный расход	Q [м³/ч] 120
Гидравлический напор	H [м] 65
Мощность на валу P ₂	кВт 26
КПД насоса	% 81.3
Потребление энергии P ₁	кВт 31.5
Потребляемый ток I (исходя из кривой характеристик двигателя)	А 58

Расчет потерь энергии в кабеле выполняется в соответствии со следующим уравнением

$$P_{V \text{ Cable}} [\text{Вт}] = \frac{3 \cdot I^2 [A] \cdot L_{\text{Cable}} [M]}{A_{\text{Cable}} [\text{мм}^2] \cdot k \left[\frac{M}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \right]}$$

P_{L Cable} – потери энергии в кабеле
I – потребляемый ток
L_{Cable} – длина кабеля
A_{Cable} – сечение кабеля
K – удельная проводимость меди = 56

Это дает следующие величины для потери энергии в кабеле:

Стандартное сечение кабеля 3 × 1 × 50 мм²

$$P_{V \text{ Cable}} [\text{кВт}] = \frac{3 \cdot (58)^2 [A] \cdot 270 [M]}{50 [\text{мм}^2] \cdot 56 \left[\frac{M}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \right]} = 970 \text{ Вт} = 0,97 \text{ кВт}$$

Оптимальное сечение кабеля 3 × 1 × 70 мм²

$$P_{V \text{ Cable}} [\text{кВт}] = \frac{3 \cdot (58)^2 [A] \cdot 270 [M]}{70 [\text{мм}^2] \cdot 56 \left[\frac{M}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2} \right]} = 695 \text{ Вт} = 0,7 \text{ кВт}$$

Разность потерь энергии в кабеле

$$\Delta P_{V \text{ Cable}} [\text{кВт}] = 0,97 \text{ кВт} - 0,70 \text{ кВт} = 0,27 \text{ кВт}$$

Оценка потенциальной экономии энергии

Меры по оптимизации:	оптимизация путем уменьшения диаметра рабочего колеса + оптимизация мощности двигателя + оптимизация путем изменения материала покрытия наружной поверхности + оптимизация сечения кабеля до 70 мм ²
Эксплуатационные часы / год [ч/год]	4 000
Разность потерь энергии [кВт]	
при переходе с 50 мм ² на 70 мм ²	0.27
длина кабеля [м]	270

Эффект экономии энергии

В этой конструкции применены меры по оптимизации, которые имеют следующее влияние на затраты полного срока эксплуатации:

Ежегодное потребление энергии при сечении провода 50 мм ² :	4 000 ч / год × 0.97 кВт = 3 880 кВтч / год
Ежегодное потребление энергии при сечении провода 70 мм ² :	4 000 ч / год × 0.70 кВт = 2 800 кВтч / год
Ежегодная экономия энергии:	4 000 ч / год × 0.27 кВт = 1 080 кВтч / год

При следующих общих условиях:

- Дополнительные затраты на оптимизацию = затраты на приобретение (Cic):
Дополнительные расходы на оптимизацию [€ / м, переход с 50 мм² на 70 мм²]: 5
- Полные дополнительные затраты для длины 270 м: 5.40 € / м × 270 м = 1 458 €
- Цена на электроэнергию [€ / кВтч]: 0.20

Это приводит к ежегодной экономии: 1 080 кВтч/год × 0.20 € / кВтч = **216 € / год**

Период амортизации (срок окупаемости инвестиций): 1 350 € / 216 € / год = **6.25 лет**

Примечание:

Несмотря на более длительный период окупаемости для данных мер по оптимизации, благодаря фактическому времени работы, имеющему место на практике (в частности, для погружных насосов большой мощности > 200 кВт при эксплуатации в непрерывном режиме S1 в течение более 10 лет), они представляют собой существенный вклад в оптимизацию насосной системы и в сокращение затрат полного срока эксплуатации.

Пример 6: Итоговый статус оптимизации (полный эффект) по сравнению со стандартной конструкцией

В итоге меры по оптимизации объединяются в целостный пакет для конечной оценки их влияния для отображения полной потенциальной экономии и их эффекта.

