Библиотека СОК

Главы

1. Введение 1
2. Водопотребление 2
3. Источники воды 3
4. Качество воды 4
5. Загрязненная вода 5
6. Обеззараживание 6
7. Водоподготовка 7
8. Подбор насоса 8
9. Системы контроля и хранение 9
10. Монтаж трубопровода и электрооборудования 10
11. Устранение неисправностей 11

Содержание

1. Введение 5
Общие сведения ... 6

2. Водопотребление 9
Расчет водопотребления ... 10

3. Источники воды 15
Общие сведения ... 16
Пробуренная скважина ... 17
Забивная скважина (скважина, пройденная способом забивки труб) ... 18
«Промывная», или забитая с подмывом скважина ... 19
Колодцы ... 20
Буровая скважина ... 20
Ключевые источники ... 21
Резервуары ... 21
Озера и реки ... 21
Проверка производительности ... 22
Испытания скважины ... 22
Диаграмма для определения расхода ... 23
Измерение уровня воды ... 24
Периодический контроль уровня ... 25
Испытания забивной скважины ... 27
Расчет понижения уровня воды при фиксированном расходе ... 28
Запасы воды в ключевом источнике ... 29
Запас воды в резервуаре ... 30
Ресурсы водосборных площадей ... 31
Неглубокие колодцы ... 32

4. Качество воды 33
Проверка в лаборатории ... 34
Проверка подручными средствами ... 34
Заражение кишечной палочкой ... 35
Загрязнение нитратами ... 36
Выводы ... 37

5. Загрязненная вода 39
Промышленные и коммерческие загрязнения ... 40
Городские и сельские стоки ... 41
Источники загрязнения ... 42
Изоляция пробуренных скважин ... 43
Герметизация пробуренных скважин ... 44
Отведение газа ... 45
Создание разрежения в скважине ... 45
Герметизация колодца ... 46
Герметизация забивных или «промывных» скважин ... 46
Герметизация ключевых источников ... 47
Конструкция водосборного резервуара ... 47
Другие источники загрязнения ... 48

6. Обеззараживание 49
Способы обеззараживания ... 50
Общие сведения о хлорировании ... 51
Простое хлорирование ... 51
Условия хлорирования ... 52
Избыточное хлорирование ... 53
Хлорирование скважины ... 54
Хлорирование дозировочным насосом ... 55
Производительность дозировочного насоса ... 56
Инжекторное хлорирование ... 57
Общие сведения об ультрафиолетовом облучении ... 58
Монтаж ультрафиолетового излучателя ... 59
Контроль безопасности ... 60
Пастеризация ... 62
Общие сведения об обратном осмосе ... 63
Общие сведения о солнечном опреснении ... 64

Содержание

7. Водоподготовка 65

Общие сведения о водоподготовке 66
Жесткая вода 68
Общие сведения об ионном обмене 70
Регенерация 71
Кислая вода 72
Водоподготовка кислой воды 75
Красная вода (растворенное железо) 76
Красная вода (присутствие железобактерии) ... 80
Бурая вода (содержащая марганец) 82
Вода, загрязненная удобрениями (нитратами) .. 84
Что такое осмос? 86
Вода с запахом тухлых яиц 89
Мутная или зловонная вода 90

8. Подбор насоса 93

Насосы для водоснабжения 94
Принцип работы центробежного насоса 95
Пример расчета 96
NPSH 96
Характеристики насоса 97
Максимальная высота всасывания 98
Кавитация 99
Применение насосов 100
1. Условия монтажа 101
2. Качество воды 102
3. Приводы 106
Нормальный расход воды 112
Возможный максимальный расход 114
Продолжительное использование 115
Фактический напор насоса 116
Диаграммы потерь на трение 119

9. Системы контроля и хранение 121

Емкость резервуара для воды 122
1: Производительность источника воды по сравнению с максимальным водопотреблением 123
Устройство автоматического контроля воздуха 126
Электрический регулятор уровня воды и воздушный компрессор 128
Резервуар 130
2: Экономичность системы водоснабжения .. 131
3 и 4: Водоснабжение в случае выхода из строя системы электропитания 132

10. Монтаж трубопровода и электрооборудования 133

Подключение трубопровода 134
Необходимость стабильного электроснабжения 136
Защитное оборудование 138
Разные способы пуска электродвигателя 140

11. Устранение неисправностей 145

Гидравлический удар 146
Коррозия труб 147
Скважины, заплывающие песком 148
Коррозия насоса и труб 149
Техническое обслуживание простых систем водоснабжения 150
Восстановление скважины 151
Состояние системы 152
Периодическая очистка и полное техническое обслуживание 153
Расчет постоянной (C) 156

Введение

Глава 1

1. Введение

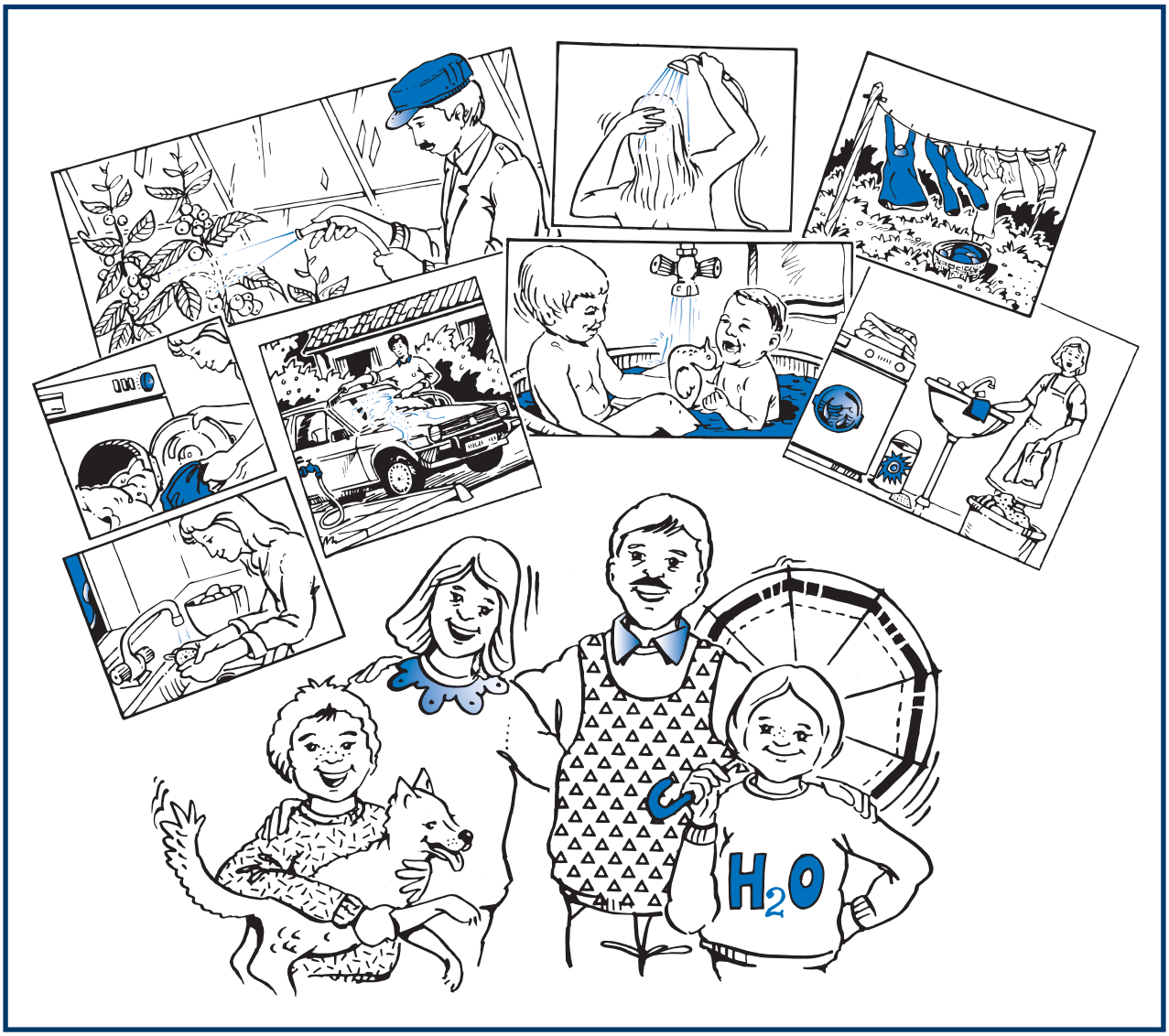


Рис.1 Примеры водопотребления в домашних условиях

Общие сведения

Чистая вода — залог здоровья. Изобилие воды — основа прогресса и комфорта.

Системы водоснабжения должны быть правильно спроектированы для любых объектов потребления — будь то отдельный дом или жилой микрорайон. В противном случае результатом может быть неэффективное вложение средств, высокие эксплуатационные расходы или даже снабжение водой низкого качества.

В этом техническом руководстве термин **«Системы водоснабжения»** включает в себя такие понятия, как добыча воды, насосное оборудование, накопительные емкости, оборудование для водоподготовки, водопроводные системы, электроустановки.

Данное руководство расскажет Вам, как можно организовать надежное водоснабжение частного дома, фермы, многоэтажного здания и т. д.

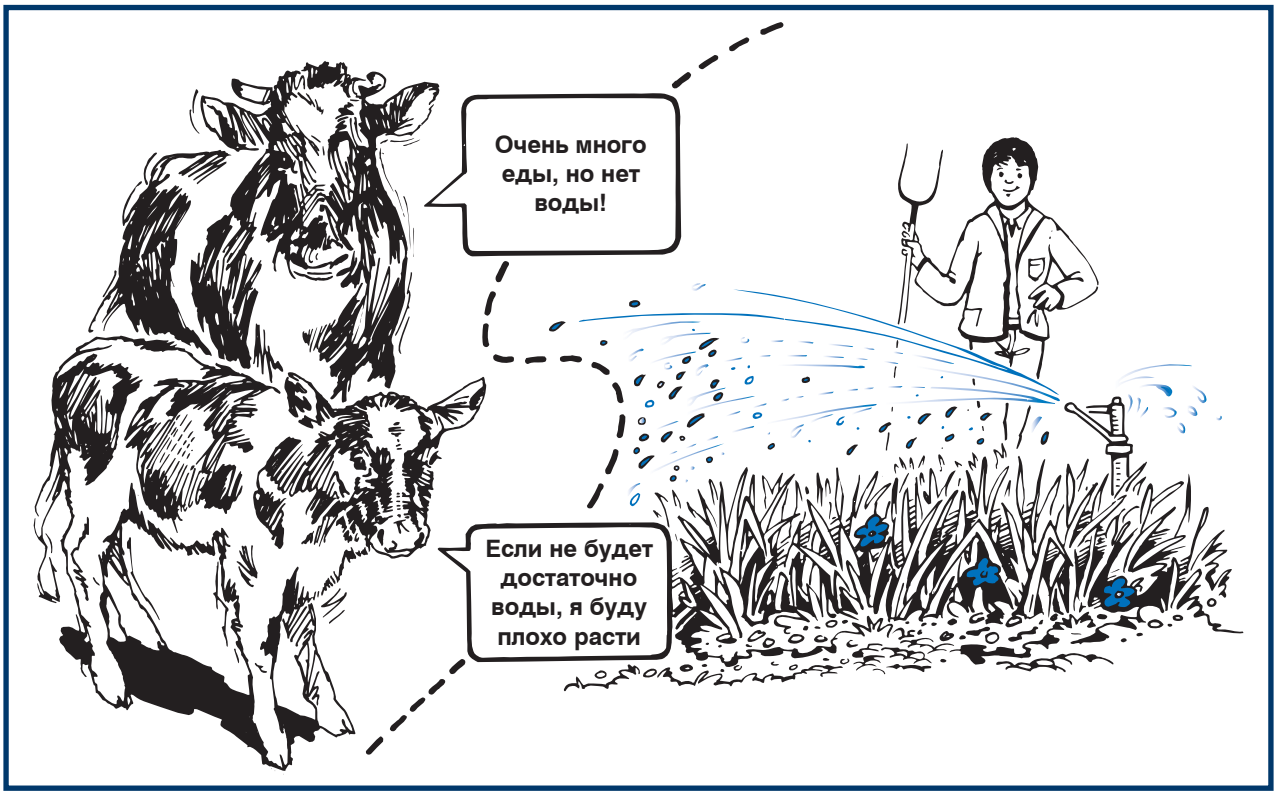


Рис.2 Водопой и орошение

Вода для сельского хозяйства

Вода — основа сельского хозяйства. Далее представлены типичные примеры ее применения.

Повышение надоев

Практика показала: если дойные коровы имеют возможность пить воду в любое время, когда захотят (через автопоилки), надои увеличиваются примерно на 4% по сравнению с надоями у коров, которые могут пить дважды в день, и на 11% — по сравнению с теми, которые имеют доступ к воде один раз в день.

Стабильность урожая

Для многих фермеров очень важным преимуществом оросительной системы является стабильный урожай, что означает:

1. Стабильный урожай год за годом, зависящий только от количества солнечных дней, удобрений и ветра.

2. Оптимизация урожаев — все зерновые культуры дают оптимальный урожай при орошении посевных площадей, при этом продолжительность сельскохозяйственного сезона увеличивается. На полях без орошения посадки зерновых часто полностью погибают.

3. Урожайность на песчаных почвах увеличивается в два раза.

4. Орошение часто предотвращает образование эрозии почвы.

Важность качества воды

Распространение аллергических реакций является растущей проблемой почти во всех частях земного шара. В некоторых странах использование ДДТ (инсектицидов) до сих пор допускается для борьбы с насекомыми и малярией. В этих местах содержание инсектицидов превышено в 42 раза, что по международным параметрам является максимальным допустимым значением. Эта ужасающая цифра говорит не только о загрязненной воде, но также и о пище.

Следовательно, очень важно, чтобы вода для орошения и обеспечения питьем поголовья скота была наилучшего качества.

Судьба следующих поколений зависит от наших решений по применению чистых методов производства и, следовательно, от чистых продуктов.

1. Введение

Водопотребление

Глава 2

2. Водопотребление

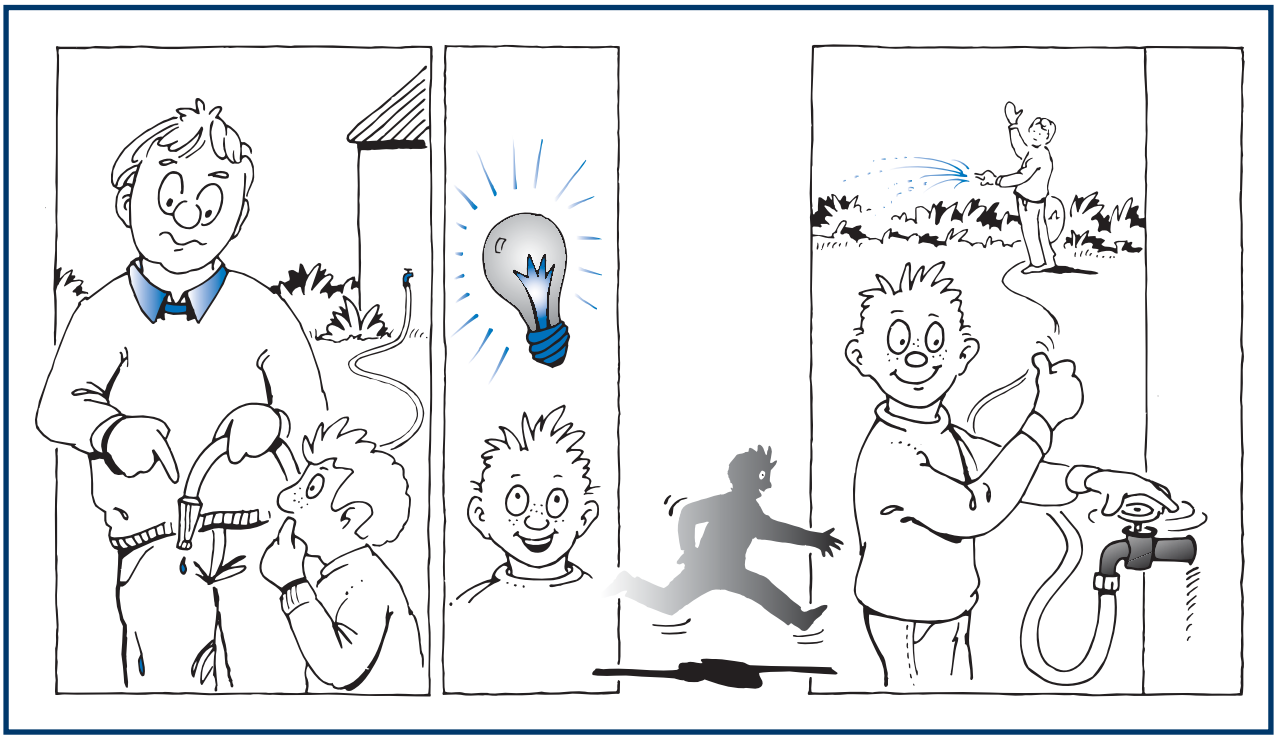


Рис.3 Решение проблемы

Расчет водопотребления

Основой для разработки системы водоснабжения является расчет водопотребления.

Первым необходимым условием при этом будет дневное потребление воды, а также максимальное ее потребление.

Затем нужно проверить соответствие источника воды необходимым требованиям.

Наблюдения показывают, что потребление воды в домах постоянно меняется и зависит от устройства зданий и от образа жизни в них.

В летний период использование воды для поливки сада увеличивается в 4–5 раз по сравнению с обычным временем года.

Испарение воды из бассейнов и садовых прудов также требует повышенного расхода воды, как и поливка газонов.

Полив (орошение)

В основном урожайность растений зависит от типа культур, состояния и подготовки почвы, а также от применяемых удобрений, методов полива, севооборота и контроля над болезнями растений.

В таблице представлена максимальная урожайность определенных видов культур, выращиваемых на легких почвах и при оптимальном уходе за ними.

Если урожайность ниже, необходимо подумать об улучшении полива.

Культура	Максимальная урожайность
Кукуруза	8000 кг/га
Хлопок	2 800 кг/га семян и хлопкового пуха, из которых 2000 кг составляют волокна
Пшеница	5 000 кг/га
Ячмень	5 000 кг/га
Трава	20 000 кг/га, из них 15 000 кг для корма скота

Приблизительный дневной расход воды

	Применение	Потребление воды в день, л
Дом	Использование на кухне и для стирки, гигиены и принятия ванн, уборка и другое применение внутри дома	400 л на человека
	Пополнение бассейна	120
Травяной газон и сад	Полив газона распрыскиванием на 100 м^2	2 400 (примерно 24 мм)
	Полив сада распрыскиванием на 100 м^2	2 400 (примерно 24 мм)
Сельскохозяйственная ферма	Молочные коровы	80 л на голову
	Телята	30 л на голову
	Телята возрастом 1 год	80 л на голову
	Стадо коров для приплода и производства мяса	50 л на голову
	Овцы и козы	10 л на голову
	Лошади и мулы	50 л на голову
	Поросята	20 л на голову
	Свиноматка (уход)	25 л на голову
	Куры	40 л на 100 птиц
	Мясные цыплята	25 л на 100 птиц
	Индюки (15–19 недель)	80 л на 100 птиц
	Санитарно-гигиеническая обработка (очистка и промывка оборудования и молочных ферм)	2000 л в день
	Мытье полов	50 л на 10 м^3

2. Водопотребление

Максимальное потребление воды				
	Система накопления воды			
	Напорный резервуар. Мин. объем: ¼ дневного потребления		Не напорный резервуар. Ограниченный резервуар	
	л/с	м³/ч	л/с	м³/ч
Отдельно стоящий семейный дом (для всех видов пользования в доме)	0,1	0,36	0,34	1,2
Газон, сад и пополнение бассейна	0,28	1,0	0,28	1,0
Средняя сельскохозяйственная ферма (менее 40 голов рогатого скота или 200 свиней)	0,15	0,54	0,56	2,0
	К этому добавить расход на домашние работы, на полив сада и газонов			
Сельскохозяйственная ферма с интенсивным производством поголовья (более 50 голов рогатого скота или 300 свиней)	0,28	1,0	0,56	2,0
	К этому добавить расход на домашние работы, на полив сада и газонов			
Мытье оборудования и молочных ферм	0,07	0,25	0,34	1,0
Мытье полов	0,07	0,25	0,34	1,0

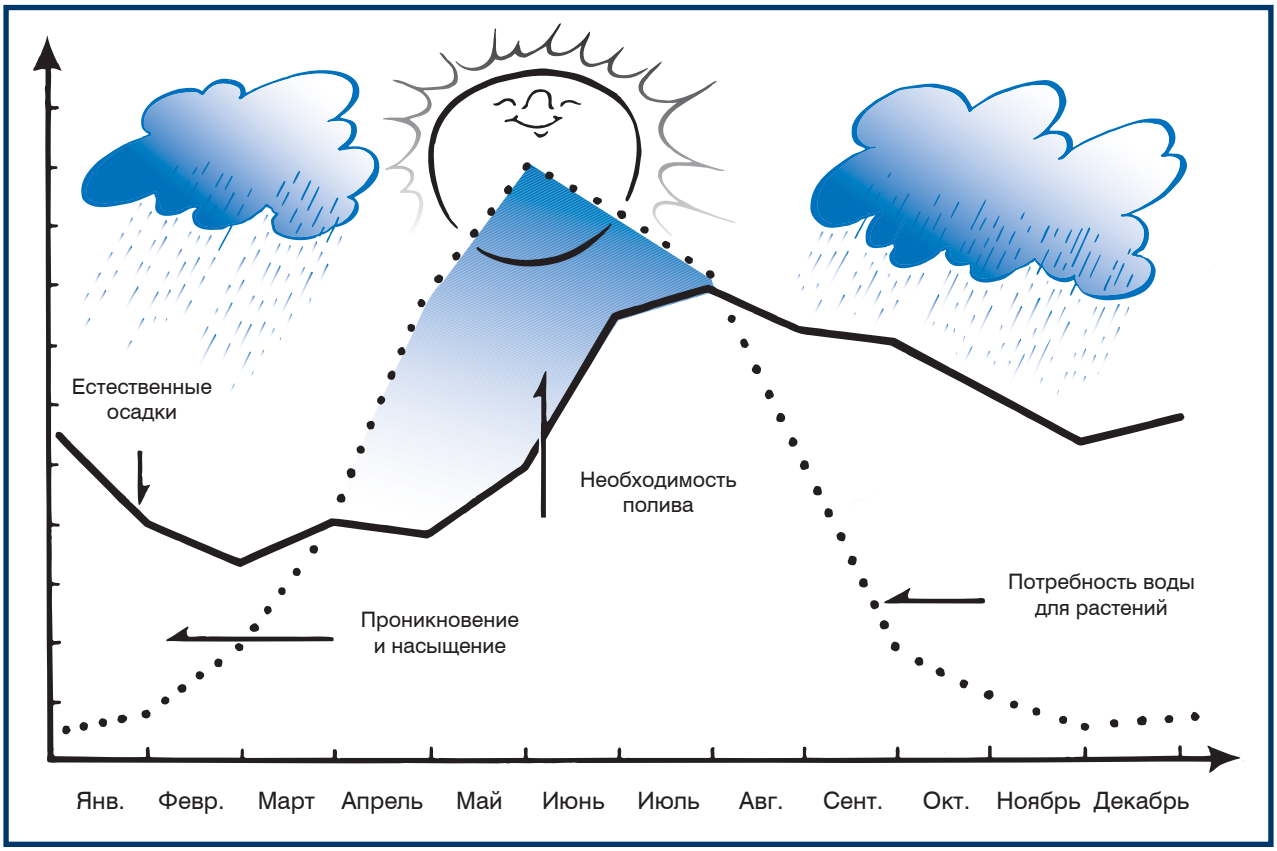


Рис.4 Соотношение между естественным выпадением осадков и потребностью воды для зерновых культур

Географическая широта	Потребности воды
30°	В общем 8–10 мм в день примерно для 220 дней в году
40°	В общем 6–8 мм в день примерно для 150 дней в году
50°	В общем 3–6 мм в день примерно для 40 дней в году
60°	В общем 2–3 мм в день примерно для 20 дней в году

Требования к поливу зависят от интенсивности испарения, которое в свою очередь зависит от типа и от стадии развития зерновой культуры (прорастания, роста и созревания). При скорости испарения 8 мм с поверхности 1 га в день, общее количество испаряемой воды составляет в объеме 80 м³.