Технические данные		Стандартная конструкция					Оптимизированная конструкция				
Обозначение устройства		NK 87-4 NU 801-2/45					NK 87-4S CT NU 611-2/34				
Насос		NK 87					NK 87				
Количество ступеней		4					4				
Двигатель		NU 801-2/45					NU 611-2/34				
Диаметр рабочего колеса	мм	142					134.9				
Данные рабочей точки											
Объемный расход	Q [м ³ /ч]	120					120				
Гидравлический напор	H [м]	65					65				
Мощность на валу P ₂	кВт	32					26				
КПД насоса	%	80.3					81.3				
Потребление энергии P ₁	кВт	37.5					31.5				
Двигатель (размер)	дюйм	8"					6"				
Тип		NU 801-2/45					NU 611-2/34				
Мощность	кВт	37					34				
Напряжение	В	400					400				
Частота	Гц	50					50				
Потребление энергии при номинальной мощности	кВт	44					31.5				
Потребляемый ток при номинальной мощности	А	74					71				
Номинальная скорость	об / мин	2,893					2,830				
Рабочая нагрузка	%	125	100	75	50	25	125	100	75	50	25
cos φ		0.87	0.86	0.82	0.71	0.51	0.84	0.83	0.78	0.67	0.48
КПД	%	81.4	84.6	85.5	82.3	71.3	83	84.1	82.9	78.2	65.9
Сечение кабеля	мм ²	3 × 1 × 50 мм ²					3 × 1 × 70 мм ²				

Итоговая оценка

Пример	Меры оптимизации	Ежегодное потребление энергии [кВтч/год]	Ежегодная экономия энергии [кВтч/год]	Влияние экономии энергии как доля от затрат энергии исходной конструкции [%]	Ежегодная экономия затрат на электроэнергию [€ / год] *	Период окупаемости дополнительной инвестиции (год)
1	Не применяются (исходная конструкция)	150,000	–	–	–	–
2	Оптимизация рабочего колеса	128,000	22,000	15	4,400	0.07
3	Оптимизация двигателя	130,000	20,000	13	4,000	Дополнительная инвестиция не требуется, так как фактически взят двигатель меньшего типоразмера
4	Оптимизация материала покрытия Ceram CT	126,000	24,000	16	4,800	Дополнительная инвестиция не требуется, так как фактически взят двигатель меньшего типоразмера
5	Оптимизация сечения кабеля	2,800	1,080	1	216	6.25
Общий эффект от оптимизации					5,016	

* При цене за единицу электроэнергии = 0.20 € / кВтч



Установка и ввод в эксплуатацию погружных насосов

При установке погружного насоса, следует следить за выполнением следующих пунктов:

- Перед установкой проверьте насос на наличие повреждений при транспортировке.
- Грузоподъемность подъемного механизма должна соответствовать предполагаемой нагрузке.
- В поставку следует включить комплектующую водоподъемную трубу.
- Силовые кабели должны быть рассчитаны на обеспечение безопасной работы и удобства установки/демонтажа.
- Кабельные зажимы следует выбирать в соответствии с размером кабеля.
- Кабельные зажимы следует установить выше и ниже фланцевого соединения.
- Рекомендуется по два кабельных зажима / скобы для подвески труб для каждой водоподъемной трубы (5–6 м) и для каждого силового кабеля, если сечение кабеля не превышает 25 мм². Для больших сечений кабеля рекомендуются интервалы 1–3 м.
- Насос не следует устанавливать в фильтрующей секции.
- Рекомендуется защита от сухого хода с целью защиты гидравлической системы насоса.

Перед вводом в эксплуатацию погружного насоса проверьте соответствие указаниям инструкций по электрическому и механическому оборудованию.

В обязательном порядке следуйте инструкциям изготовителя.

Электрооборудование

- Правильная работа всех защитных устройств и выключателя аварийной остановки.
- Кабель, прокладываемый к шкафу выключателя, не должен иметь петель (во избежание эффекта индукции).
- Устойчивое напряжение в источнике питания.
- Проверка источника питания, кабелей управления и соединительных кабелей.
- Гарантирование правильного направления вращения поля.
- Установка параметров защиты двигателя в соответствии с номинальным расходом насоса.
- Проверка изоляции обмоток двигателя.
- В случае управления двигателем через преобразователь частоты, проконсультируйтесь с изготовителем.
- То же касается инструкций по входному / выходному фильтру.