В зависимости от количества рабочих часов в день, потребный расход может быть рассчитан следующим образом:

$$\frac{80}{20} = 4 \text{ м}^3 \text{ на 1 га в час.}$$

Потребный рабочий расход для насоса может быть получен путем умножения данной цифры (4 м³) на количество гектаров, требующих полива.

При использовании таблицы для расчета потребности в воде на стр.11, также будет полезным рассмотрение следующего примера.

Пример

Предположим, что Вы имеете небольшую ферму, состоящую из дома, сада, бассейна; 30 голов скота, 40 свиней и 1000 кур. Семья состоит из 4-х человек. На следующей странице представлена таблица, где показана потребность в воде.

2. Водопотребление

Дом	4 человека, 400 литров на человека	1 600 л в день
	600 м^2 сада, полив опрыскиванием (6 x 2 400 л на 100 м^2)	14 400 л в день
	20 м^2 бассейн (2 x 120 л)	240 л в день
Ферма	30 молочных коров, 80 л на каждую	2 400 л в день
	Санитарная обработка молочной фермы	2 000 л в день
	40 свиней, 20 л на каждую	800 л в день
	1000 кур, 40 л на 100 кур	400 л в день
	Общая потребность в воде	**21 840 л в день**

Во время максимальной потребности, используя напорный резервуар	
Дом	1,2 м^3/ч
Полив газона, сада, обслуживание бассейна	1,0 м^3/ч
Животные	2,0 м^3/ч
Санитарная обработка молочной фермы	1,0 м^3/ч
Возможная максимальная потребность	**5,2 м^3/ч**

Источники воды

Глава 3

3. Источники воды

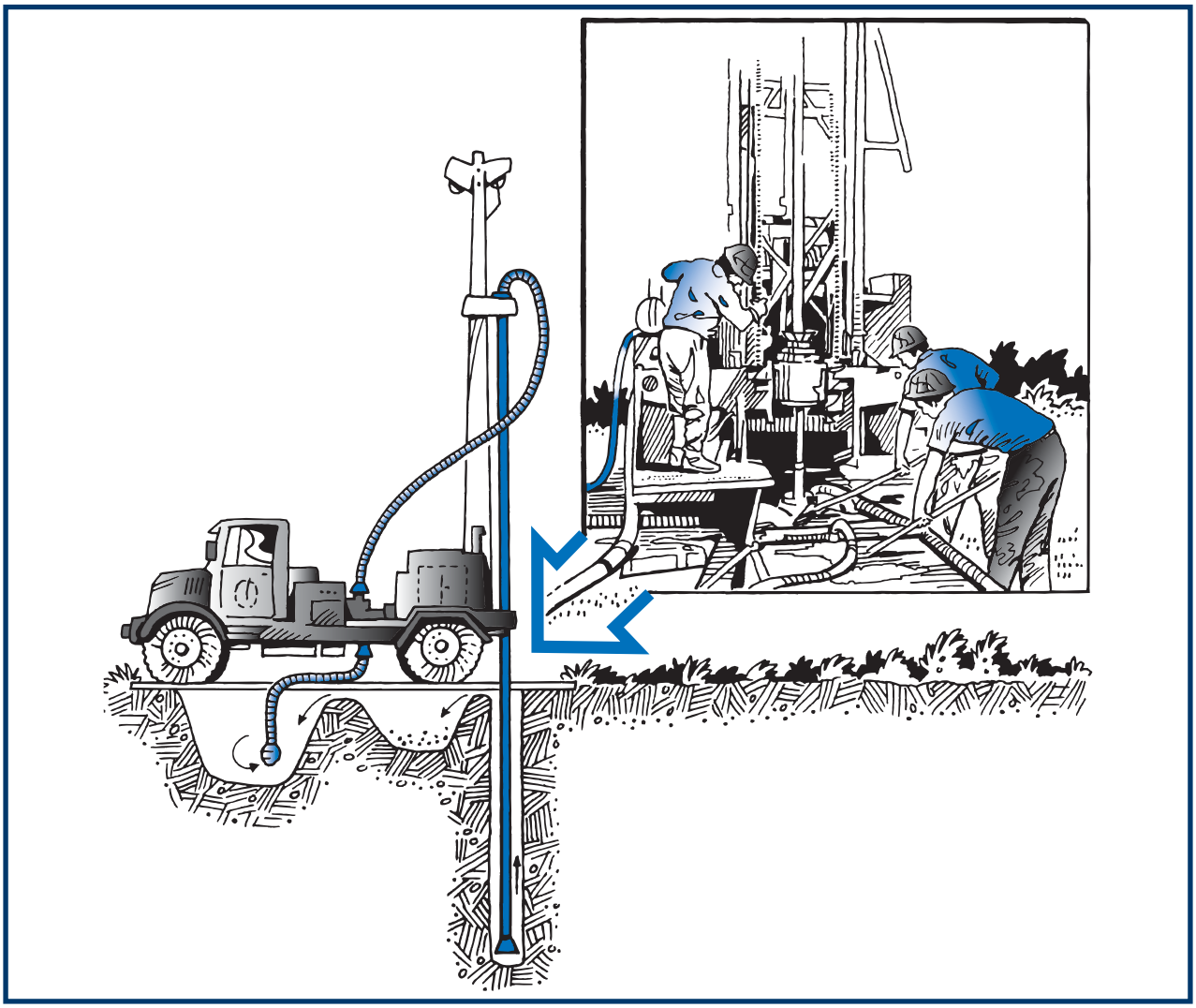


Рис.5 Бурение скважины

Общие сведения

Если имеющийся у Вас источник воды поставляет достаточное количество чистой воды, даже во время засухи, его можно также использовать для новой насосной системы.

Но если есть необходимость в новом источнике воды, лучшим вариантом будет использование подземных вод, хотя, если нет возможности доступа к ним, можно использовать и другие источники, расположенные в данной местности.

Но прежде чем бурить скважину, во избежание ошибок необходимо связаться с геологическим департаментом и фирмой, производящей бурение скважин.

Различные типы источников воды:

- Пробуренные скважины
- Забивная скважина (скважина, пройденная способом забивки труб)
- «Промывные» или забитые с подмывом скважины
- Выкопанный колодец
- Пробуренный колодец
- Ключевые источники
- Водохранилища
- Озера и реки

О данных источниках будет рассказано на следующих страницах.

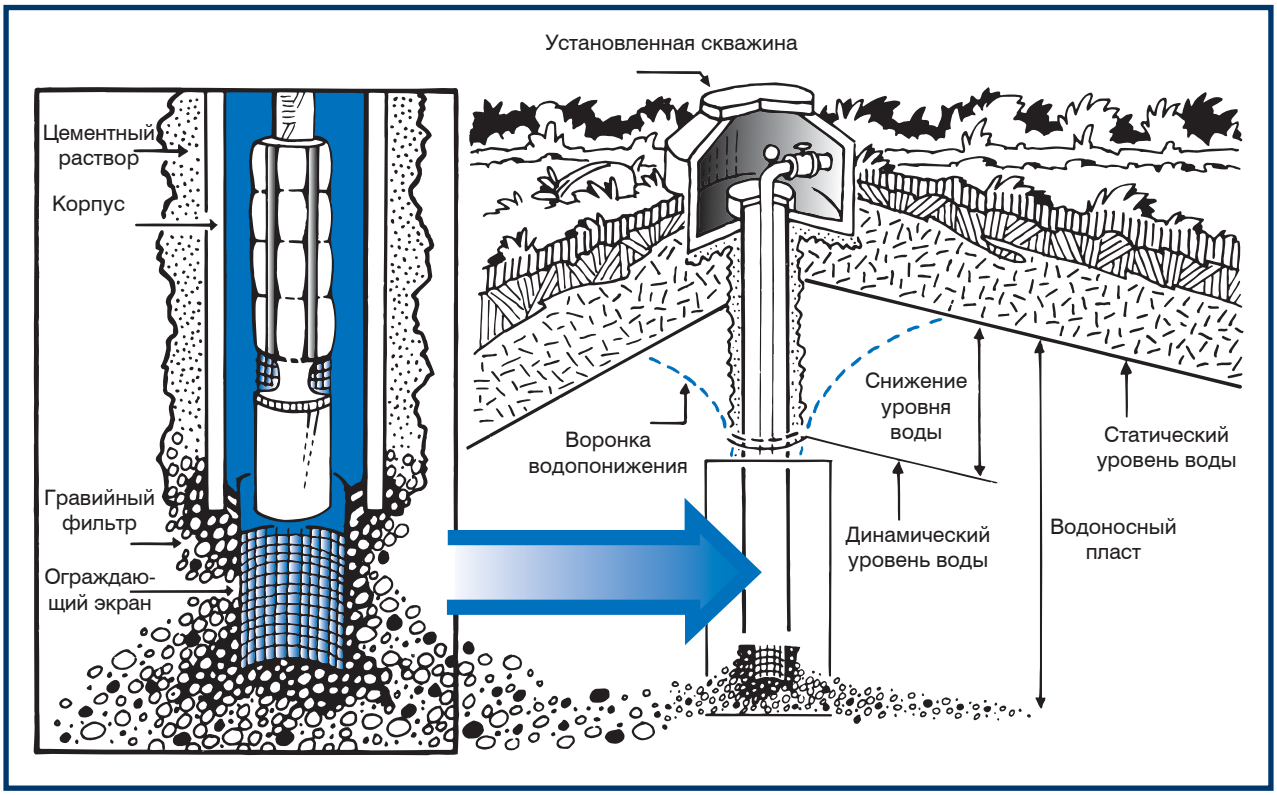


Рис.6 Пробуренная скважина

Пробуренная скважина

Пробуренная скважина представляет собой канал, пробуренный до глубины, на которой расположен водоносный пласт, облицованный стальным или ПВХ корпусом. Если пласт содержит достаточное количество чистой воды, устанавливается гравийный фильтр и скважинный фильтр. Перекачиваемая вода фильтруется с помощью гравийного фильтра. В том случае, если скважина проходит через несколько водных пластов с ограниченным содержанием воды, скважинный фильтр устанавливается в каждом пласте, через который проходит канал.

Буровые скважины могут разрабатываться как на обычных почвах, так и на каменистых или горных породах, при этом должны быть использованы специальные буровые машины, приспособленные для определенных условий.

Обычно буровые скважины бывают диаметром от 4'' до 10'' и бурятся на глубину до 50 м, но при необходимости глубина может достигать 700 м.

Чтобы избежать попадания воды в саму скважину, необходимо создать цементное или глиняное уплотнение между корпусом и пластом в верхней части скважины.

Скважина является прекрасным источником воды, так как она обычно удалена от источников загрязнения и имеет достаточное количество воды. В случае если вдруг скважина загрязнена, можно пробурить ее глубже, чтобы достигнуть нового водоносного пласта, который будет лучше защищен от просачивания загрязняющих веществ.

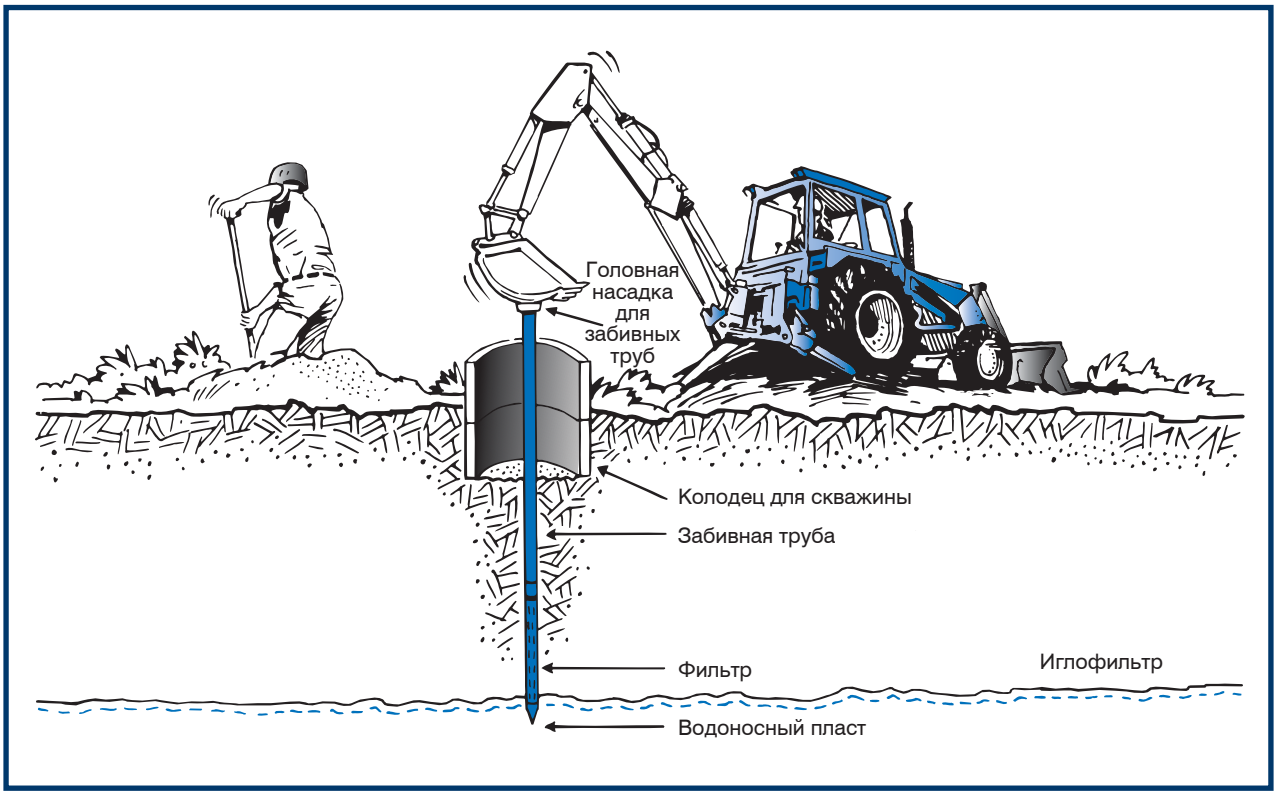


Рис.7 Забивная скважина

Забивная скважина (скважина, пройденная способом забивки труб)

Основными составляющими забивной скважины обычно являются иглофильтр и фильтр скважины, диаметром от 1,5'' до 2'', навинченные на оцинкованную трубу, забитую в грунт до такой глубины, чтобы фильтр оказался ниже уровня грунтовых вод. Обычно забивная скважина применяется, когда глубина грунтовых вод не превышает 8 метров.

Объем воды в забивной скважине обычно ограничен, и максимальный расход составляет 1–2 м^3/ч. Также в этих скважинах отсутствует гравийный фильтр, защищающий скважинный фильтр от проникновения всевозможных частиц. Поэтому целесообразно иметь две забивныне скважины, одна из которых будет находиться в резерве, на случай засорения другой.

Чтобы очистить фильтр и привести опять в рабочее состояние забивную скважину, необходимо прокачать воду под высоким напором обратно в скважину через фильтр, чтобы смыть все частицы, блокирующие его.

Такие скважины не могут быть пробурены в каменистых горных породах.

Очень важным моментом является герметизация забивных скважин с помощью цементного раствора вокруг оцинкованной трубы для предотвращения попадания загрязненной воды в скважину.

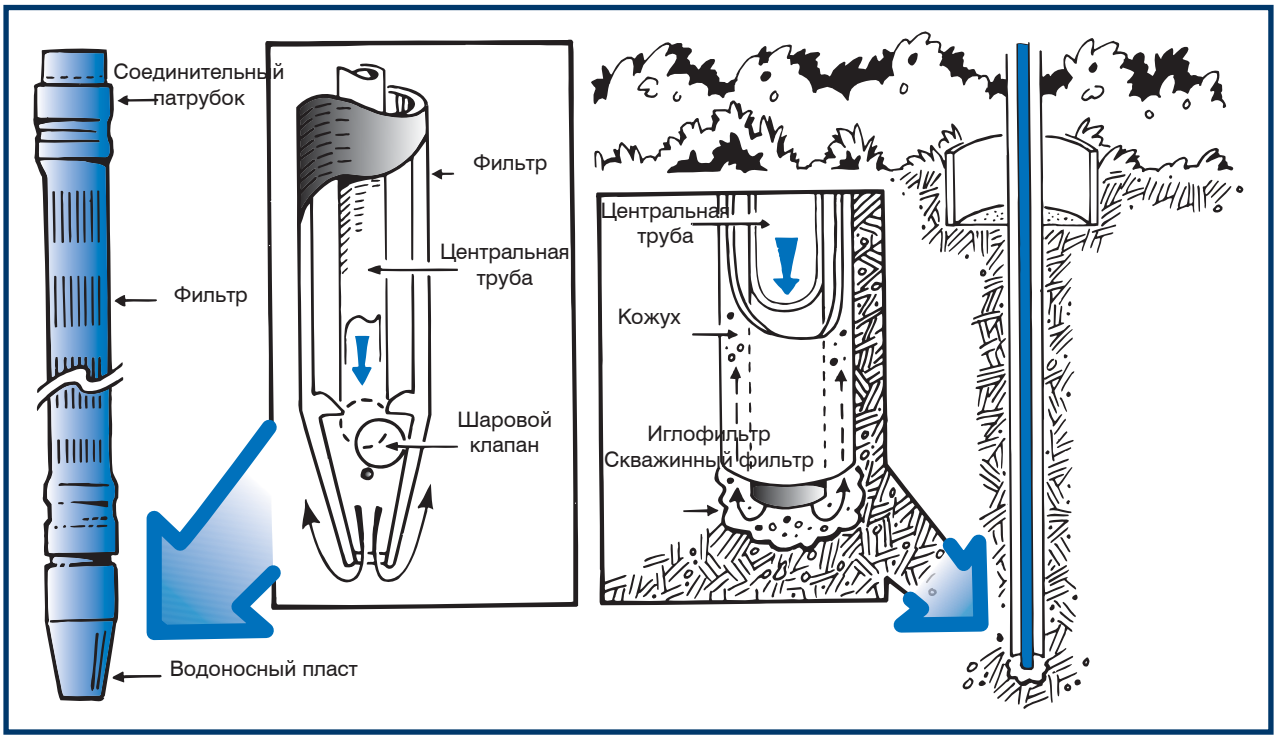


Рис.8 «Промывной» или забитый с подмывом колодец

«Промывная», или забитая с подмывом, скважина

«Промывная», или забитая с подмывом, скважина обычно представляет собой скважинный фильтр с центральной трубой и шаровым клапаном, как показано на рисунке выше. Во время прохождения фильтра вглубь скважины вода под высоким давлением проходит по центральной трубе. Струя воды вымывает и удаляет грунт, находящийся под нижним концом фильтра. Такие скважины имеют глубину до 8 метров.

Забитые с подмывом скважины диаметром от 3'' до 4'' обычно имеют кожух вокруг центральной трубы. Во время прохождения трубы с кожухом вглубь скважины водяная струя с силой вымывает грунт с ее дна на поверхность через зазор между трубой и кожухом.

При правильной установке кожуха центральная труба проходит глубже, вниз скважины, обеспечивая при этом пространство для скважинного фильтра, который затем устанавливается на конце кожуха. Фильтр представляет собой устройство телескопического типа с эластичным уплотнением, отделенным от кожуха.

Внешний диаметр такого складного фильтра меньше, чем внутренний диаметр кожуха. Поэтому такие фильтры легко раздвигаются вдоль длинного кожуха.

Забитая с подмывом скважина, диаметром более 3'', может быть глубиной до 40 метров.

3. Источники воды

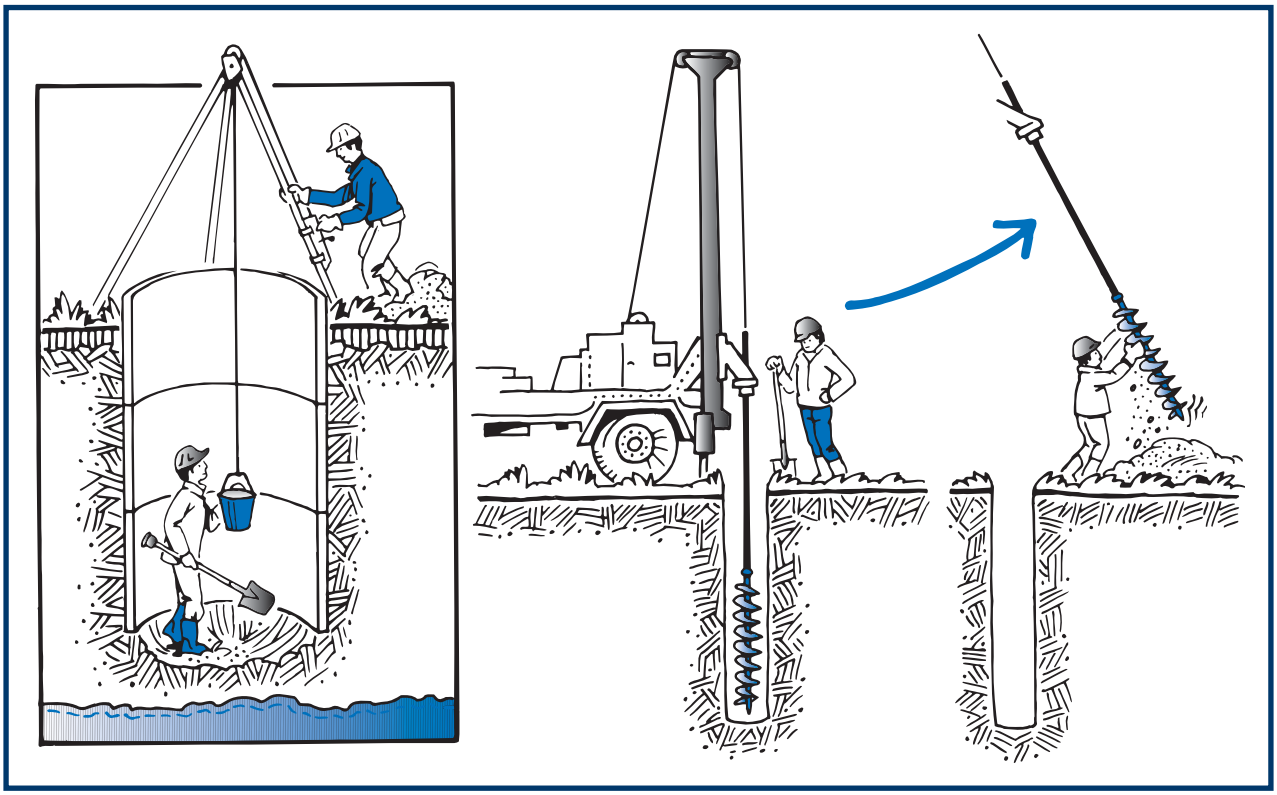


Рис.9 Колодец (слева) и буровая скважина

Колодцы

Чаще всего колодцы обсаживают бетонными кольцами или кирпичной кладкой на цементном растворе диаметром 1–2 метра на глубину ниже уровня грунтовых вод, что способствует накоплению воды в колодце. Большинство колодцев имеют глубину меньше 20 метров. Насос устанавливается на двух или трех стальных балках, на высоте 3–4 метров от уровня воды.