Механическое оборудование

- Проверка заполнения двигателя.
- Крепление насоса, в зависимости от типа.
- Правильное прикрепление трубопровода.
- Гарантирование достаточной высоты столба воды над насосом.
- При запуске насоса золотниковый клапан на напорной стороне следует держать частично открытым.

Рекомендуемые меры по устранению неисправностей

Причина	Решение
Неправильное направление вращения	Поменяйте местами 2 фазы кабеля сетевого питания
Рабочее колесо заклинено или заедает	Выключите машину, гарантируйте невозможность ее несанкционированного включения и освободите рабочее колесо
Срабатывает тепловой выключатель в переключателе защиты двигателя	Специалист по электрооборудованию двигателей насосов должен сравнить настройку привода с техническими требованиями и исправить ее в случае необходимости
Увеличенное потребление тока по причине значительного падения напряжения	Специалист по электрооборудованию должен проверить величины напряжения отдельных фаз и изменить их подсоединение в случае необходимости
Чрезмерная разность напряжения между 3 фазами	Специалист по электрооборудованию должен проверить соединения и распределительное устройство и отрегулировать реле обрыва фазы в случае необходимости
Машина выходит за пределы допустимого диапазона эксплуатационных характеристик	Проверьте рабочие данные и исправьте их и /или рабочие условия в случае необходимости
Всасывающий фильтр и /или рабочее колесо засорены	Очистите всасывающий фильтр и /или рабочее колесо
Недопустимо высокое содержание выделяемого газа в перекачиваемой жидкости	Проконсультируйтесь с заводом-изготовителем
Воздух в системе	Проверьте трубы, нагнетательное центробежное колесо и /или насос и стравите воздух в случае необходимости
Насос работает с избыточным давлением	Проверьте золотниковый клапан в напорной трубе и откройте его полностью в случае необходимости, используйте другое рабочее колесо, проконсультируйтесь с изготовителем
Обрыв питания, короткое замыкание или замыкание на землю кабеля и /или обмотки двигателя	Специалист должен проверить кабель и двигатель и в случае необходимости заменить
Выключение миниатюрных выключателей, выключения защиты двигателя и/или контролирующих устройств	Специалист должен проверить соединения и заменить их в случае необходимости Установите и настройте параметры защитных выключателей двигателя и миниатюрных выключателей согласно техническим инструкциям, переустановите контролирующие устройства Проверьте свободное вращение рабочего колеса. В случае необходимости очистите его и гарантируйте свободное вращение

Инструкции, касающиеся установки насоса на опоры

Правильная установка	Неправильная установка:
<ul style="list-style-type: none"> Вертикальная установка предотвращает изгиб насоса Морозостойкая установка внутри помещений Защита от воздействий непогоды и излучения 	<ul style="list-style-type: none"> Горизонтальная установка – исключает риск изгиба / напряжения в гидравлической системе Повреждение от действия мороза в случае наружной установки

Замечания по установке

	Причина возможной неисправности	Способ устранения
• Прокладка кабеля внутри зданий	<ul style="list-style-type: none"> Повышенный нагрев кабеля по причине неправильного расположения двигателя или слишком близкого размещения кабелей друг к другу Риск возгорания кабелей Избегайте возникновения петель кабеля (во избежание эффекта индукции) – это приводит к повышению затрат на электроэнергию 	<ul style="list-style-type: none"> Заранее проверьте условия на месте и учитывайте их при проектировании установки. Выберите соответственно длину и сечение кабеля
• Источник питания	<ul style="list-style-type: none"> Двигатели будут иметь неравномерную нагрузку, если перепад напряжения сетевого питания будет чрезмерным Увеличивается нагрузка на двигатель Риск двухфазного режима работы 	<ul style="list-style-type: none"> В случае необходимости установите реле обрыва фазы в распределительном шкафу
• Подключение к электросети	<ul style="list-style-type: none"> Нерабочее состояние контролирующих устройств 	<ul style="list-style-type: none"> Кабели питания и управления следует должным образом разделить
• Оголовок скважины	<ul style="list-style-type: none"> Повреждение насосом стенки скважины по причине недостаточно прочного крепления насоса к оголовку скважины Неравномерное охлаждение двигателя по причине колебаний скорости потока 	<ul style="list-style-type: none"> Установите силиконовое уплотнение фланца Освободите сечение для прохода потока Установите охлаждающий кожух Установите охлаждающую рубашку в трубе
• Выпускные клапаны в напорной трубе (вантузы)	<ul style="list-style-type: none"> Формирование включений воздуха в напорной трубе Гидравлический удар может вызвать значительные повреждения напорных труб, клапанов и гидравлических устройств Выпускной клапан установлен в самой высокой точке Или в любой другой достаточно высоко расположенной точке трубопровода 	<ul style="list-style-type: none"> Установите воздушные и выпускные клапаны (BEV) в самых высоких точках напорных труб, перед и /или после управляющих клапанов, после мест значительного увеличения площади сечения труб, за обратными клапанами дросселя и за питающими насосами Стравливание в самой высокой точке запрещено Риск гидравлического удара, когда насос выключен. Выполните расчет скачков давления
• Выбор материала	<ul style="list-style-type: none"> Образование отложений на двигателе по причине плохого теплового рассеяния Увеличенный износ гидравлической системы из-за низкого КПД Отсутствие коррозии и износа материала Обеспечивает длительную эксплуатационную надежность насоса Понижает расходы 	<ul style="list-style-type: none"> Извлеките агрегат, очистите его и в случае необходимости выполните капитальный ремонт Сильная коррозия приводит к высокому износу Малый срок поддержания эксплуатационной надежности Приводит к повышению расходов



Приложение

Словарь терминов

Термин	Определение
Люк доступа	Отверстие в верхней части ствола скважины с лестницей доступа и крышкой ствола
Адгезионный гравийный фильтр	Полый блок из гравийного наполнителя, напессованный на секцию трубы длиной 1 м. Используется преимущественно в отрасли по добыче лигнита, а не в водоснабжении, поскольку он легко вычерпывается
Водоносный пласт	См. канал грунтовой воды
Артезианская вода	Вода, которая поступает под давлением из канала подземной воды через пробуренную скважину к поверхности в точке разбора
Водоподъемная труба	Соединение между оголовком скважины и погружным насосом, подвешенным в скважине
BWSP	Эксплуатационный уровень воды
Хлорсодержащий отбеливатель	См. хлорноватоокислый натрий
Очистка	Механическая очистка внутренних стенок труб
Защита от коррозии	Покрытие для защиты стальных труб в скважине
Величина ΔH	Разность между уровнем воды в скважине и уровнем гравийной обсыпки во время работы насоса
Удаление песка	Периодическое выкачивание материала из секции фильтра для удаления промытого остаточного материала, мелкозернистого гравия и пропущенного через фильтр песка из новой скважины
Разработка	См. освоение скважины
Дезинфекция	Использование дезинфицирующих средств для уничтожения нежелательных бактерий в скважине, если простая очистка недостаточна
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. – немецкий союз специалистов водо- и газоснабжения, который устанавливает технические стандарты на водоснабжение и отбор воды
Тампонажная смесь	Готовая бетонная смесь и измельченная глина для герметизации скважины
Отжатый осадок	Слой в стенке ствола буровой скважины, состоящий из присадок для очистки, предназначенный для предотвращения утечки промывной воды в несущую поверхность грунта
Гравий для фильтров	Гранулы кварца внутри кольцевой камеры между трубой фильтра и стенкой ствола буровой скважины, предназначенные для стабилизации последнего и предотвращения попадания нежелательных твердых примесей в воду
Фильтрующие трубы	Система трубопроводов с входными отверстиями, установленных в буровой скважине
Расходомер	Также MID, см. IDM
Полные обсадные трубы	Система трубопроводов, состоящая из труб-отстойников, предназначенных для улавливания любых инородных тел, перфорированных обсадных труб для блокирования слоев мелкого песка и наращиваемых труб для увеличения длины трубопровода
Геофизика	Прохождение скважины электронным измерительным зондом и регистрация измеренных величин, для определения геологической структуры и характеристик грунта и скважины