Буровая скважина

Раньше буровые скважины проходили с помощью бура вручную, но в настоящее время бурение происходит с помощью механического привода. Обычно диаметр такой скважины от 6'' до 14''. Глубина этих скважин очень редко превышает 40 метров. Корпус буровой скважины — бетонные или короткие стальные трубы, соединенные между собой с помощью резьбы, устанавливается после того, как скважина была пробурена.

Обычно колодцы, которые долго использовались, представляют собой комбинацию колодца и буровой скважины, так как колодец осушается из-за понижения уровня подземных вод на несколько метров. Поэтому бурится скважина до нового водоносного слоя для обеспечения достаточного количества воды в течение всего года.

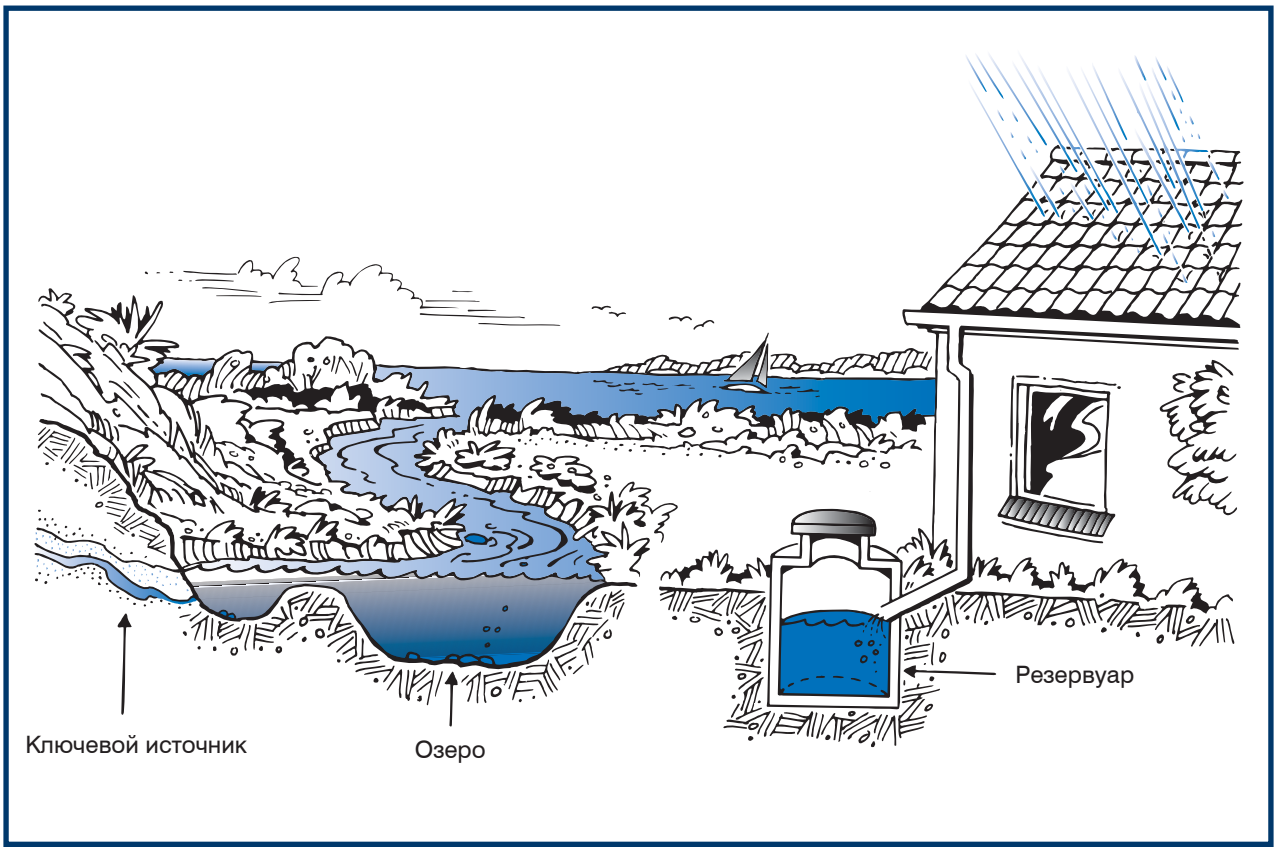


Рис.10 Другие источники воды

Ключевые источники

Ключевой источник представляет собой подземные воды, находящиеся под давлением и выходящие на поверхность земли через проницаемые слои. Такие источники часто встречаются в холмистых и горных районах. Обычно эти источники дают небольшое количество воды, поэтому при возоснабжении от ключевого источника необходимо установить резервуар для сбора воды с целью обеспечения потребного расхода во время максимального потребления.

Резервуары

Обычно резервуар представляет собой водонепроницаемую бетонную подземную емкость, наполняемую дождевой водой, стекающей с крыши. В засушливый период такие резервуары наполняются водой из мест, где имеется достаточное количество воды.

Резервуары используются в тех местах, где нет надежных подземных источников воды, например, на островах и полуостровах, где подземная вода соленая. Воду из ключевых источников и резервуаров не следует использовать для приготовления пищи и питья, если есть возможность использовать чистые грунтовые воды. Ключевые источники могут быть загрязнены.

Озера и реки

Озера и реки содержат поверхностную воду.

Вода из рек и озер не должна напрямую подаваться для использования потребителем в домашнем хозяйстве. Она должна забираться из неглубоких колодцев, сделанных на берегу озера или реки, и фильтроваться не менее чем через 5–10-метровый слой песка, так как вода может быть загрязнена вредными веществами и пестицидами.

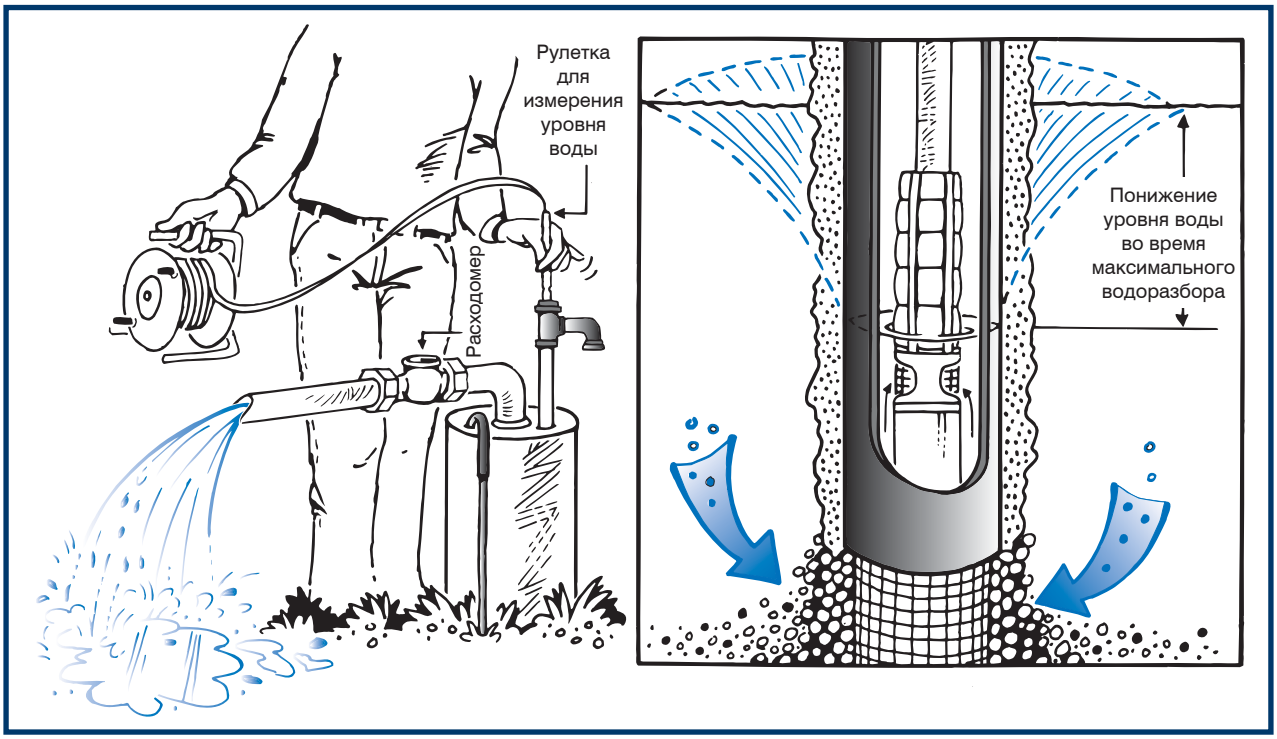


Рис.11 Проверка производительности

Проверка производительности

Когда выбран источник воды, наилучшим образом соответствующий необходимым требованиям, должны быть проделаны следующие действия:

- Определение объема воды и уровня ее падения
- Проведение анализа воды на качественные показатели (будет рассмотрено позже)

Испытания скважины

После того как скважина пробурена, организация, проводящая работы, должна предоставить протокол испытаний данной скважины или паспорт скважины.

Если Вы не располагаете достоверной информацией о производительности данной скважины, буровики или поставщики насосов, вероятно, могут предоставить Вам на время испытательный насос. Этот насос должен поработать, по возможности, 24 часа, с расходом, соответствующим расчетному максимальному потреблению. Затем необходимо провести замер падения уровня подземных вод. Для измерения расхода используйте расходомер.

Если нет расходомера, закрепите трубу меньшего размера на выходе напорной трубы в горизонтальном положении и измерьте высоту от уровня земли до центра трубы.

Во время перекачивания воды измерьте длину от конца трубы до места падения струи на землю. По этим двум значениям можно найти приблизительный расход по диаграмме.

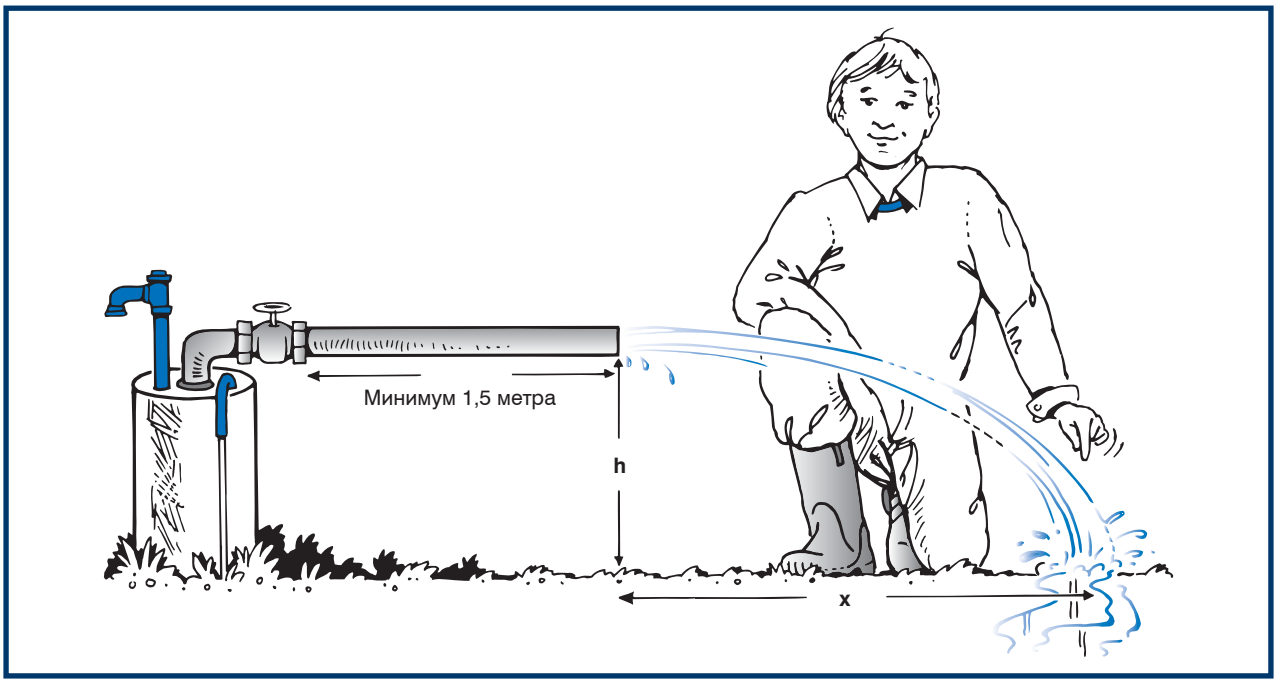
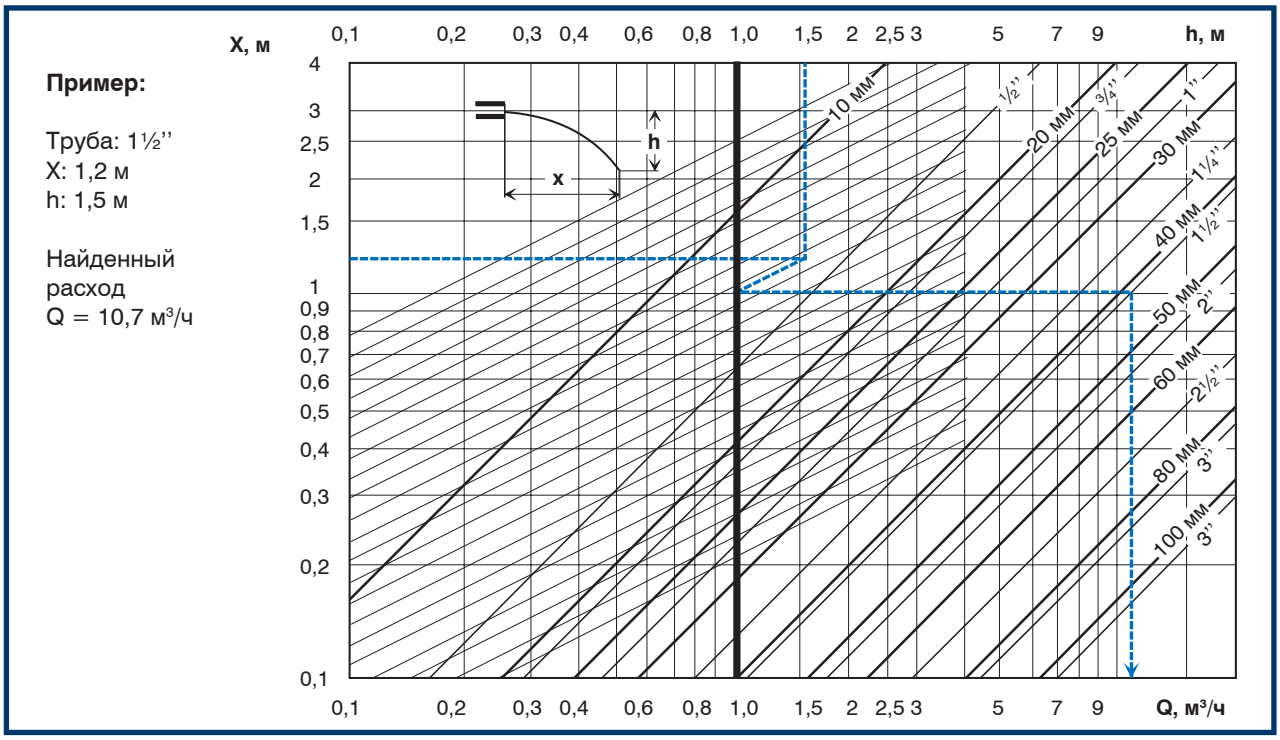


Рис.12 Измерение расхода без расходомера

Диаграмма для определения расхода

Напорная труба должна быть полностью заполнена водой.



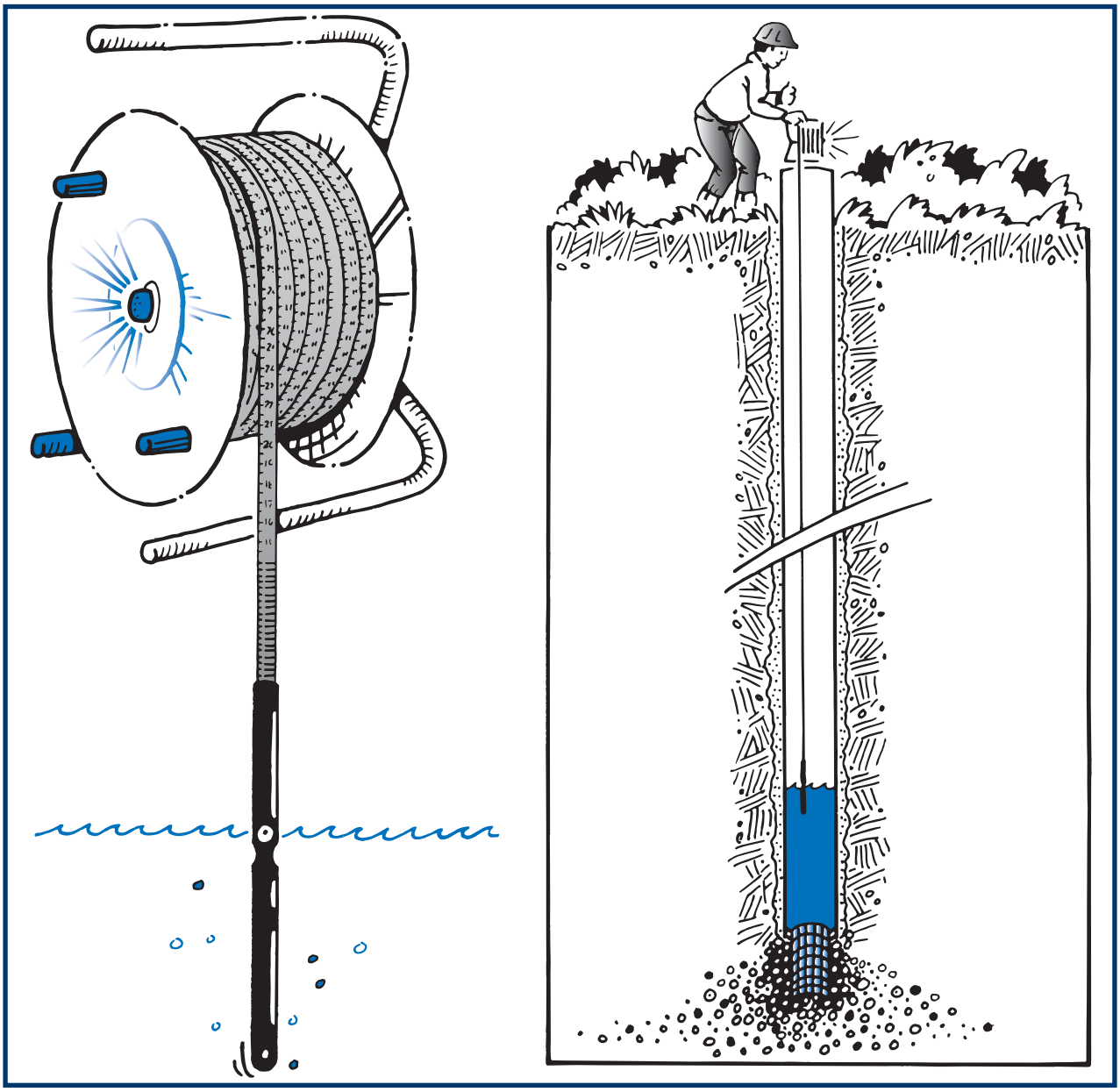


Рис.13 Измерение уровня воды

Измерение уровня воды

Когда установлена производительность насоса, должна быть измерена глубина динамического уровня воды. Это может быть легко сделано с помощью специального устройства для измерения уровня воды, которое вы можете одолжить у организации, производящей бурильные работы.

Порядок действий

Медленно опускайте устройство в скважину. Если верхний конец трубы имеет острые необработанные выступы, будьте осторожны, не повредите кабель! Как только встроенный в отвес электрод погрузится в воду, на кабеле загорится красная лампочка. Слегка потяните кабель вверх; как только электрод окажется вне воды, лампочка отключится. Таким образом, это устройство точно определит и покажет расстояние до воды.

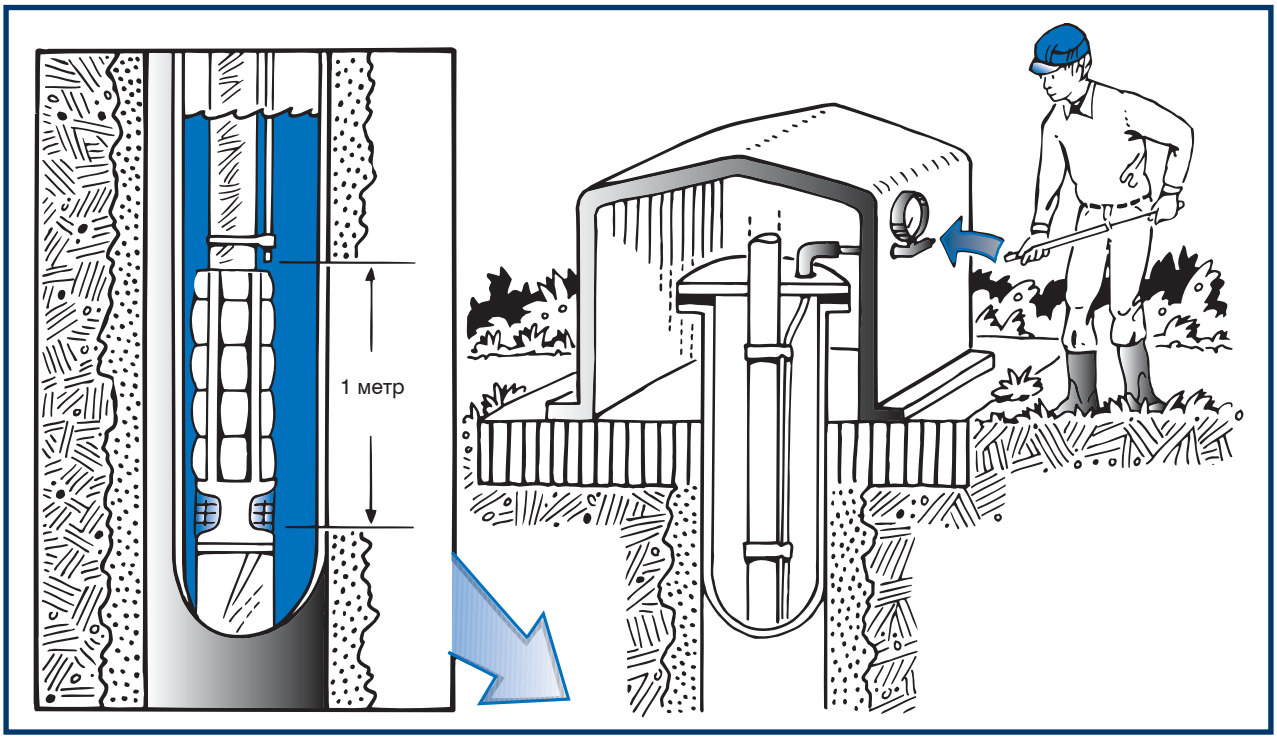


Рис.14 Установка для контроля снижения уровня

Периодический контроль уровня

Для регулярного контроля уровня воды в скважине целесообразно вместе с насосом установить индикатор уровня воды.

Индикатор уровня воды состоит из прочной пластиковой трубки диаметром 1/8'', соединенной с манометром и воздушным клапаном.