Термин	Определение
Фильтр из слоя гравия	Фильтрующая труба с приклеенным к ней слоем гравия
Канал грунтовой воды	Пористый слой грунта, заполненный водой
Ярусы грунтовой воды	Каналы грунтовой воды, расположенные один над другим
Гематит	Модифицированные соединения, включающие в свой состав железо и/или марганец
IDM	Индуктивный расходомер. Полностью электронный водомер с высокой измерительной точностью
Монтажный люк	Отверстие, подобное люку доступа
MID	Магнитно-индуктивный расходомер, см. IDM
Труба OBO	Система скважинных трубопроводов из буковой древесины, выполненных из полуобечек, третьей или четвертой обечек для экономии места при транспортировке. Главным образом использовалась в 1960–1970-х гг.
Покрывающие пласти	Формирования грунта между поверхностью земли и каналом грунтовой воды, которые служат барьером для загрязнения окружающей среды
Покрывающие пласти	Слои грунта, через которые бурится скважина
Покрытие из полиэтилена	См. защиту от коррозии
Испытания насоса	Испытания с целью проверки гидравлических характеристик скважины и качества воды
Статический уровень воды (PWSP)	Уровень воды в скважине при отсутствии откачки
Красный гематит	См. гематит
Регенерат	Специальные вещества, главным образом содержащие кислоту, для удаления отложений (как правило, соединений железа или марганца)
Средства регенерации	Специальные вещества, содержащие кислоту, для удаления отложений (как правило, соединений железа или марганца)
Регенерация	Очистка гидроканалов гидромеханическим или химическим способом
Трубы из рильсана	См. защиту от коррозии
Промывка	Жидкость для промывки пробуриваемой скважины, охлаждения буровой головки и удаления отвала из пробуриваемой скважины. Как правило, содержит присадки, которые повышают устойчивость стенки ствола буровой скважины от действия давления воды и понижают утечку воды в покрывающие пласти. См. также отжатый осадок
Герметизируемые трубы	Полные обсадные трубы, которые служат для блокирования притока или нежелательной воды в скважину
Герметизация	Заливочная масса, помещаемая между герметизируемыми трубами и стенкой буровой скважины, обычно изготавливается из цемента и тампонажной смеси
Хлорноватокислый натрий	Жидкое дезинфицирующее средство
Зондирующие трубы	Дополнительные трубы, установленные в засыпанном гравии, для измерения сопротивления входа через фильтр
Исходная глина	Куски пластичной глины для приготовления гранул
Труба-отстойник	Самая нижняя часть системы трубопроводов скважины для улавливания любых появляющихся в скважине инородных тел
Телевизионный осмотр камеры	Проверка скважины с использованием цветной телевизионной камеры
Неперфорированная обсадная труба	Полная обсадная труба, которая размещена между секциями фильтра в месте расположения насоса

Термин	Определение
Вентиляция	Ряд вентиляционных труб сверху выходного отверстия скважины и стальная труба над устьем ствола скважины
Оголовок скважины (DIN E 4926)	Покрытие скважины на верхнем ярусе ее ствола, с забетонированным верхним фланцем и отбортованным покрытием с отверстием для кабелей, измерительных зондов и т.д.
Освоение скважины (W119)	Создание новой скважины, с удалением вымытого остаточного материала, отжатого осадка, песка и т.д.
Строение вокруг скважины	См. павильон насосной станции
Система трубопроводов скважины	См. фильтр и полная труба
Помещение под скважину	См. павильон насосной станции
Павильон насосной станции	Бетонное строение над скважиной, ограждающее ее, а также позволяющее разместить в нем гидравлические и электрические средства управления
Фильтрующие трубы с обмоткой из проволоки	Специальные металлические фильтрующие трубы

Прочие области применения погружных насосов

В дополнение к традиционному использованию в глубоких скважинах, погружные насосы все более широко используются в выгребных ямах, водосборных бассейнах, прудах-накопителях сточных вод или промежуточных хранилищах, в озерах, водохранилищах, созданных искусственным способом запруды или на реках для:

- снабжения питьевой, технической водой, для нужд аварийных служб;
- повышения давления в коммунальных сетях водоснабжения;
- станций обработки воды;
- ирригации и полива разбрызгиванием;
- циркуляции в системах кондиционирования воздуха в промышленных сетях;
- спринклерных систем и систем тушения огня;
- понижения и контроля грунтовой воды; в горно-добывающей отрасли и строительстве
- использования геотермической энергии;
- систем борьбы с весенними паводками и в водных бассейнах;
- снеговых пушек;
- прибрежных сооружений.