Порядок действий

1. Установите открытый конец трубки на напорный патрубок насоса. Замерьте расстояние между всасывающим патрубком насоса и открытым концом трубки. Установите насос в колодец, замерьте вертикальное расстояние от открытого конца трубки до уровня земли. Очень важно, чтобы расстояние между открытым концом трубки и всасывающим отверстием насоса было не меньше 30 сантиметров. Рекомендуемое расстояние — 1 метр.
2. Запишите расстояние от уровня земли до открытого конца трубки.
3. Закачивайте воздух в трубку до тех пор, пока значение на манометре не будет постоянным. Если указатель на манометре возвращается к нулевой отметке, возможно, имеет место небольшая протечка в трубном соединении, или уровень воды находится ниже открытого конца трубки. Проверьте возможность утечки в трубке или в соединении, и затем опять продолжайте закачивание воздуха до постоянного показания на манометре.
4. Запишите постоянное значение, указанное манометром.
5. Запустите насос.

3. Источники воды

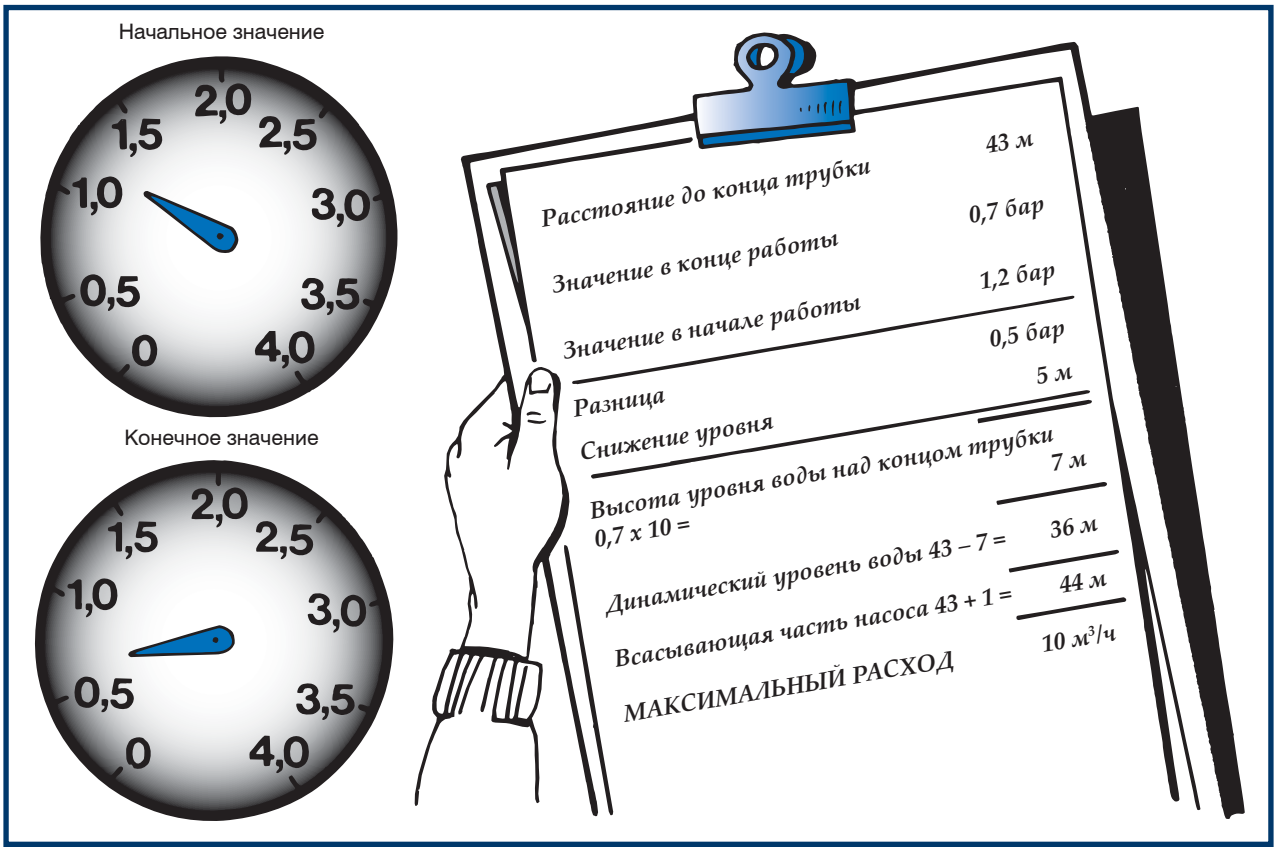


Рис.15 Определяемые значения и расчет

6. Измерьте количество воды.

7. Запишите показания манометра в конце работы насоса, пока он работает.

8. Вычтите меньшее значение манометра из большего. Многие манометры дают показания в барах. На рисунке разница между двумя значениями составляет 0,5 бар.

9. Умножьте полученное значение (в барах) на 10. 10-метровый водяной столб создает давление в 1 бар. Поэтому понижение уровня может быть рассчитано в метрах путем умножения 0,5 бар на 10. Само по себе понижение уровня воды (статический уровень воды меньше динамического уровня) ничего не говорит об ее уровне над насосом. Но, несмотря на это, по нему можно определить, забит фильтр или нет.

10. Расчет уровня воды над насосом. Умножьте меньшее значение (0,7 бар) на 10; это даст динамический уровень воды 7 метров над открытым концом трубы. Расстояние от открытого конца трубы до входного патрубка насоса составляет 1 метр, и, таким образом, суммарный уровень воды над насосом в течение его работы будет 8 метров.

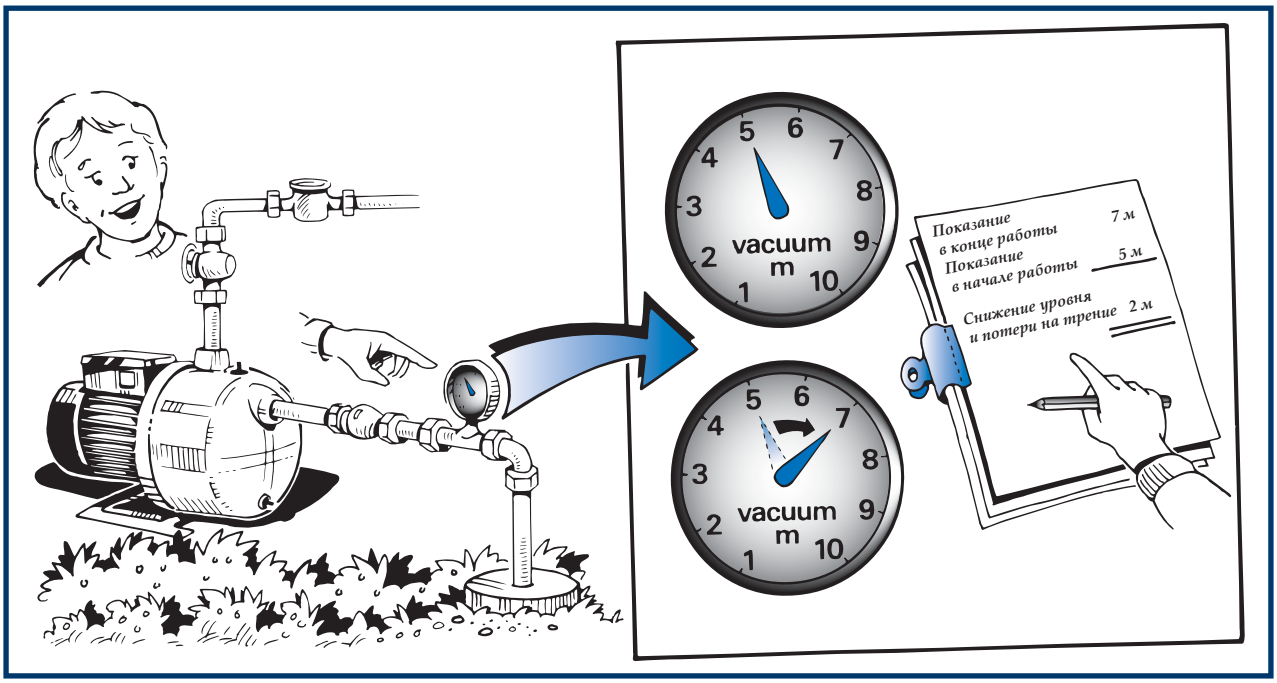


Рис.16 Испытания забивной скважины

Испытания забивной скважины

Для забивных и забитых подмывом скважин малого диаметра всасывающий трубопровод имеет большое значение для контроля снижения уровня воды и потерь на трение.

Для проведения испытаний используйте самовсасывающий насос. При нормальных условиях такой насос поднимает воду на 7–8 метров. Установите обратный клапан и вакуумметр на всасывающей стороне насоса, как показано на рисунке.

Порядок действий

1. Заполните насос водой

2. Запустите насос и позвольте ему работать до тех пор, пока из скважины не будет откачан весь воздух.

3. Остановите насос и проверьте, чтобы стрелка вакуумметра не двигалась.

4. Запишите показание вакуумметра (статический уровень воды).

5. Запустите насос опять и регулируйте расход краном до тех пор, пока не будет достигнут необходимый уровень максимального потребления.

6. Проверьте, чтобы стрелка вакуумметра не двигалась. Если она вибрирует, то это может указывать на кавитацию в насосе.

7. Запишите показания вакуумметра в конце проведения испытаний (динамический уровень воды).

8. Вычтите меньшее показание из большего. Разница представляет собой комбинацию понижения уровня воды и потерь на трение.

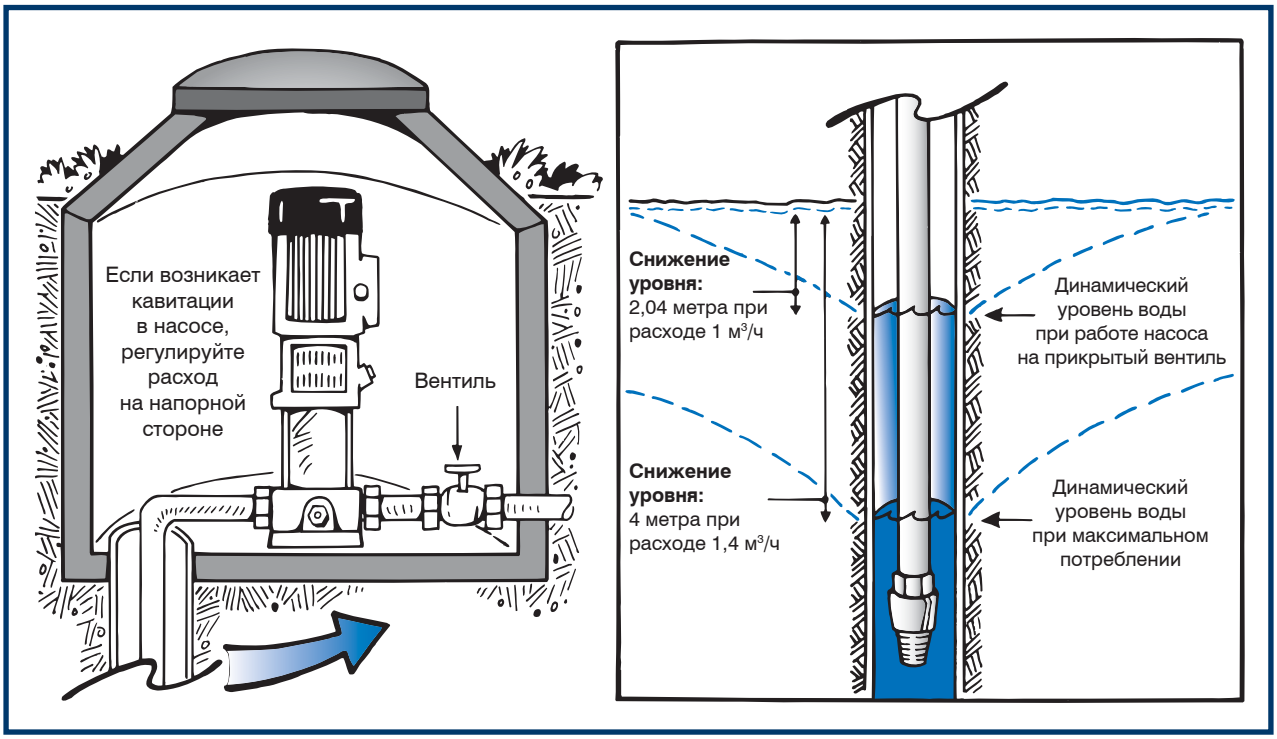


Рис.17 Снижение уровня воды

Расчет понижения уровня воды при фиксированном расходе

Если гидравлические условия вокруг входного фильтра неизвестны, то может быть проведен только ориентировочный расчет понижения уровня при других значениях расхода, используя следующую формулу:

Понижение уровня = постоянный коэффициент × расход в квадрате

$$D = C \times Q^2 \Rightarrow C = \frac{D}{Q^2}$$

Известные величины: Q = 1,4 м³/ч при D = 4 метра

Постоянный коэффициент C:

$$C = \frac{\text{Понижение уровня}}{\text{Расход в квадрате}} = \frac{4}{1{,}4^2} = 2{,}04$$

При расходе 1 м³/ч понижение уровня $D = C \times Q^2 = 2{,}04 \times 12 = 2{,}04$ метра, что примерно составляет половину при расходе 1,4 м³/ч.

Такой расчет бывает необходим, если динамический уровень воды при максимальном потреблении падает на такую большую величину, что в насосе начинается процесс кавитации. В случае возникновения кавитации необходимо отрегулировать расход на напорной стороне насоса таким образом, чтобы уменьшить понижение уровня.

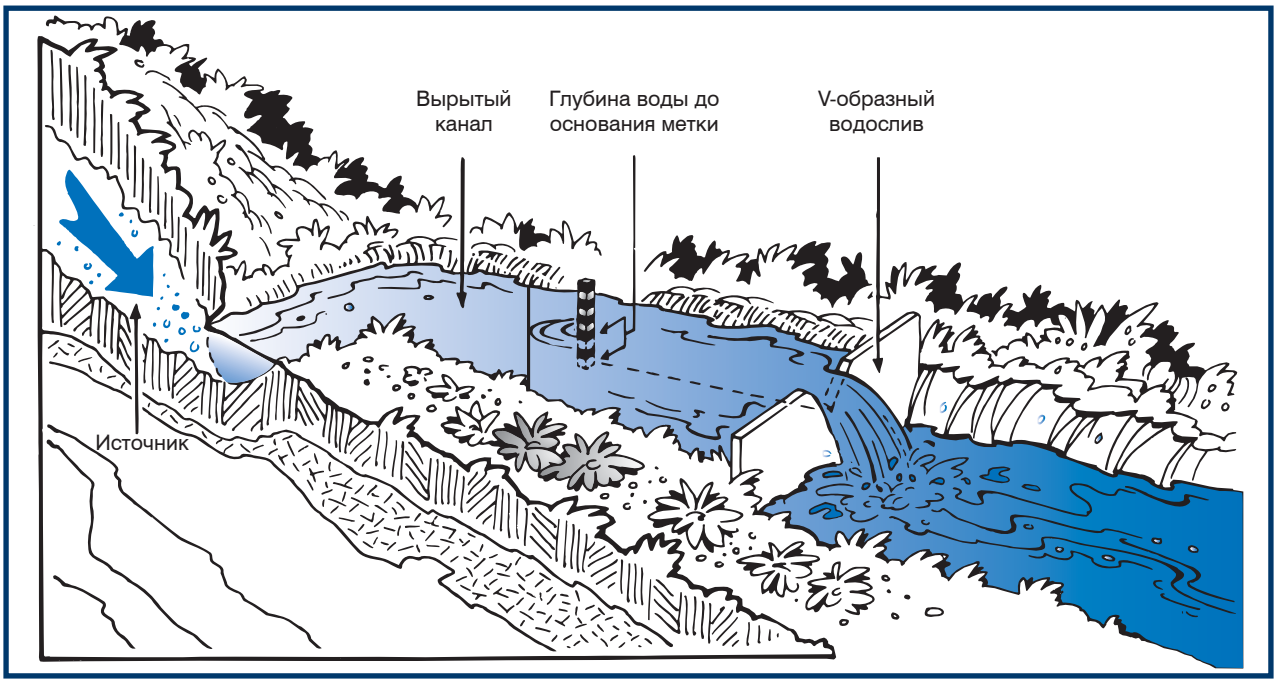


Рис.18 Запас воды в ключевом источнике

Запасы воды в ключевом источнике

Так как количество воды в ключевых источниках меняется в течение года, особый контроль за расходом должен быть произведен в сухой период. Чтобы проконтролировать расход источника, находящегося на возвышенном месте, необходимо прорыть канал с измерительным водосливом с тонкой стенкой.

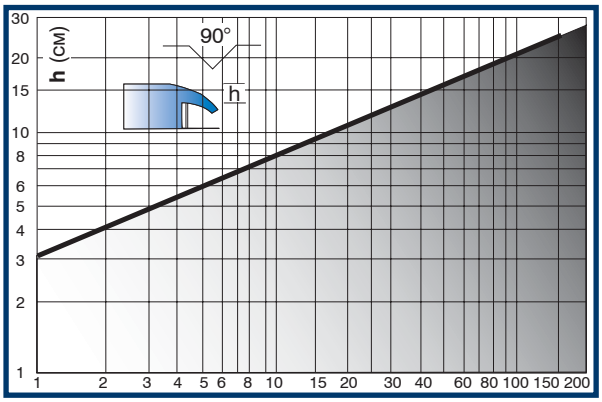


Рис.19 Расчетная диаграмма

Если данные приготовления не дадут результата, необходимо совместно с представителем компании, занимающейся водоснабжением, провести эксплуатационные испытания источника с помощью насоса.

Если вы заметили значительные изменения объема воды в источнике в течение года, то он будет ненадежным для потребителя. А также этот источник может представлять угрозу для здоровья, если он должным образом не защищен от проникновения загрязнений. Для тех ключевых источников, в которых объем воды больше средней дневной нормы, но меньше максимальной потребности, должна быть установлена резервная емкость.

3. Источники воды

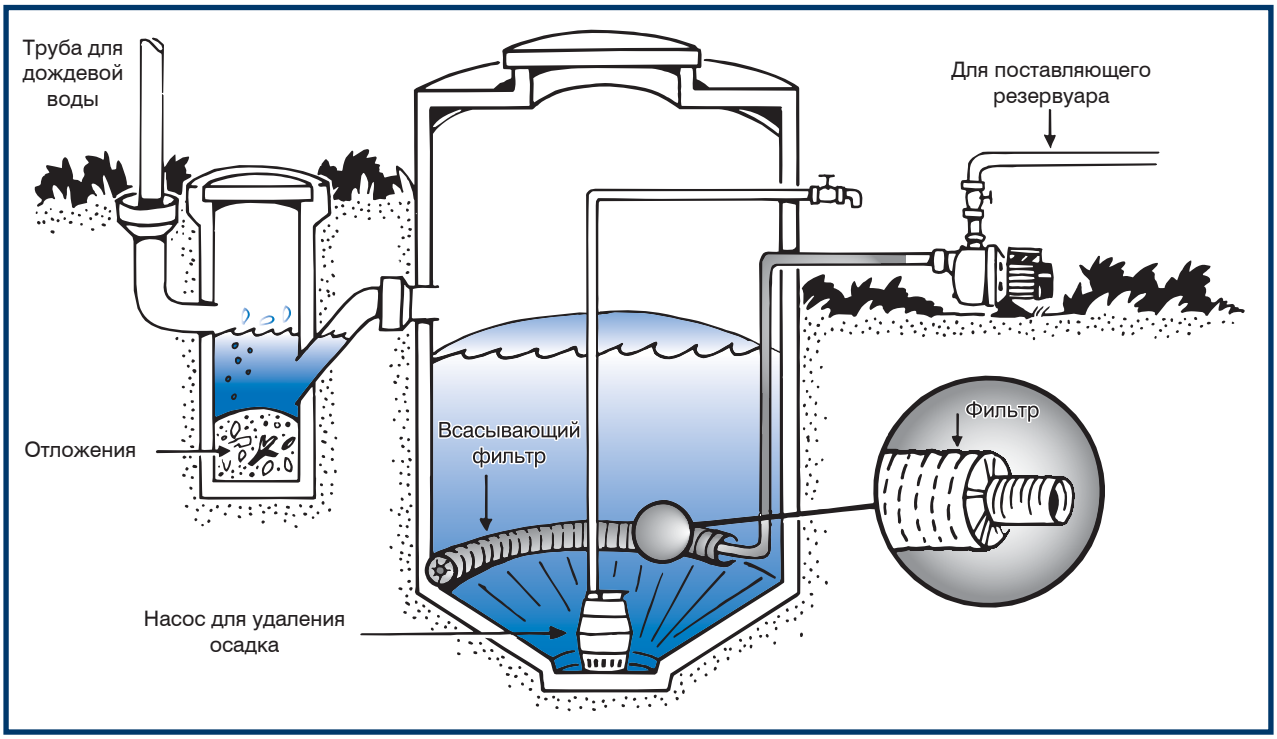


Рис.20 Установка резервуара

Запас воды в резервуаре

Резервуары с водой используются в том случае, когда нет других источников. На практике, обычно резервуары используются совместно с каким-либо другим источником, например, водой, поставляемой автоцистерной.

Для определения объема резервуара необходимо иметь следующую информацию:

1. Среднегодовой объем дождевых осадков в данной местности.

2. Разница между минимальным объемом дождевых осадков во влажный сезон и дневным потреблением воды, которая должна быть использована в сухой период.

3. Уровень собираемой воды в данной местности (обычно имеются потери ее, например, за счет испарения, в размере 30–40% от объема дождевых осадков до того, как они собраны в резервуаре).

4. Наиболее продолжительный засушливый период для данной местности.

5. Доступная площадь крыш домов, с которых вода будет собираться в резервуар.

Поверхности, с которых производится сбор дождевой воды, называются водосборными площадями.

Водосборные площади включают в себя крыши зданий и мощеные участки земли, которые обычно используются в засушливых регионах или на островах и полуостровах с соленой подземной водой.

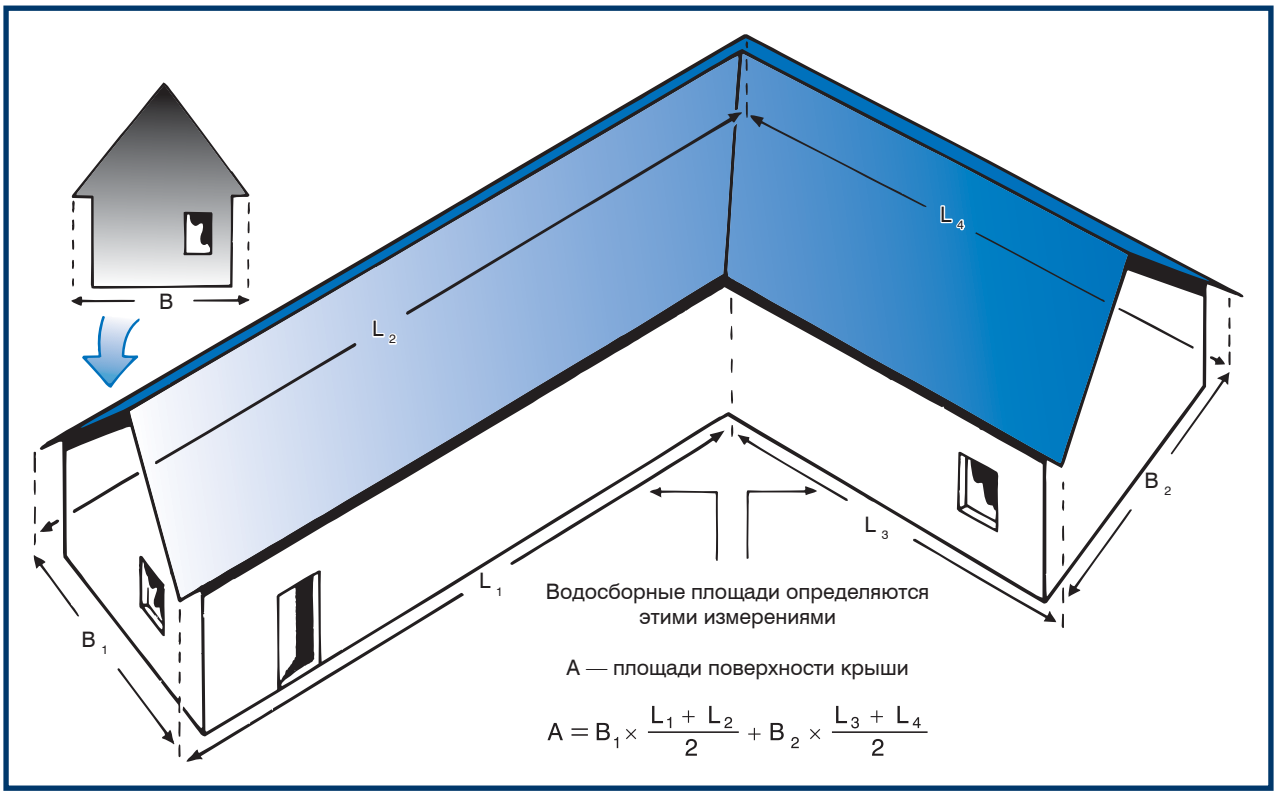


Рис.21 Водосборные площади

Ресурсы водосборных площадей

Количество воды (нетто) с квадратного метра водосборной площади	
Годовое минимальное количество дождевых осадков (мм)	Годовое количество воды с квадратного метра (в литрах)
100	66
200	133
300	200
400	266
500	333
600	400
700	466
800	533
900	600
1000	666

Снижение количества воды по сравнению с годовым уровнем осадков было сделано с учетом потерь вследствие испарения, утечек и удаления осадков из резервуара.

Исходя из имеющейся информации, можно определить:

- Достаточно ли осадков выпадает для удовлетворения потребности в воде в течение года
- Возможна ли установка достаточно большой емкости для хранения излишков воды от сезона дождей для использования ее во время засухи

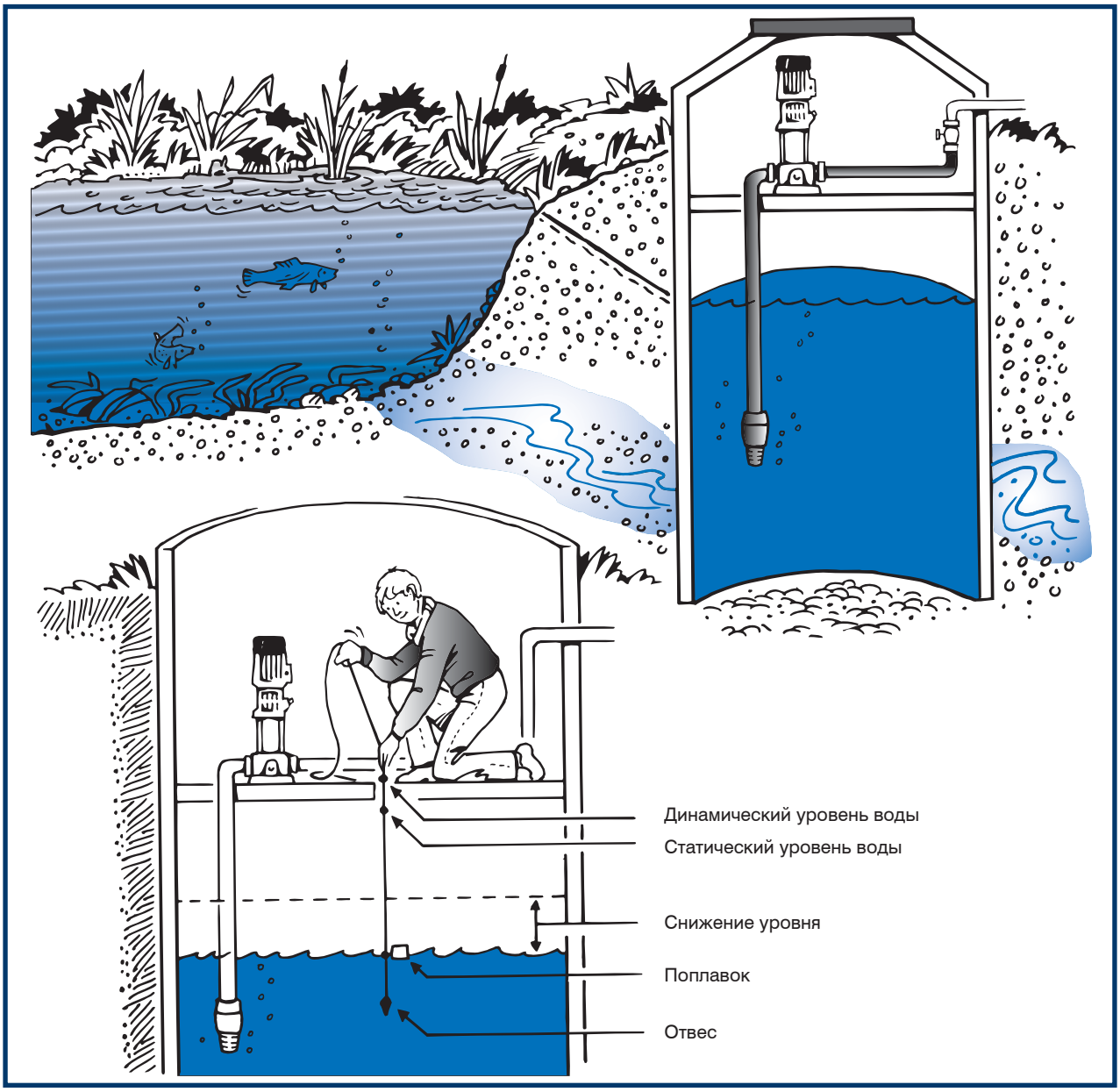


Рис.22 Испытания неглубоких колодцев

Неглубокие колодцы

Воду непосредственно из рек и озер можно использовать только для орошения.

Для питья и приготовления пищи вода должна браться из колодцев, сооруженных недалеко от берега водоема.

Проверьте производительность колодца с помощью водомера, а также снижение уровня при работе насоса в условиях максимального водоразбора.

Если позволяет свободное пространство, для определения снижения уровня можно использовать метод «поплавка на леске». В других случаях можно использовать способ, описанный на странице 24.

Качество воды

Глава 4

4. Качество воды

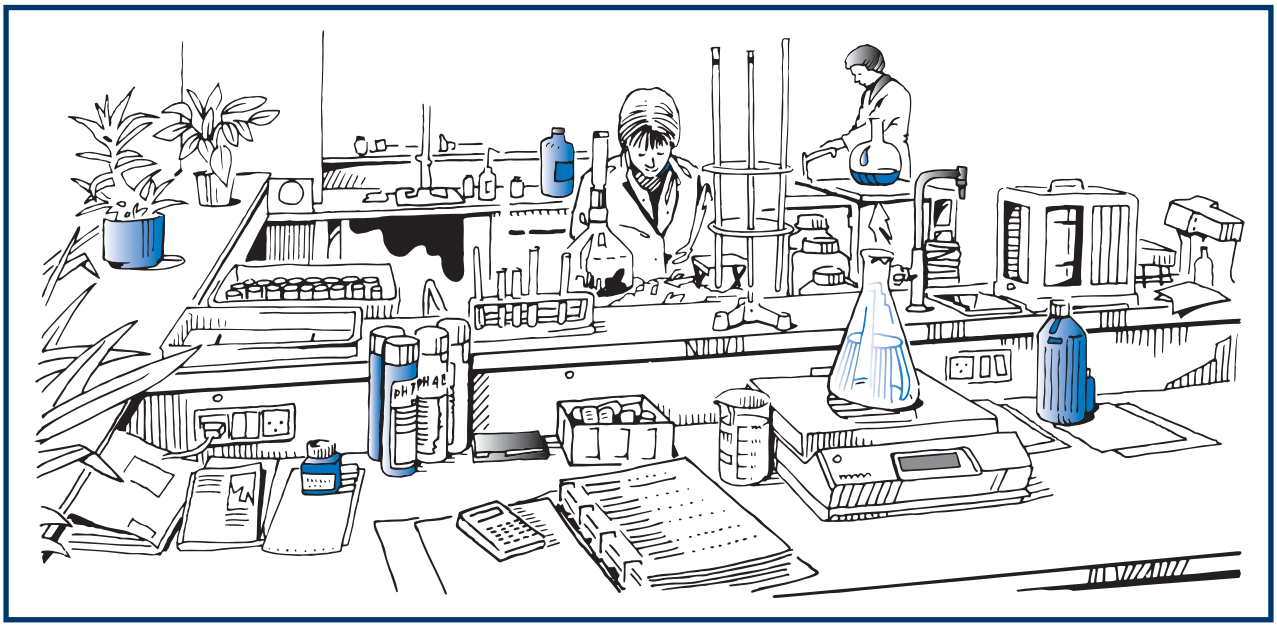


Рис.23 Лаборатория

Проверка в лаборатории

После открытия нового источника воды наиболее важным моментом является проверка воды на качество.

Для проведения необходимых химических и бактериологических анализов Вы можете обратиться в местные органы здравоохранения или контрольно-аналитическую лабораторию. По результатам лабораторных анализов можно определить, соответствует ли вода установленным требованиям.

Проверка подручными средствами

Наиболее высока возможность загрязнения для таких источников воды, как подземные ключи, резервуары, озера и реки. Также представляет опасность вода, хранившаяся в открытой емкости при температуре выше +15°C более трех дней до начала использования.

Поэтому целесообразно регулярно проверять воду на качественные показатели. Для проведения анализов можно использовать специальные комплекты приборов и реактивов. При помощи данных комплектов можно с точностью определить наличие таких часто встречающихся опасных факторов, как:

- Кишечная палочка, источником которой служат теплокровные животные или люди.
- Нитраты из естественных или химических удобрений.
- Изменение показателя кислотности pH.

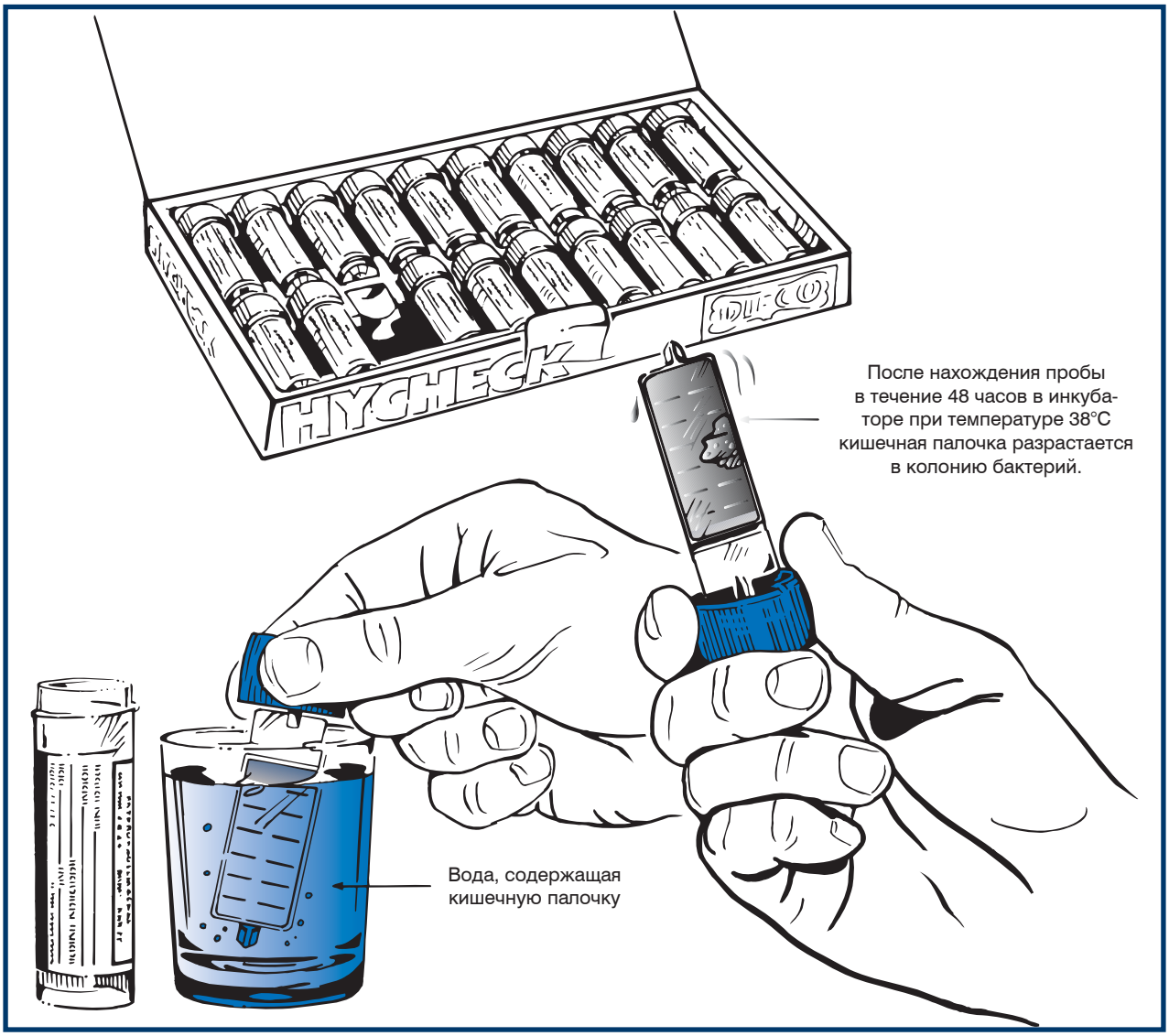


Рис.24 Проведение анализа на содержание кишечной палочки. Применяется комплект для домашнего применения, снабженный пошаговой инструкцией.

Заражение кишечной палочкой

Во вновь заполненном колодце кишечная палочка может находиться, по крайней мере, в течение 50 дней.

Даже если колодец с водой был тщательно исследован, такое заражение может произойти после исследования.

Если в питьевой воде постоянно обнаруживается кишечная палочка, такая вода представляет угрозу для здоровья.



Рис.25. Анализ на содержание нитратов из удобрений

Загрязнение нитратами

Содержание нитратов в питьевой воде может быть результатом дождя, выпавшего на удобренное поле примерно 40 лет назад. Нитраты легче обнаружить, чем многие другие пестициды, которые постоянно сменяют друг друга начиная с 1960-х годов, когда началось интенсивное применение удобрений. Поэтому именно нитраты используются как вероятный признак присутствия других ядохимикатов.



Рис.26 Проведение анализа на кислотность (значение pH). При значении pH ниже 6 в воду должен быть добавлен оксид кальция во избежание процесса коррозии.

Выводы

Если в источнике воды обнаружено наличие кишечной палочки или нитратов в небольших количествах, это не означает, что вода инфицирована брюшно-тифозными микробами, бактериями, вызывающими различные заболевания, или паразитами. Но это должно быть стимулом для проведения обеззараживания воды и обнаружения источника загрязнения. Такой источник должен быть обязательно найден и уничтожен. Если этого сделать не удалось, необходимо найти другой источник воды.

4. Качество воды

Загрязненная вода

Глава 5

5. Загрязненная вода

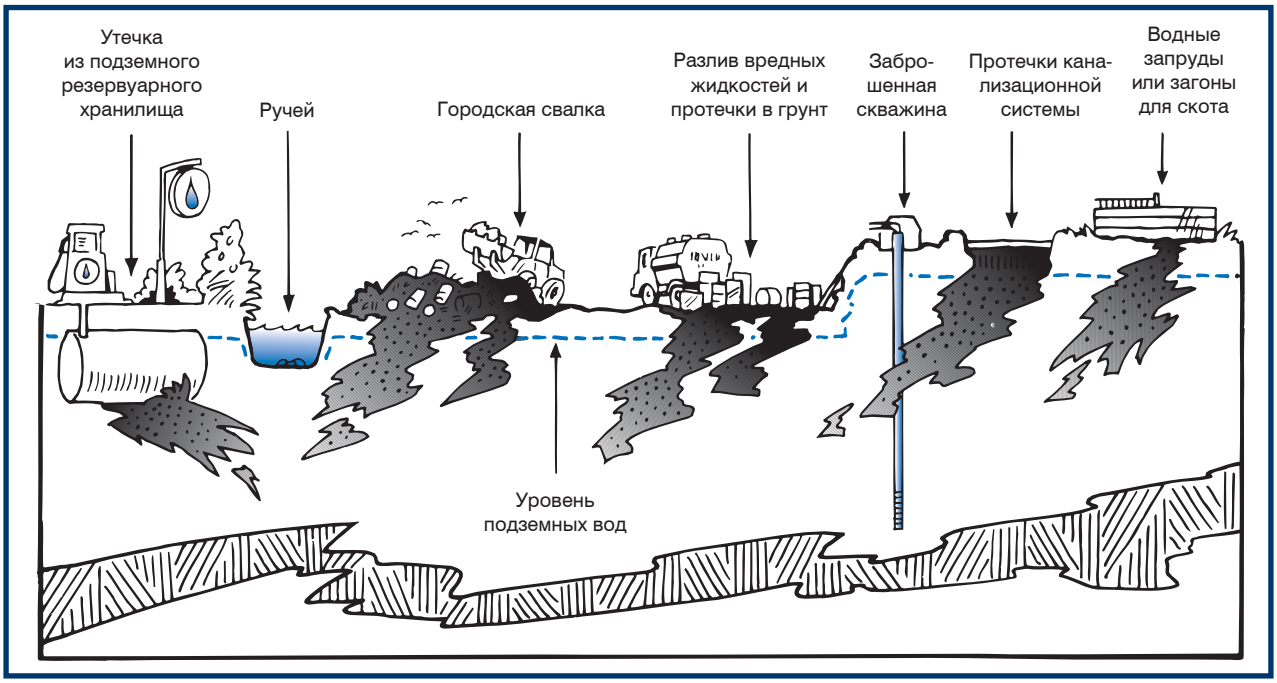


Рис.27 Промышленные и коммерческие загрязнения

Промышленные и коммерческие загрязнения

Загрязнение озер, рек и подземных источников воды происходит вследствие халатного отношения и безответственности людей, а также в целях быстрого получения прибыли. Многие реки так сильно загрязнены, что для очистки воды до состояния безопасной питьевой необходимы огромные инвестиции.

Подземные источники, дающие воды в 20–30 раз больше, чем все озера, ручьи и реки, ранее считались защищенными от проникновения загрязнений слоями земли, находящимися сверху. Но теперь мы знаем, что они могут быть подвержены загрязнению, как и наземные воды, если не организовать их защиту.

Это только вопрос времени.

Существует два типа загрязнения подземных вод:

1. Когда загрязненная вода проходит водоносный слой на его пути к ручью или морю.

2. Загрязнения, проникающие в воду у Вас на виду.

Вы можете способствовать прекращению загрязнения окружающей среды, поддерживая местное движение за минимизацию каких бы то ни было загрязнений.

Остановить загрязнение окружающей среды — задача каждого из нас.

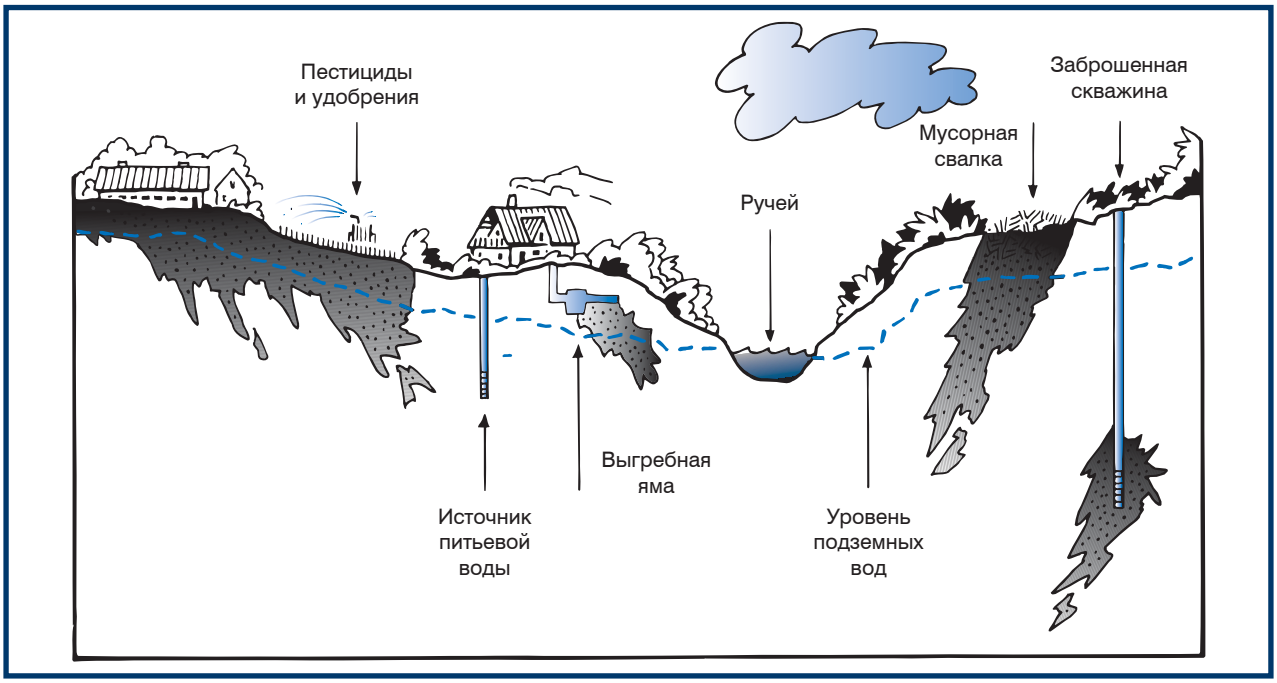


Рис.28 Загрязнения водных источников в городах и сельской местности

Городские и сельские стоки

Источник загрязнения	Возможные основные компоненты загрязнения
Городская мусорная свалка	Тяжелые металлы, хлориды, натриевые соли, кальциевые соединения
Промышленные свалки	Широкий диапазон органических и неорганических соединений
Места захоронения опасных отработанных веществ	Широкий диапазон неорганических веществ (тяжелые металлы, такие как шестивалентный хром) и органические составляющие (пестициды, растворители, полихлоридные бифенилы)
Бассейны или резервуары для хранения отработанных жидкостей (отстойники, резервуары для выщелачивания и испарительные бассейны)	Тяжелые металлы, растворители и солевые растворы
Септические резервуары, отстойники	Органические составляющие (растворители), нитраты, сульфаты, соли натрия и микробиологические загрязняющие вещества
Попадание отработанных веществ в скважины	Множество органических и неорганических соединений
Сельскохозяйственная деятельность	Нитраты, гербициды и пестициды
Канализационная вода и грязь, слитые на землю	Тяжелые металлы, органические соединения, неорганические соединения и микробиологические загрязняющие вещества
Загрязнения, вызванные стоками с городских территорий	Неорганические соединения, тяжелые металлы и продукты нефтепереработки
Использование противогололедных реагентов	Хлориды, соли натрия и кальция
Заброшенные скважины и отработанные карьеры	Множество органических, неорганических и микробиологических соединений с поверхностных стоков и других загрязненных источников