Водоснабжение и использование водных ресурсов

Коммунальные службы и промышленные предприятия во всем мире используют погружные насосы для нужд водоснабжения и регулирования подачи воды. Эта налаженная технология множество раз доказала свою эффективность на практике. Преимущества конструкции этого типа – малый диаметр, легкость эксплуатации и отсутствие необходимости в обслуживании. Эти одно – или многоступенчатые центробежные насосы устанавливаются непосредственно в перекачиваемую жидкость. Кроме того, точное соответствие диаметра рабочего колеса необходимой пропускной способности позволяет находить рентабельные решения фактически для всех задач подачи воды под давлением. Все это – убедительные аргументы в пользу использования погружных насосов.

Погружные насосы для подачи грунтовой воды из артезианских колодцев классифицируются согласно условным диаметрам скважины. Обширная номенклатура изделий варьируется в диапазоне от 4" до 24" и более. Эти насосы крепятся вертикально к водоподъемной трубе. Глубина установки и дебит скважины определяют, какой следует использовать насос. Критерии выбора – максимально возможная эффективность для минимизации стоимости энергоносителей и использования соответствующих материалов для длительной эксплуатации насоса без потребности в обслуживании. В бассейнах, озерах и реках также может использоваться горизонтальная установка, не представляющая в данном случае каких-либо проблем.

Повышение давления в трубопроводах

Для повышения давления в системах водоснабжения и циркуляции используются нагнетательные центробежные насосы. Они гарантируют соответствующее давление воды в высотных многоквартирных домах, жилых кварталах высотной застройки и в промышленных системах водоснабжения. Нагнетательные центробежные насосы могут быть установлены вертикально и даже горизонтально (до определенного числа ступеней). Вертикальная установка означает, что насосная система занимает минимальную площадь, а горизонтальная – что вся система трубопроводов может быть установлена на одном и том же уровне.

Противопожарная защита

Насосы спринклерной системы пожаротушения, одобренные VdS, используются для противопожарной защиты, подачи воды к спринклерным системам пожаротушения. Установка их, как правило, осуществляется горизонтально в накопительном резервуаре так, чтобы можно было использовать максимальный объем емкости. Другие варианты – вертикальная установка в скважинах или накопительных водоемах, а также установка в напорном кожухе (с нагнетательными центробежными насосами).

Использование в прибрежных сооружениях

Использование погружных насосов на буровых установках выдвигает очень высокие требования к их общей и эксплуатационной надежности. Они используются для подачи морской воды, которая является коррозионноактивной. Поэтому к насосам для морской воды предъявляются строгие технические требования, которым удовлетворяют наши специально разработанные погружные насосы.

Существует много потенциальных вариантов применения погружных насосов в судостроении. В зависимости от требований, они устанавливаются вертикально или горизонтально для перекачивания балластной воды или подачи воды в системы обеспечения дифферентовки. Их компактная конструкция выгодна в таких условиях.

Формулы

Охлаждение двигателя

Расчет охлаждающего потока в двигателе:

$$V_{\text{Cooling}} = \frac{Q_{\text{min}}}{\frac{\pi}{4} \cdot 3600 \cdot (D^2 - d^2)} \text{ м/с}$$

Минимальный уровень воды выше погружного насоса

Мин. уровень воды для 60 Гц: 4 м
Мин. уровень воды для 50 Гц: 3 м

$$H_c = \frac{V^2}{2 \cdot g} + 0.5 \text{ м}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (d_s^2 - d_h^2) - A_{\text{bla}}$$