5. Загрязненная вода

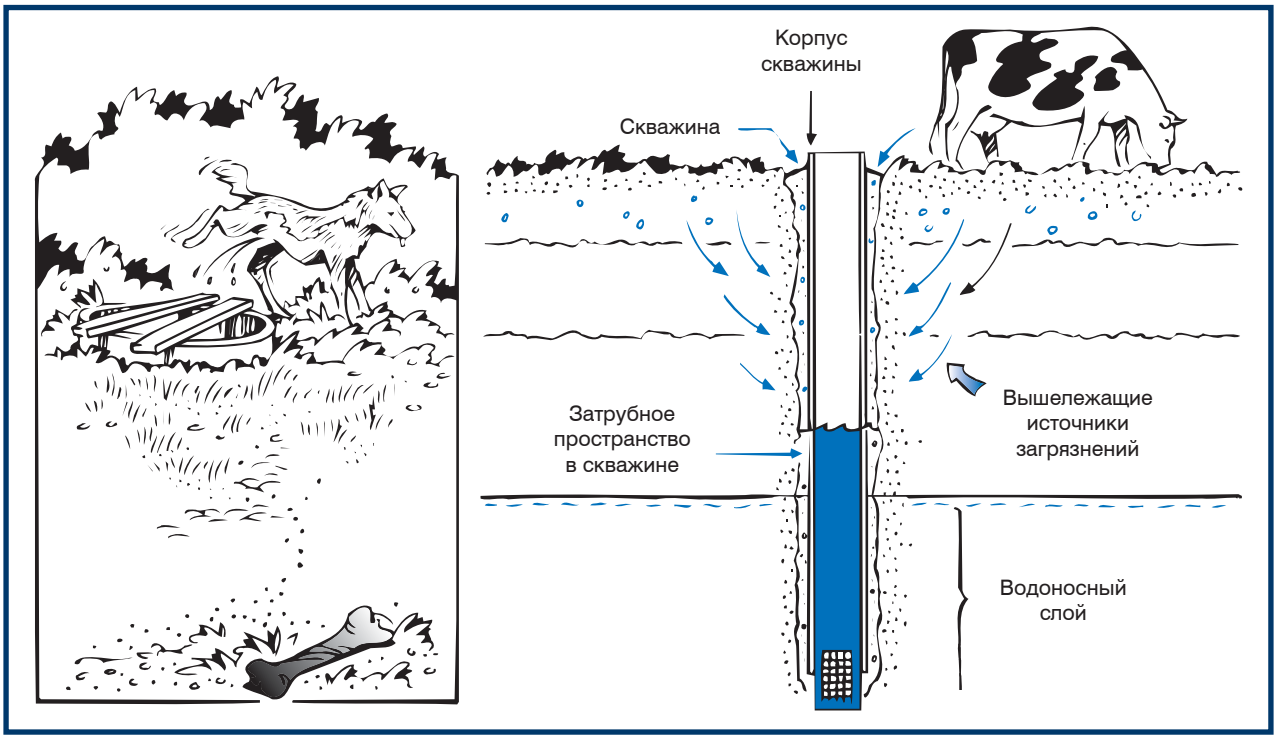


Рис.29 Загрязнение

Источники загрязнения

Обычно загрязнение подземных вод обусловлено одной или несколькими следующими причинами:

- Протечка канализационных труб.
- Утечка из сточных колодцев.
- Открытые корпуса колодцев, способствующие прямому загрязнению источников воды животными.
- Отсутствие уплотнения вокруг скважины, в результате чего неотфильтрованная вода с поверхности попадает в скважинный фильтр.
- Нефть или другие пролитые химикалии (1 литр нефти может сделать непригодной для употребления 10 000 литров воды).
- Передозировка удобрений на полях.

Правильно разработанный и хорошо защищенный источник воды может использоваться в течение десятилетий, обеспечивая хорошую питьевую воду. Поэтому очень важно, чтобы источник был хорошо защищен и уплотнен.

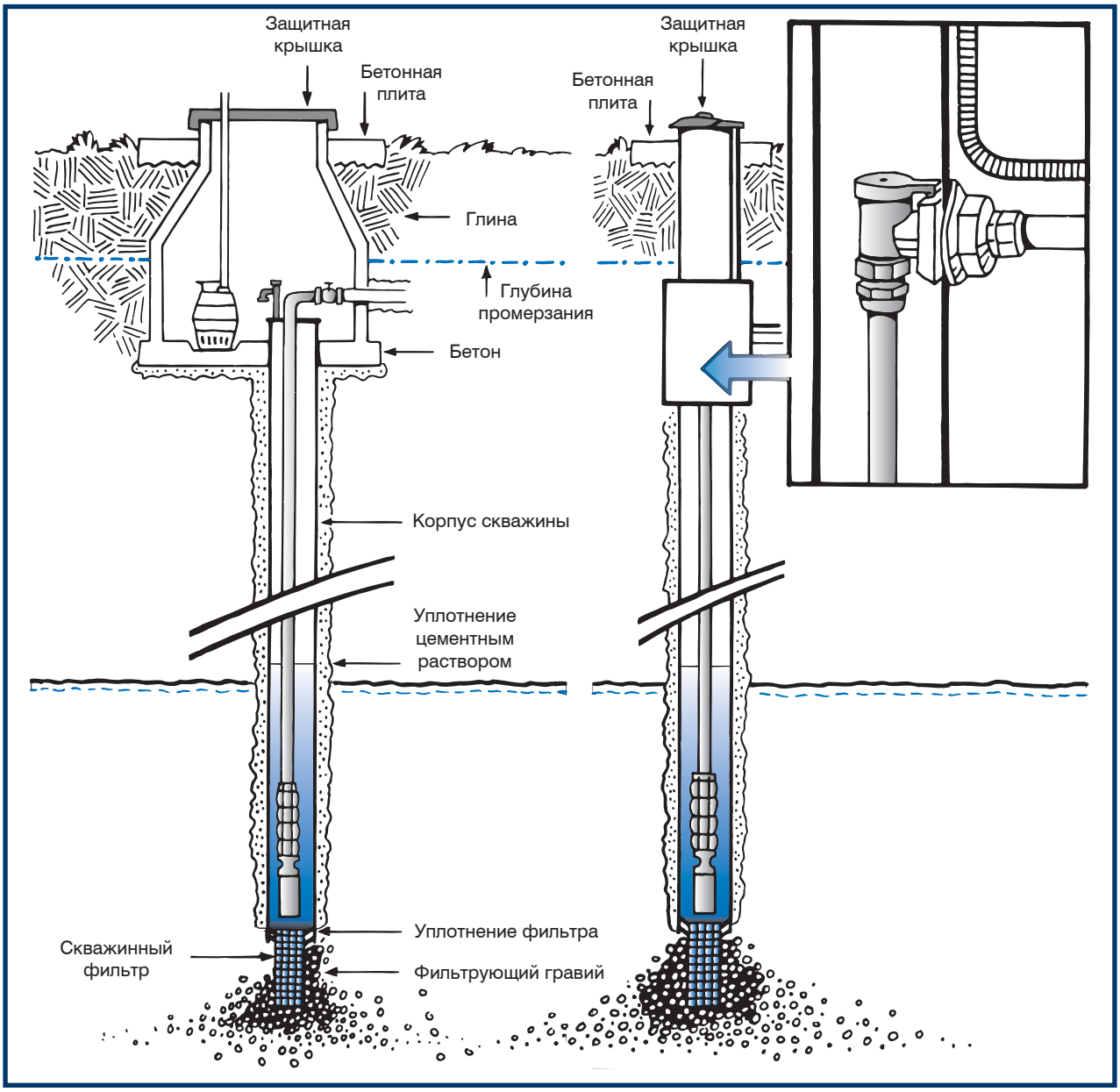


Рис.30 Защита скважин

Изоляция пробуренных скважин

Обычно диаметр пробуренной скважины больше диаметра ее обсадной трубы, вследствие чего образуется зазор. Этот зазор называется кольцевым пространством скважины. Оно является причиной загрязнения скважины с поверхности или от других водоносных слоев, содержащих загрязненную воду и находящихся на пути скважины до чистого водоносного слоя. Для защиты чистого водоносного слоя кольцевое пространство заполняют цементным раствором. Цементный раствор готовят следующим образом: обычно смешивают 50 кг цемента с 25 литрами воды, добавляют специальную глину и добавки, уменьшающие усадку. Также для защиты используется армированная бетонная крышка, устанавливаемая вверху скважины.

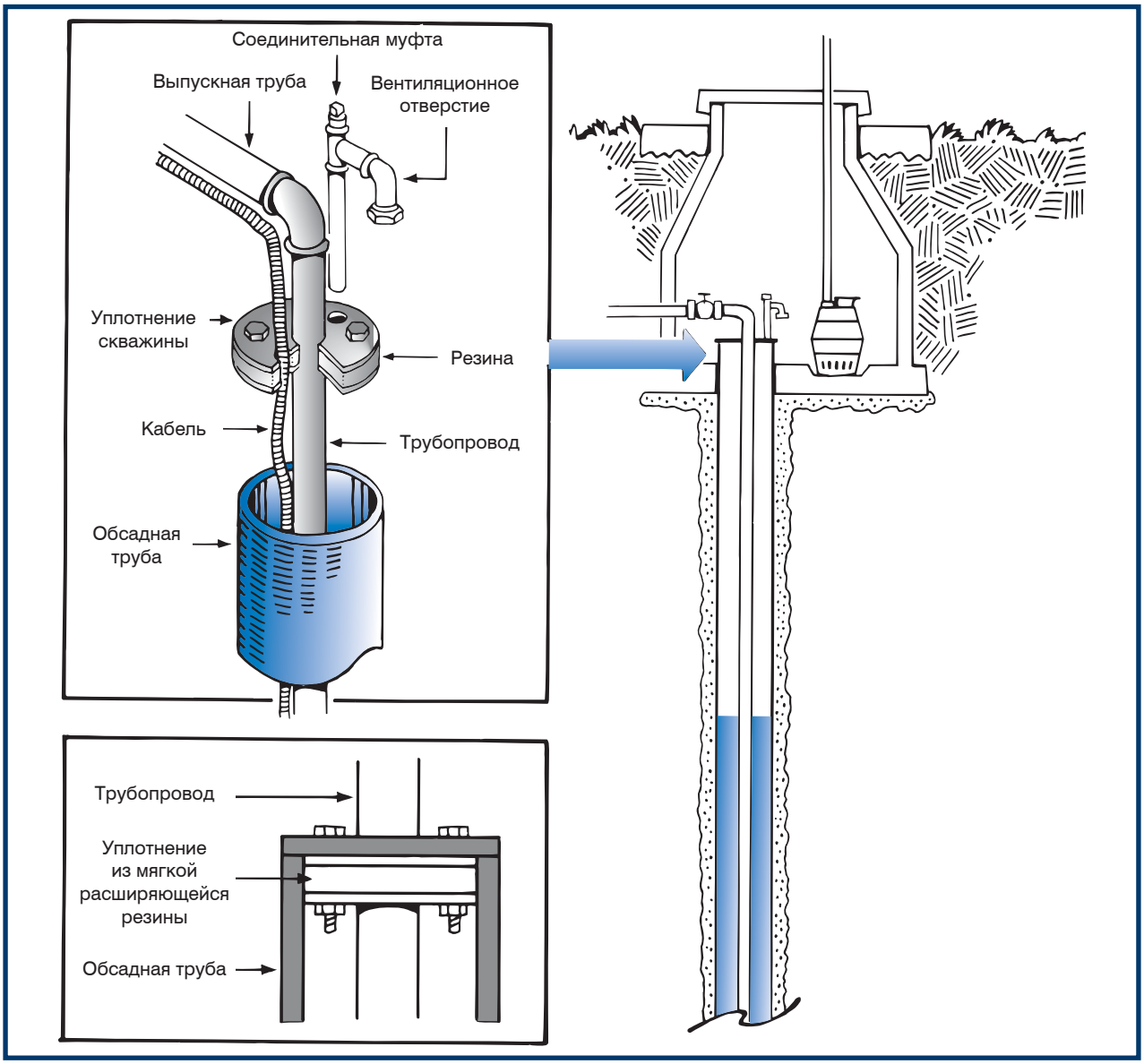


Рис.31 Герметизация

Герметизация пробуренных скважин

Верхняя часть обсадной трубы скважины должна выступать над поверхностью земли или пола на 0,3 метра и иметь герметичную защиту — уплотнение оголовка, через которое проходят в скважину напорная труба и кабель.

Любая вентиляционная труба должна быть закрыта специальной решеткой во избежание попадания туда насекомых.

Уровень земли должен быть сформирован таким образом, чтобы он имел конусообразный спуск вниз от скважины по всем направлениям.

Если место забора воды представляет собой сочетание источников (колодец, из которого далее вглубь пробурена скважина до чистого водоносного слоя), то необходимо установить в колодец дренажный насос для удаления вод, попадающих с поверхности.

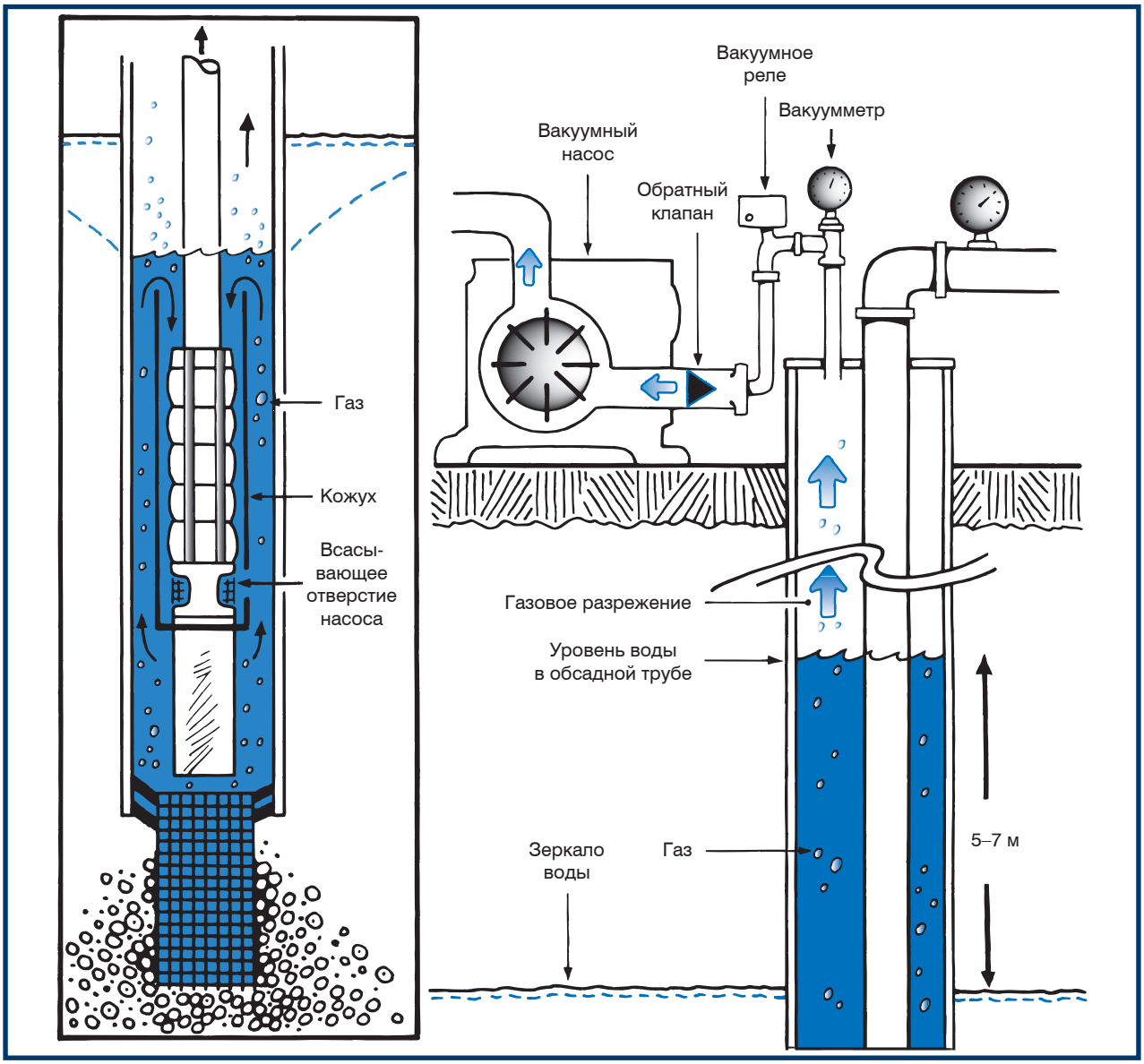


Рис.32 Отведение газа

Отведение газа

В воде некоторых скважин содержится большое количество растворенного газа, что придает воде неприятный запах и вкус. В отдельных случаях содержащийся в воде газ может заблокировать работу насоса. Эту проблему обычно решают путем установки кожуха, который начинается ниже всасывающего отверстия и продолжается вверх насколько возможно.

Создание разрежения в скважине

Если в воде скважины содержится такое большое количество газа, что установка кожуха не решает проблемы, тогда в обсадной трубе скважины необходимо создать разрежение. Для этого к вентиляционной трубе нужно подсоединить вакуумный насос, но при этом обсадная труба должна быть герметично уплотнена. Прежде всего необходимо проверить, достаточно ли прочна обсадная труба, чтобы противостоять разрежению.

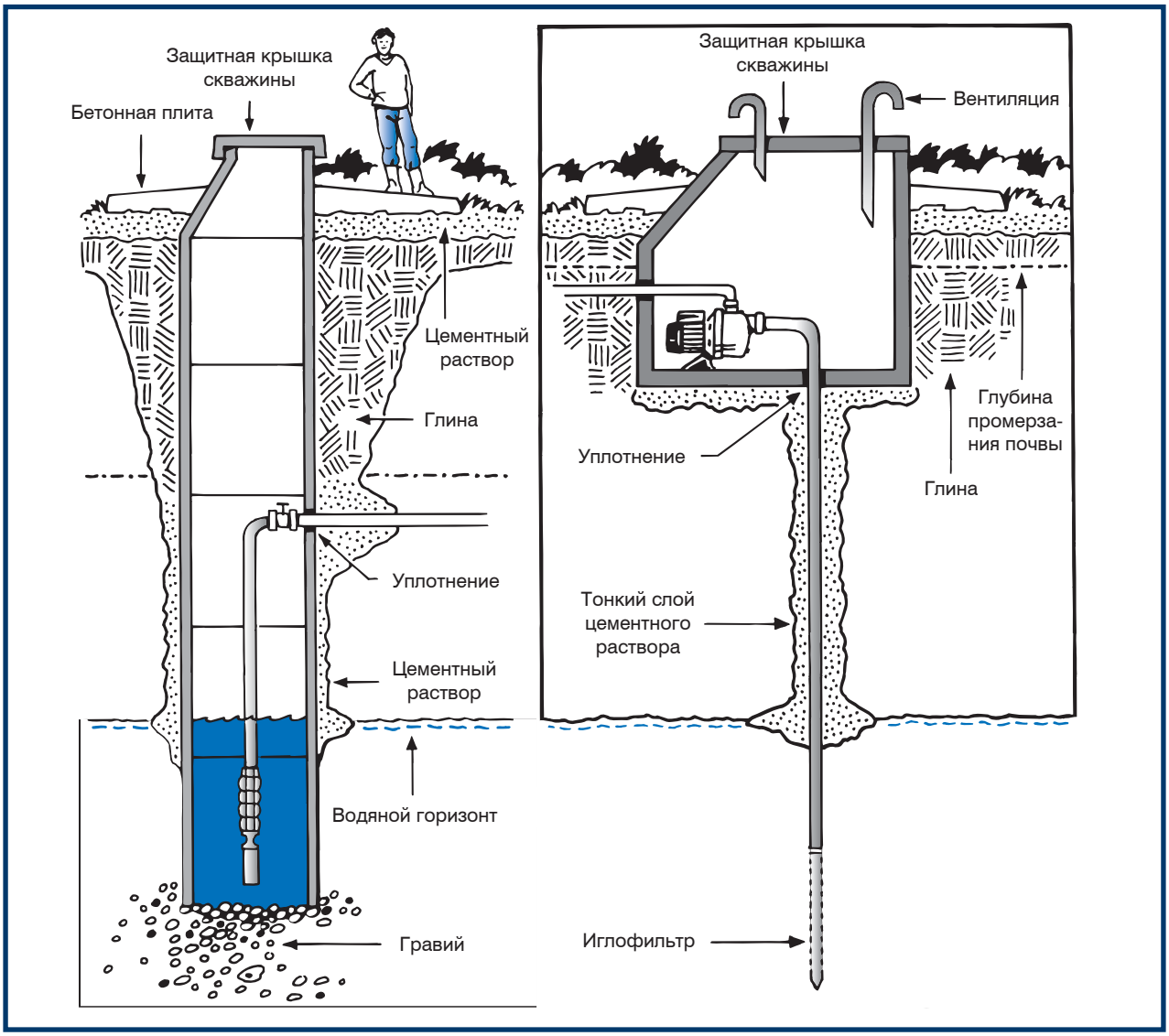


Рис.33 Герметизация

Герметизация колодца

Диаметр колодца чуть больше диаметра обсадных бетонных труб, и кольцевое пространство вокруг нижней бетонной трубы забивается обрушениями грунта. Вокруг труб до уровня промерзания почвы заливается цементный раствор низкой вязкости. Когда цементный раствор достигнет уровня воды, будет сформировано уплотнение (корка). Между морозостойкой глубиной и бетонной плитой необходимо запрессовать пластичную глину (бентонит), которая в незначительной степени подвержена замерзанию.

Герметизация забивных или «промывных» скважин

В случае, когда игольчатый фильтр забит или промывается через плотные слои грунта, возможно возникновение повреждений. Чтобы этого избежать, необходимо вдоль трубы пролить жидкий цементный раствор для образования уплотняющей корки на уровне первого водоносного слоя. Расстояние между бетонной плитой и уровнем промерзания почвы нужно заполнить и запрессовать пластичной глиной.

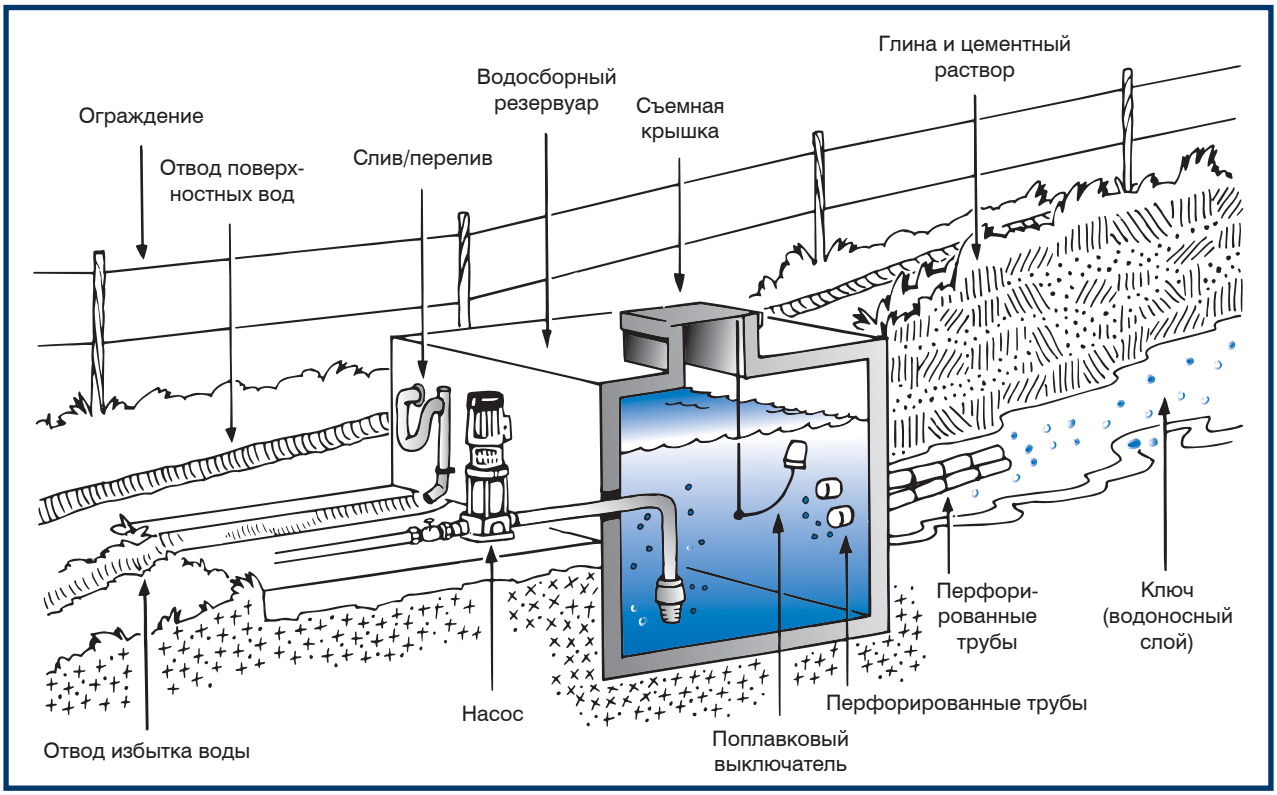


Рис.34 Герметизация

Герметизация ключевых источников

Ключевые источники с водой, пригодной для питья, обычно расположены на холмистых поверхностях. Ключевая вода собирается дренажными трубами, установленными в дренажном слое. После установки таких труб водоносный слой необходимо герметизировать с помощью пластичной глины и утрамбовать ее, чтобы не было возможности проникновения загрязнений. При сооружении водосборного резервуара все поверхности, утрамбованные глиной, необходимо залить цементным раствором.

Конструкция водосборного резервуара

Очень важно, чтобы съемная крышка была размещена примерно на 30 см выше верхней части сборного резервуара, чтобы дренажный насос, типа KP, можно было расположить как можно ниже ко дну для удаления мелкого песка и ила. Важным моментом также является установка переливной трубы с водоотделителем для удаления из резервуара лишней воды при недостаточном ее потреблении. Слив/перелив сконструирован таким образом, чтобы не допустить попадания в резервуар личинок и насекомых. Также в резервуаре должен быть установлен поплавковый выключатель, а вокруг источника необходимо прорыть траншею для отвода поверхностных вод во избежание попадания их в источник.

Если источник расположен вблизи выпаса домашних животных, на расстоянии не меньше 20 метров от источника нужно возвести изгородь.

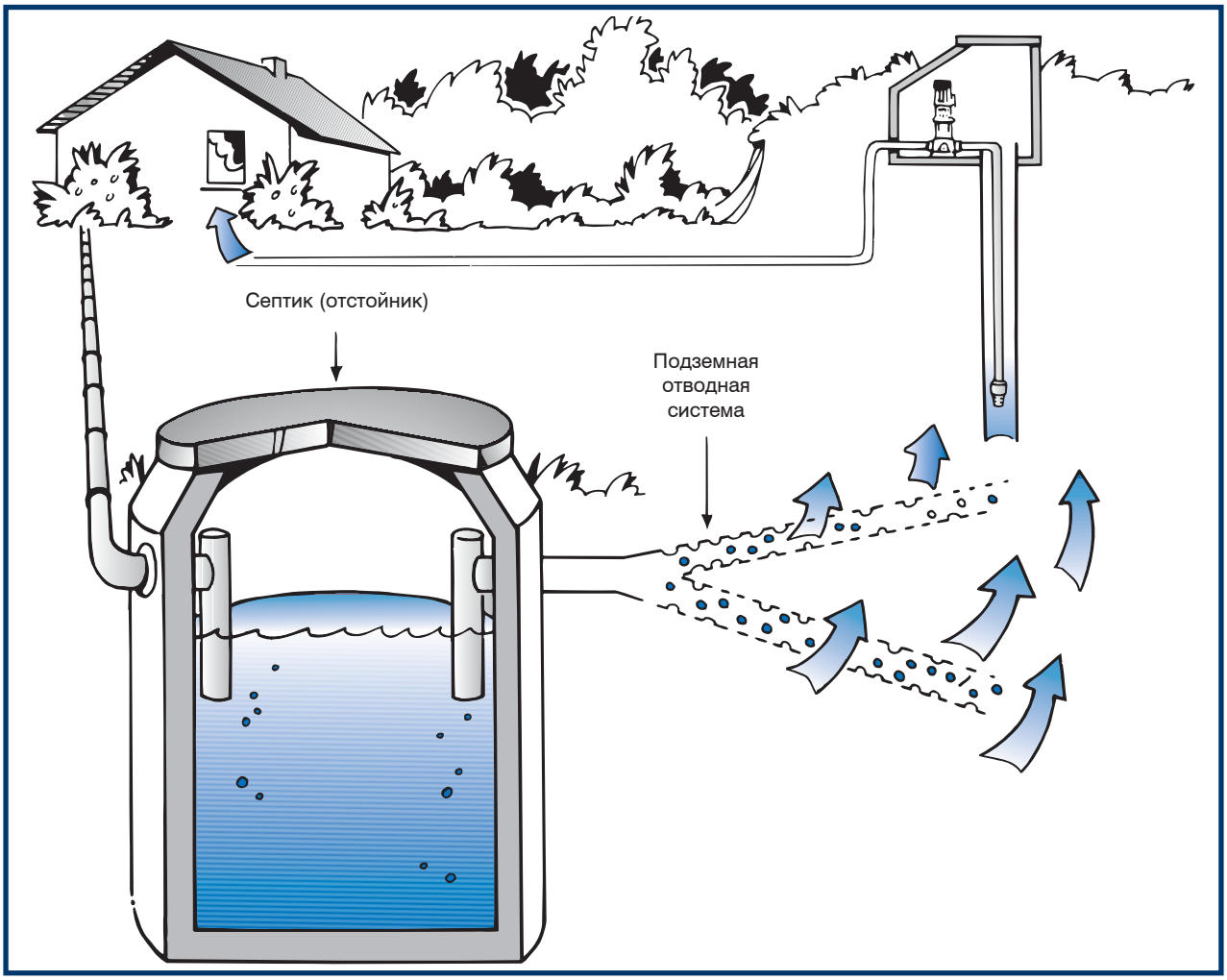


Рис.35 Загрязнение воды в колодце

Другие источники загрязнения

Если источник воды надежно защищен от поверхностных загрязнений, как было описано ранее, но подаваемая оттуда вода остается загрязненной, то это может быть вызвано следующими двумя причинами:

1. В водоносный слой проникают загрязнения, содержащиеся в других водоносных слоях

2. Источник может загрязняться от навозной кучи или септика (отстойника).

В данных случаях ничего нельзя сделать для обеззараживания источника, необходимо искать и создавать новое место для получения воды. Месторасположение нового источника воды может быть определено с помощью геологических исследований. Часто поиск ведется вверх по течению источника.

Обеззараживание

Глава 6

6. Обеззараживание

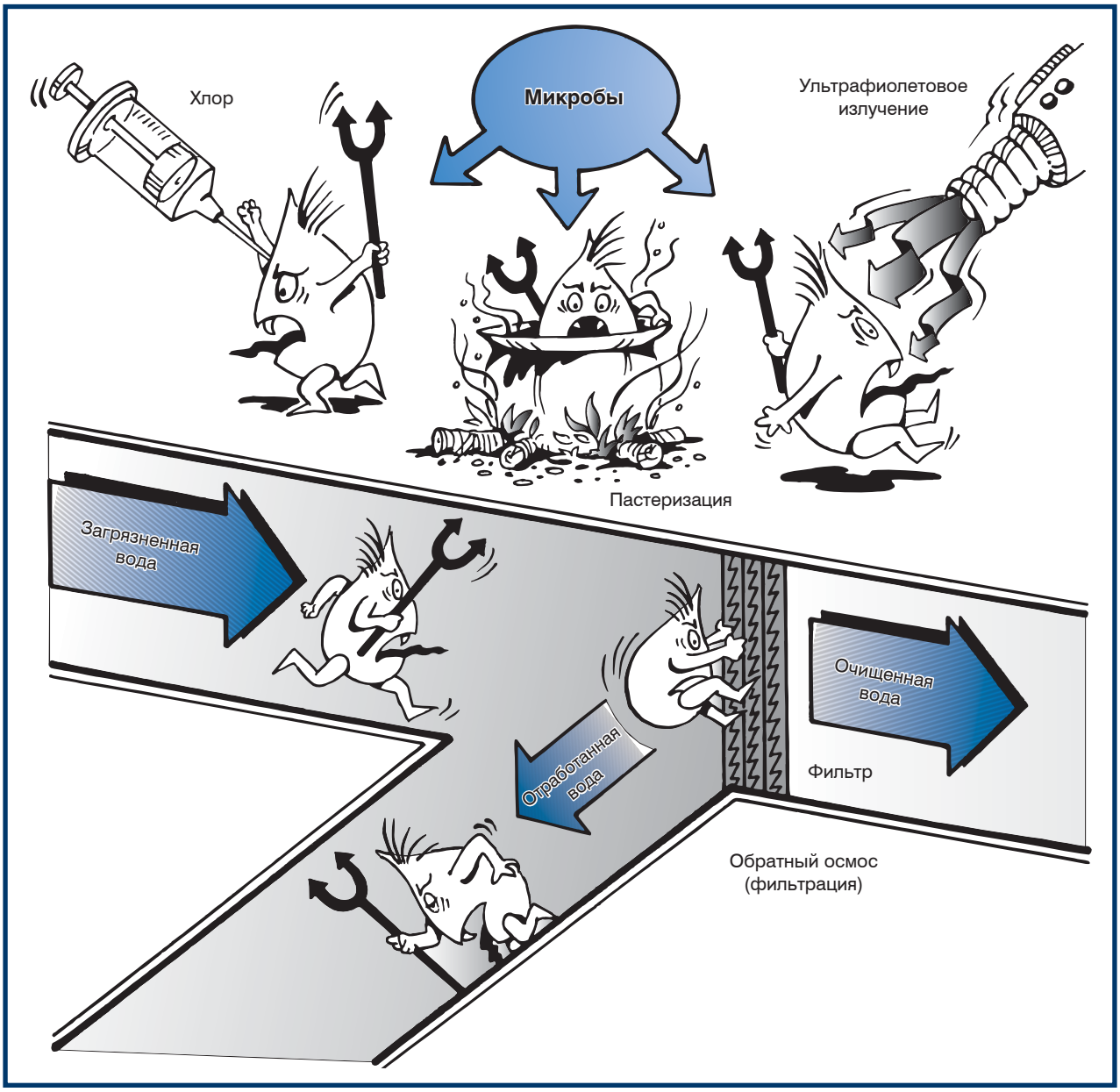


Рис.36 Различные методы борьбы с бактериями

Способы обеззараживания

Если нет возможности найти источник не загрязненной воды для ее использования людьми и животными, необходимо проводить обеззараживание. Существует пять способов:

1. Хлорирование
2. Ультрафиолетовое облучение
3. Пастеризация
4. Обратный осмос
5. Солнечное опреснение (только для тропических регионов)

Общие сведения о хлорировании

Хлорирование является наиболее популярным методом дезинфицирования вследствие наиболее продолжительного эффекта после введения начальной дозы. Это означает, что микробы будут удалены даже из застоявшейся воды в трубах.

При использовании других методов, бактерии и вирусы погибают только в зонах дезинфекции, через которые проходит вода. Если вирус или бактерия попадут в воду после прохождения зоны дезинфекции, они будут иметь возможность свободно размножаться.

Метод хлорирования имеет два основных недостатка:

1. Растворенный в воде хлор оставляет легкий неприятный вкус во рту; кофе и чай, приготовленные на хлорированной воде, также имеют другой вкус.

2. При избыточном хлорировании воды на металлических и резиновых поверхностях, контактирующих с хлорированной водой, может возникнуть коррозия.

Простое хлорирование

Количество хлора, которое должно быть добавлено в воду во время ее дезинфицирования, зависит как от состава и температуры воды, так и от продолжительности отстаивания (время от момента добавления хлора до момента выхода этой хлорированной воды из крана). Обычная доза хлорирования составляет 1,0–1,5 мг/литр при продолжительности отстаивания примерно 30 минут.

Количество хлора должно быть увеличено:

- при продолжительности отстаивания менее 30 минут;
- при содержании в воде железа, серы, аммиака или других органических соединений в значительном количестве;
- при температуре воды ниже 10°C;
- при значении кислотности pH воды выше 7.

6. Обеззараживание

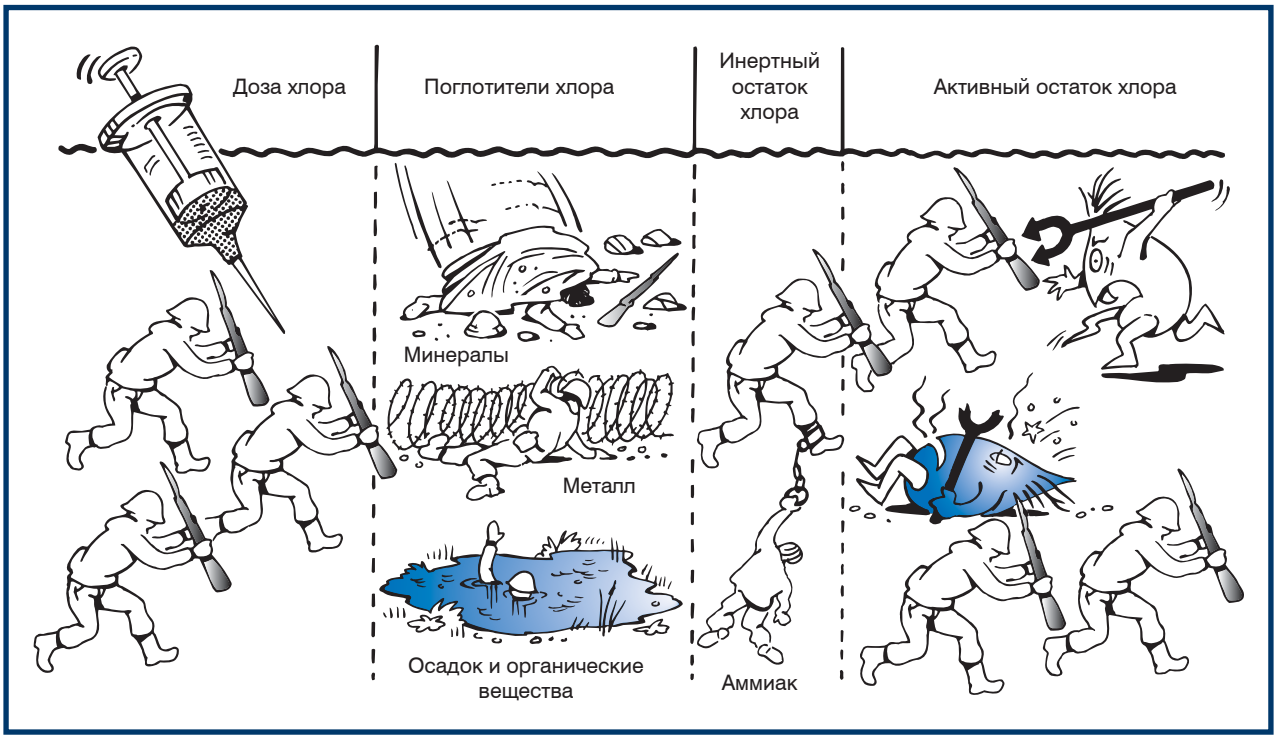


Рис.37 Враги хлора

Условия хлорирования

Для уничтожения бактерий нужно совсем немного хлора, тогда как, чтобы убить вирусы, необходимо значительно большее его количество. Производительность дозирования измеряется в мг/литр или в промилле (ppm). 1 ppm (промилле) равен 1 литру концентрированного хлора, содержащегося в одном миллионе литров воды, или 1 литру концентрированного хлора в 1000 м^3 воды.

Некоторое количество добавленного хлора пассивируется в воде металлами, минералами, илистыми и органическими веществами и, следовательно, становится инертным. Часть хлора будет связываться с аммиаком, находящимся в воде, что снижает его бактерицидные свойства. Такое соединение называется инертным остатком. Остальная часть называется активным остатком хлора.

Активный остаток хлора примерно в 20 раз более эффективен в уничтожении бактерий, чем смешанный остаток, поэтому контроль за концентрацией необходим именно для этого активного остатка.

Активный остаток хлора должен периодически проверяться. Обычно вместе с установкой хлорирования поставляется комплект для контроля. Если такового в наличии нет, то его можно приобрести отдельно.

Количество активного остатка хлора в воде после 30-минутного отстаивания должно составлять 0,2–0,5 промилле, с максимальным значением кислотности воды pH 7.

При значении кислотности воды pH выше 7, остаток хлора должен быть не менее 0,8 ppm.



Рис.38 Простое и избыточное хлорирование

Избыточное хлорирование

В системах, где нет возможности соблюсти 30-минутное время отстаивания, должно быть добавлено большое количество хлора, что называется избыточным хлорированием.

Если вкус хлора в такой воде очень резкий и неприятен для питья, то эту воду необходимо пропустить через активированный уголь.

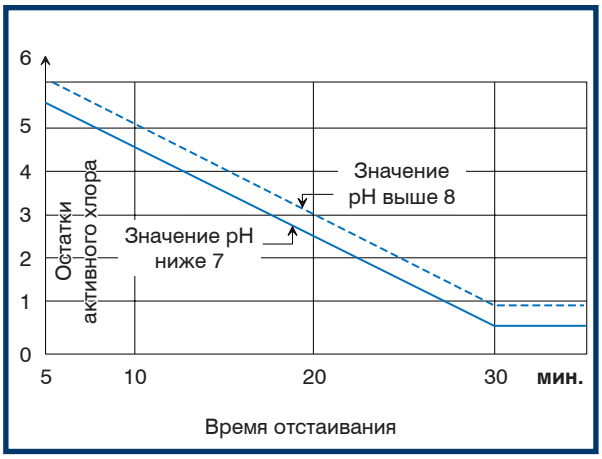


Рис.39 Соотношение между временем отстаивания и концентрацией остатка хлора

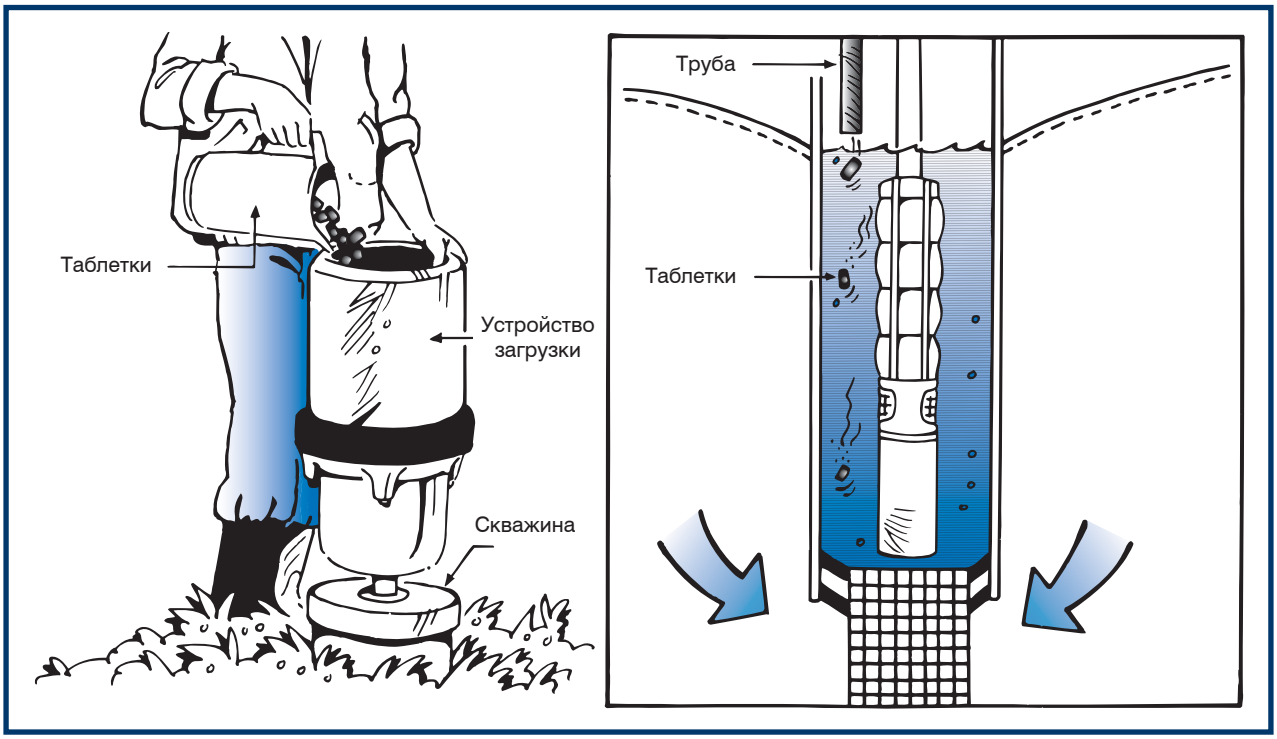


Рис.40 Добавление таблеток, содержащих хлор

Хлорирование скважины

Чтобы продлить время отстаивания и, таким образом, снизить дозу хлора, целесообразно проводить хлорирование скважины напрямую.

Для этих целей применяется гипохлорит кальция в форме таблеток. Они содержат примерно 50% активного хлора по отношению к весу и могут напрямую вводиться в скважину с помощью специального загрузочного устройства, которое добавляет в скважину таблетки во время работы насоса. Такой способ предпочтителен там, где разрешено хлорирование скважин. Таблетки должны вводиться в воду через специальную пластиковую трубу, чтобы избежать коррозии обсадной и напорной труб.

Если вода в скважине заражена железобактерией, которая образует железистый ил на фильтре и на фильтрующей гальке в таком количестве, что забивает фильтр, для ее уничтожения и очищения фильтра необходимо напрямую производить хлорирование скважины. При этом железобактерия погибает.