Расчет насоса

Общий КПД

$$\eta_{\Sigma} = \eta_p \cdot \eta_m$$

Мощность на валу насоса

$$P_2 = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot \eta_p}$$

Гидравлическая эффективность

$$\eta_p = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot P_2}$$

КПД двигателя

$$\eta_m = \frac{P_2}{P_1}$$

Сокращение Описание

Q_{min}	Мин. объемный расход [м³ / ч] (управление скоростью с помощью преобразователя частоты)
D	Диаметр скважины [м]
d	Диаметр двигателя [м]

Сокращение Описание

H_c	Высота уровня
V	Скорость на входе в 1 рабочее колесо
g	Ускорение силы тяжести
0,5 м	Запас
Q	Расход в рабочей точке или максимальный расход
A	Площадь сечения на входе в 1 рабочее колесо
d_s	Входной диаметр всасывания
d_h	Диаметр ступицы
A_{bla}	Площадь поверхности лопасти

Сокращение Описание

η_{Σ}	Общий КПД [%]
η_p	Гидравлический КПД [%]
η_m	КПД двигателя [%]
Q	Объемный расход [м³ / ч]
H	Гидравлический напор [м]
ρ	Плотность перекачиваемой жидкости, [кг / дм³]
P_1	Номинальная мощность (расчетная мощность) [кВт]
P_2	Мощность двигателя [кВт]

Сокращение	Описание
H_{req} [м]	Минимальный напор на всасывание во всасывающем отверстии
H_H (NPSH) [м]	Требуемая величина эффективного положительного напора на всасывании для рабочего объемного расхода насоса, из диаграммы нагрузки
0.5	Запас
P_v [бар]	Давление пара перекачиваемой жидкости, как абсолютное давление для соответствующей температуры жидкости, взятое из таблицы давления паров
ρ [кг/м ³]	Плотность перекачиваемой жидкости
g [м/с ²]	Ускорение свободного падения
P_b [М]	Атмосферное давление

Кавитация
Расчет минимального напора на всасывание:
$H_{req} = H_H + 0,5 + \frac{10^5 \cdot P_v}{\rho \cdot g} - P_b$ [М]

Зависимости

Обороты при 50 Гц:

$$\frac{50 \cdot 60}{\text{число полюсов}} = \text{синхронная скорость}$$

КПД насоса (P):

$$\eta_P = \frac{\eta_\Sigma}{\eta_M}$$

КПД двигателя (M):

$$\eta_M = \frac{\eta_\Sigma}{\eta_P}$$

Общий КПД:

$$\eta_\Sigma = \eta_P \cdot \eta_M$$

Электропитание

Определение симметрии фазовых токов

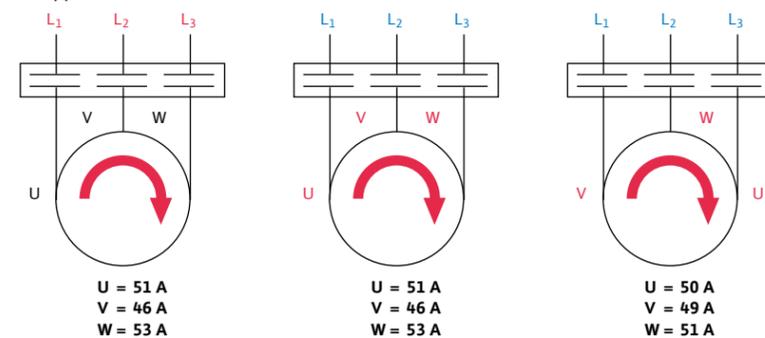
$$I_{(\%)} = \frac{I_{\text{Phase max}} \cdot I_{\text{Average value}}}{I_{\text{Average value}}} \cdot 100\% \text{ [%]}$$

$$I_{(\%)} = \frac{I_{\text{Average value max}} \cdot I_{\text{Phase max}}}{I_{\text{Average value}}} \cdot 100\% \text{ [%]}$$

Максимальная величина принимается как выражение для симметрии фазовых токов.

Измерения тока на всех 3 фазах.

Выберите случай с самой низкой величиной симметрии фазовых токов. Чтобы избежать реверсирования чередования фаз, поменяйте порядок соединения:



Длина кабеля

Вычисление падения напряжения

$$U_{act} = \frac{L_{req}}{L_{max}} \cdot 0.03 \cdot 100$$

- Допустимо отклонение + 10% при максимальном падении напряжения (3%)
- В противном случае необходимо выбрать следующее большее сечение кабеля (верхний предел)

Определение длин кабеля для напряжений, отличных от первоначального напряжения 400 В

$$\frac{L_{org}}{U_{org}} = \frac{L_{targ}}{U_{targ}} \Rightarrow L_{targ} = \frac{L_{org} \cdot U_{targ}}{U_{ma}}$$

Сокращение	Описание
U_{act}	Расчетное падение напряжения [%]
L_{req}	Требуемая длина кабеля [м]
L_{max}	Максимальная длина кабеля [м] согласно верхнему / нижнему пределу из таблицы
0.03	Максимальное падение напряжения
L_{org}	Длина кабеля при номинальном напряжении
U_{org}	Первоначальное напряжение, указанное в таблице (400 В)
L_{targ}	Требуемая длина кабеля
U_{targ}	Напряжение, которого требуется достичь (целевое напряжение)

Сокращение	Описание
E_s	Удельная энергия [кДж/м ³]
H	Гидравлический напор [м]
g	Ускорение свободного падения 9.81 [м/с ²]
η_{over}	Общий КПД

Удельная энергия

$$E_s = \frac{H \cdot g}{\eta_{over}} \text{ кДж/м}^3 = \frac{H \cdot g}{3600 \cdot \eta_{over}} \text{ кВтч/м}^3$$

Использование преобразователей частоты – закон подобий

Объемный расход:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Гидравлический напор:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

Мощность привода:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

КПД:

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \approx 1$$

Ссылка на первоисточник

Нормативы взяты из протоколов
Институтов Стандартов DIN / ISO DVGW

Мы благодарим компании
BARTSCH Pumpen-und Wassertechnik
E+M Bohr GmbH
Etschel Brunnenservice GmbH
OCHS Bohrgesellschaft mbH
WILO EMU Anlagenbau GmbH
за оказанную поддержку.

Текст, содержащийся в данном документе, подготовлен силами специалистов WILO SE. Однако нельзя исключать возможность ошибки. Тем самым издатель заявляет о том, что он не несет никакой юридической ответственности за содержание документа.

Авторские права защищены. 2012, WILO SE, Дортмунд
Эта работа в целом и все ее части защищены авторским правом. Любое ее использование, выходящее за пределы строгих ограничений закона об авторском праве, без одобрения WILO SE запрещается и ведет к преследованию по суду. Это касается, в частности, воспроизведения, перевода, микрофильмирования или любой другой формы обработки или передачи, а также хранения и обработки в электронных системах. Это также касается копирования отдельных рисунков или иллюстраций и использования текста в виде цитат.



ООО «ВИЛО УКРАИНА»
Украина, 08130, Киев, с. Чайки,
Киево-Святошинский район,
ул. Антонова, 10
Т 044 3937383
info@wilo.ua
www.wilo.ua

Представительства в Украине

Львов

Т / Ф 032 245 51 68
Научная, 7Б, оф.401
zoryana.mysak@wilo.ua

Николаев

Т / Ф 0512 583580
Чкалова, 20/5, оф.17
54017, Николаев
kirill.babchenko@wilo.ua

Харьков

Т / Ф 057 720 59 86
Тобольская, 42, оф.616
61072, Харьков
vladimir.miroshko@wilo.ua

Запорожье

Т / Ф 061 2896063
Дзержинского, 3, оф.27
69063, Запорожье
anatoliy.niskovsky@wilo.ua

Симферополь

Т 0652 620269
Карла Маркса, 40
Симферополь
boris.bocharov@wilo.ua

Черкассы

Т / Ф 0472 325243
Смилянская, 23, оф.501
18000, Черкассы
andrey.avramenko@wilo.ua

Тернополь

Т 0352 550581
Ф 0352 550582
Шептицкого, 1а, оф.5
46000, Тернополь
sergiy.barabolya@wilo.ua

Донецк

Т 062 388 30 16
Ф 062 388 30 17
Гурова, 8, оф.310
83055, Донецк
ruslan.sabirov@wilo.ua

Днепропетровск

Т / Ф 050 3877107
yuriy.parfenyuk@wilo.ua