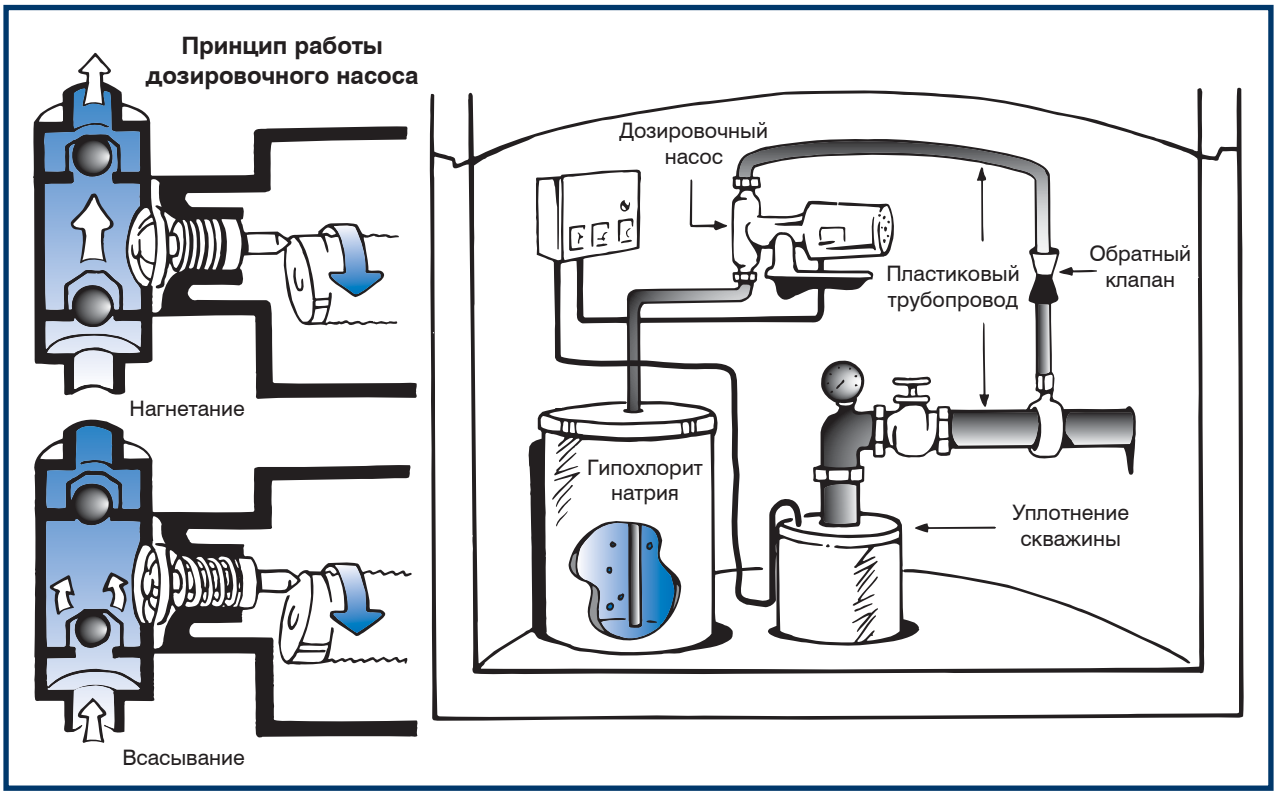


Рис.41 Дозировочный насос

Хлорирование дозировочным насосом

Если хлорирование скважин напрямую запрещено, можно производить хлорирование воды после того, как ее выкачают из-под земли. Для этих целей используется гипохлорит натрия.

- **Для бытового применения** гипохлорит натрия представляет собой 5% раствор хлора
- **Для промышленного применения** гипохлорит натрия — 20% раствор хлора

Для дозирования используются мембранные или подобные им насосы, дозирующие определенное количество хлорирующего раствора при каждом ходе мембраны. Перекачивание, как правило, производится с помощью мембраны и клапанов, которые открывают и закрывают всасывающий и напорный патрубки насоса.

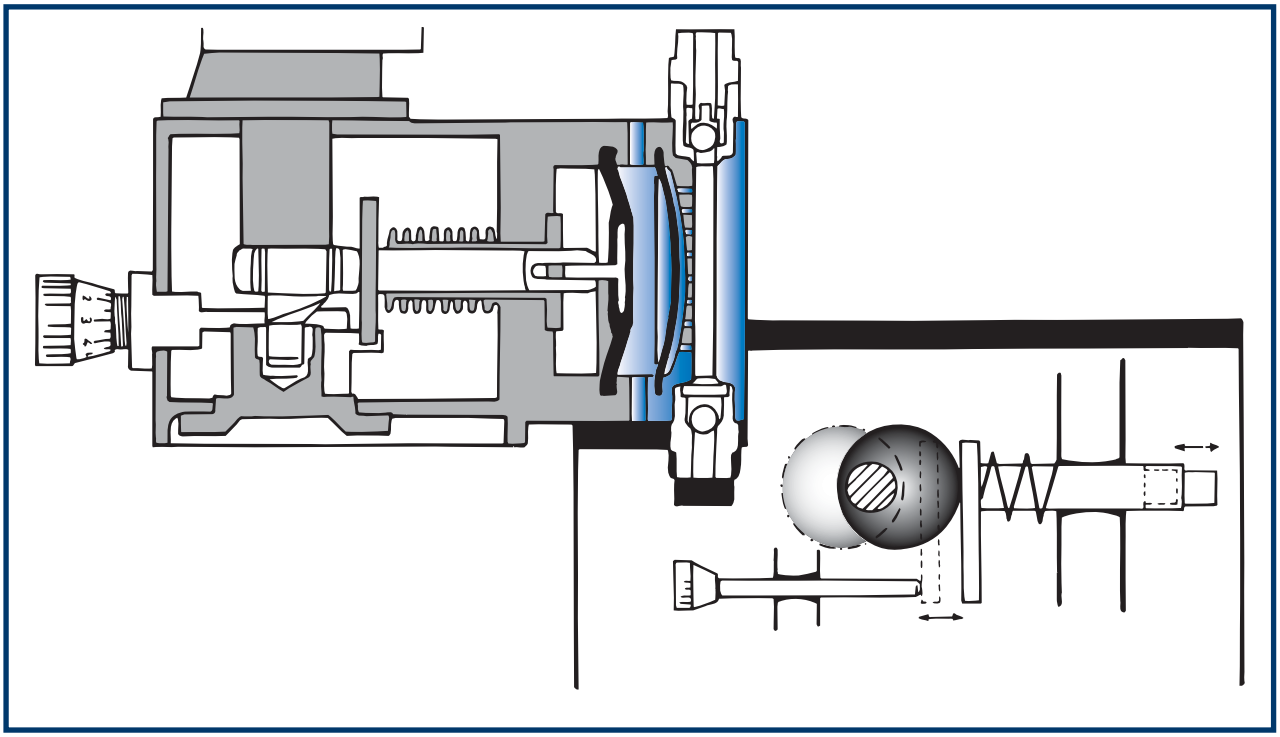


Рис.42 Дозирование

Производительность дозировочного насоса

Производительность дозировочного насоса регулируется изменением шага насоса. Хлорирующий насос работает постоянно во время работы насоса, подающего воду.

Для дома, где потребление воды составляет 2000 литров в день, количество хлора в одной дозе, соответствующей 10 промилле, будет

$$\frac{10 \times 2\,000}{1\,000\,000} = 0{,}02 \text{ литра} = 20 \text{ миллилитров в день.}$$

При использовании 5% раствора хлора производительность хлорирующего насоса будет составлять

$$\frac{20 \times 100}{5} = 400 \text{ миллилитров в день,}$$

которые должны быть отдозированы во время работы насоса, подающего воду.

Если нет возможности установить мембранный насос для дозирования хлора в малых количествах, можно разбавить его мягкой водой в соотношении 1:10 и дозировать в 10 раз большим объемом.

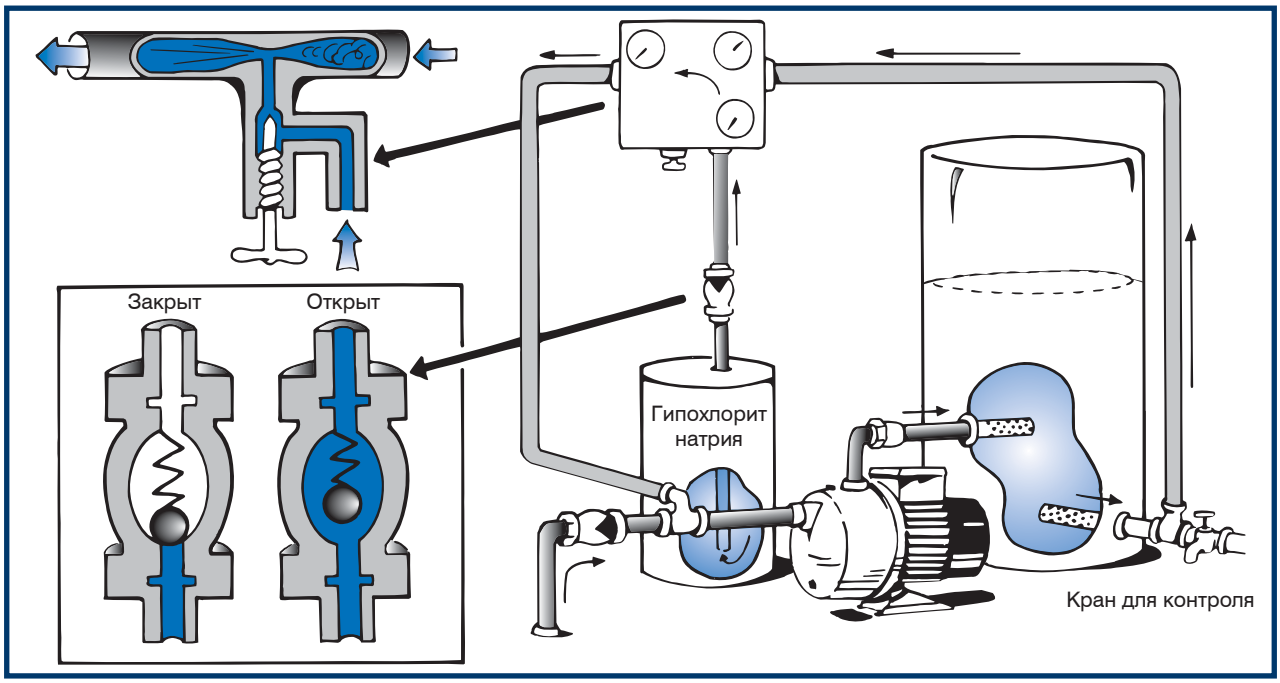


Рис.43 Инжекторное хлорирование

Инжекторное хлорирование

Наиболее дешевым способом инжекторного хлорирования является использование эжекторного или центробежного насоса, расположенного выше уровня земли. Впрыскивание происходит при образовании перепада давления между всасывающей и напорной стороной насоса при его работе.

Когда вода с большой скоростью проходит мимо напорной магистрали эжектора, в напорном патрубке эжектора создается разряжение и гипохлорид натрия подсасывается из емкости. Гипохлорид смешивается с водой в потоке струи диффузора. Из диффузора смешанная с хлором вода попадает на всасывание перекачивающего воду насоса и доставляется им в накопительный резервуар. Количество хлора, всасываемого из емкости, содержащей раствор, регулируется с помощью игольчатого клапана, размещенного в трубопроводе, подающем хлорирующий раствор.

Этот трубопровод должен быть оснащен пластиковым или нержавеющим обратным клапаном, чтобы избежать обратного тока воды при остановке насоса. В системах, где процесс хлорирования происходит недалеко от точки потребления, очень важно, чтобы объем напорного бака в литрах соответствовал половине расхода насоса в час при максимальном потреблении, чтобы обеспечить достаточное время отстаивания воды для уничтожения всех бактерий при простом хлорировании.

Если нет такой возможности, нужно применять избыточное хлорирование. Напорный бак должен быть оснащен входным и выходным диффузорами, чтобы не дать воде сразу проходить через бак.

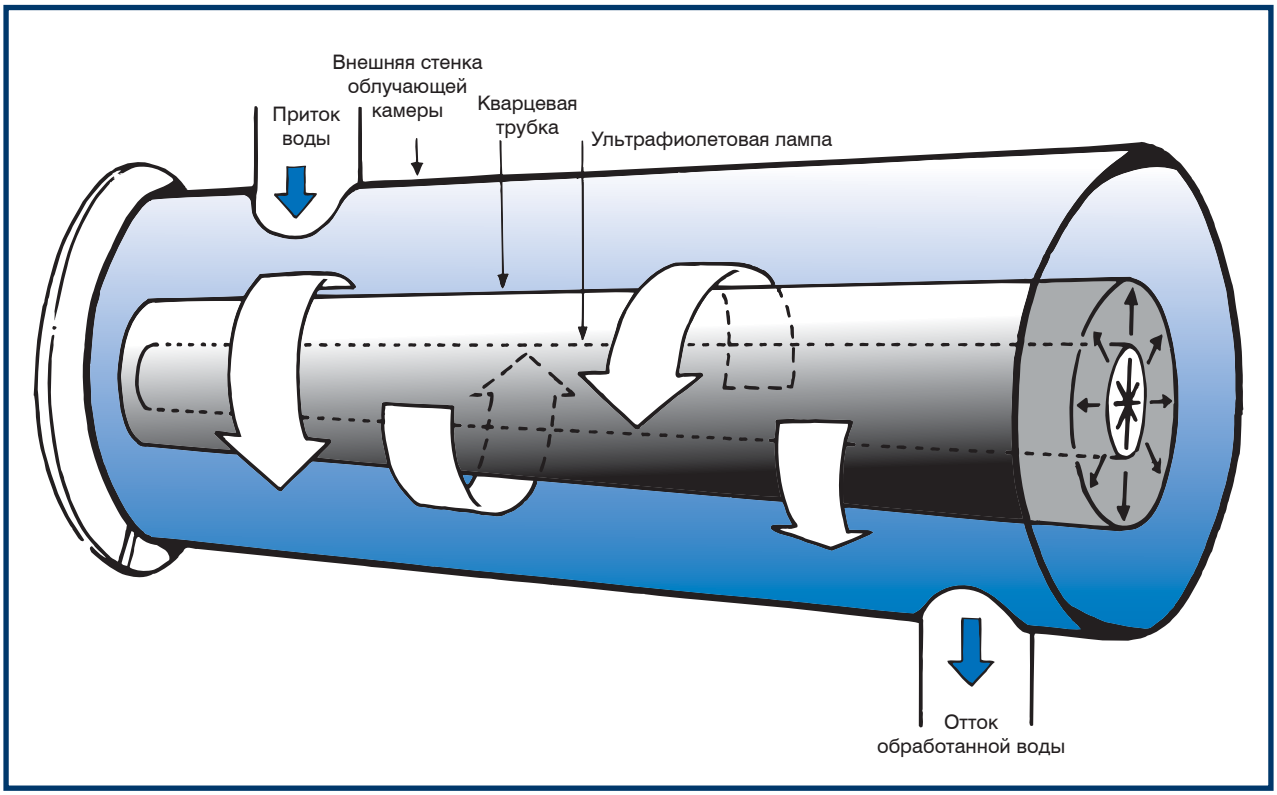


Рис.44 Обработка воды ультрафиолетом

Общие сведения об ультрафиолетовом облучении

Использование ультрафиолетовых лучей для дезинфекции воды в небольших количествах для домашнего водоснабжения является относительно новым способом. Однако данный способ широко известен в больших системах водоснабжения, в которых он применялся десятилетиями.

Этот способ заключается в прохождении тонкого слоя воды вдоль ультрафиолетовой лампы, так как облучение проходит лишь на несколько сантиметров в глубину воды. Ультрафиолетовая лампа защищена кварцевой трубкой. При этом лампа может быть установлена непосредственно в воде. Но кварцевая трубка в течение срока службы покрывается частицами, ограничивающими поток ультрафиолетовых лучей от лампы. Все типы ламп снабжены очистителями, при помощи которых налет очищается вручную либо автоматически, с использованием часового контрольного механизма.

Каждая УФ камера рассчитана на некоторый максимальный объем, который не должен быть превышен. Следовательно, большинство камер снабжены регулировочным клапаном, который ограничивает расход воды, идущей от насоса, при ее высоком потреблении.

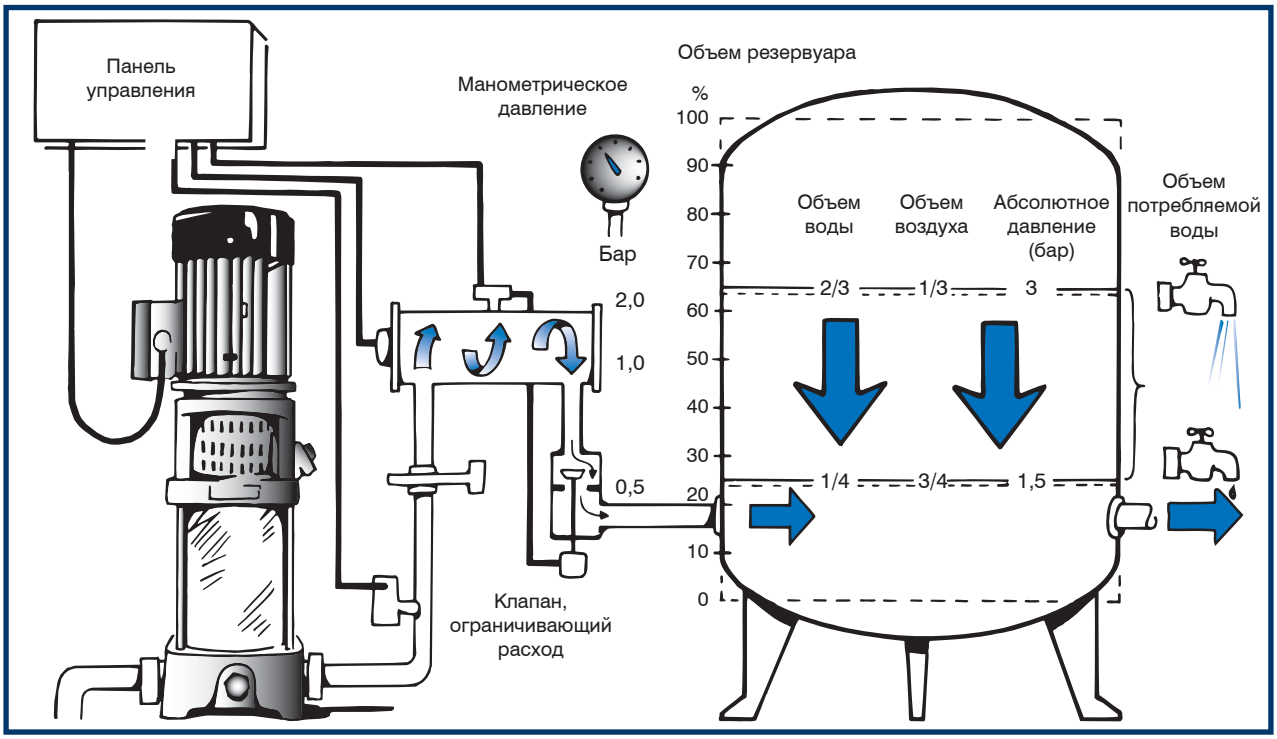


Рис.45 Установка с ультрафиолетовой лампой

Монтаж ультрафиолетового излучателя

Ультрафиолетовый излучатель должен устанавливаться между насосом и накопительным баком. Его производительность может быть отрегулирована до соответствия производительности насоса. В случае, когда водопотребление выше, чем мощность камеры, вода будет потребляться из накопительного бака.

Пример

Максимальная производительность ультрафиолетовой установки — 1,5 м³/час.

Максимальное водопотребление — 2 м³ (непродолжительное время).

Полный объем накопительного бака составляет 1,0 м³, 2/3 которого обычно занимает вода, т. е. 0,66 м³ воды находится под давлением 2 бара.

При большом водопотреблении давление в трубопроводе будет снижаться. Сжатый воздух в баке будет принуждать воду выходить из бака в систему трубопровода. При падении давления в баке до 0,5 бара объем воды уменьшится на ¼ от общего объема бака. Всего 0,4 м³ воды было направлено из бака к потребителю.

Имея бак объемом 1 м³, мы компенсировали недостаточную производительность УФ камеры

$$\frac{2{,}0 - 1{,}5}{1{,}5} \times 100 = 33\%$$

Водопотребление на 33% выше, чем максимальная производительность ультрафиолетовой установки.

Объема накопительного резервуара хватит примерно на 50 мин.:

$$\frac{0{,}4\ м^3}{0{,}5\ м^3/ч} = 0{,}8\ ч \approx 48\ минут$$

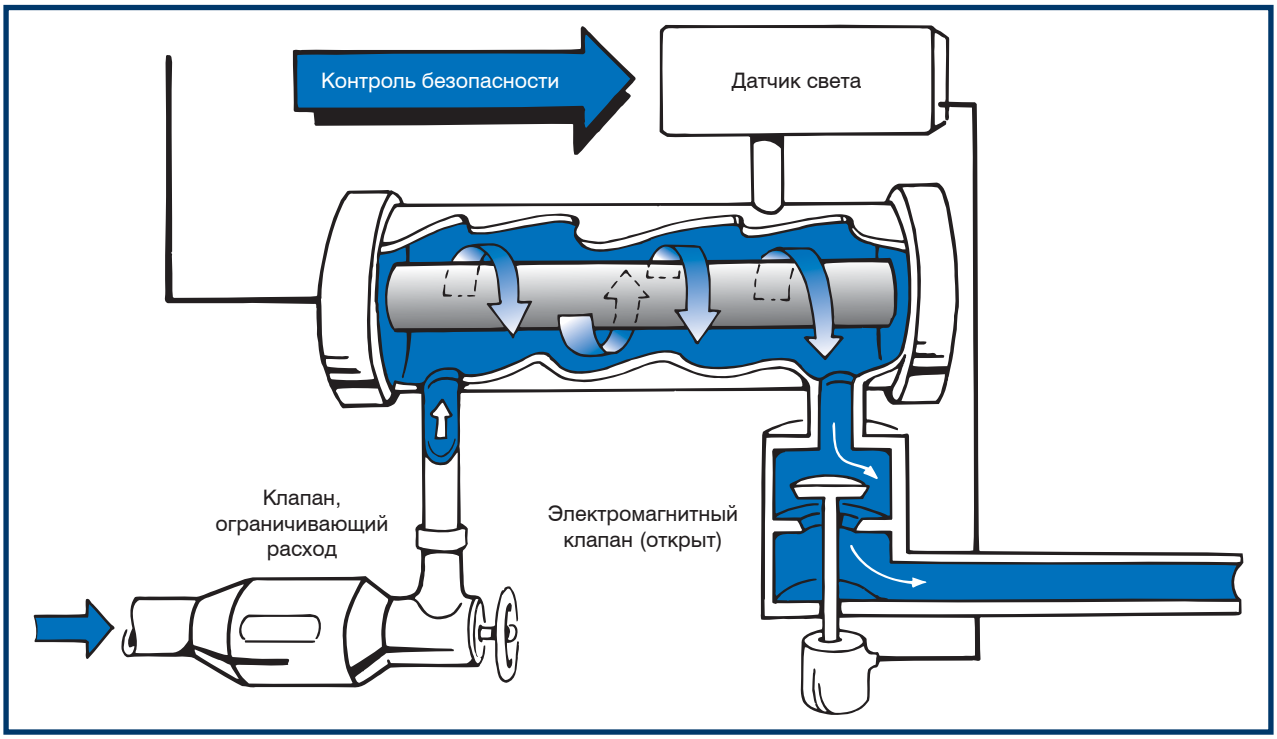


Рис.46 Контроль безопасности

Контроль безопасности

Интенсивность излучения ультрафиолетовой лампы с течением времени уменьшается и, наконец, оно становится таким слабым, что неспособно уничтожать бактерии и вирусы. Чтобы обеспечивать эффективный процесс дезинфицирования, большинство ультрафиолетовых камер оснащаются так называемым «электрическим глазом». Этот электрический глаз способен улавливать большинство эффективных излучаемых световых частот с длиной волны приблизительно 2537 Ангстрем. Когда лампа становится старой или загрязняется кварцевая трубка, электрический глаз закрывает электромагнитный клапан, отключив ток в электромагнитной катушке. Таким образом, будет приостановлена подача воды.

Ультрафиолетовая камера разработана для продолжительной работы. При отсутствии потребления, вода, находящаяся вокруг кварцевой трубки, будет нагреваться. Если в воде содержатся загрязняющие частицы, то они будут оседать на трубке. Чтобы этого избежать, необходимо тщательно профильтровывать воду перед ультрафиолетовой камерой.

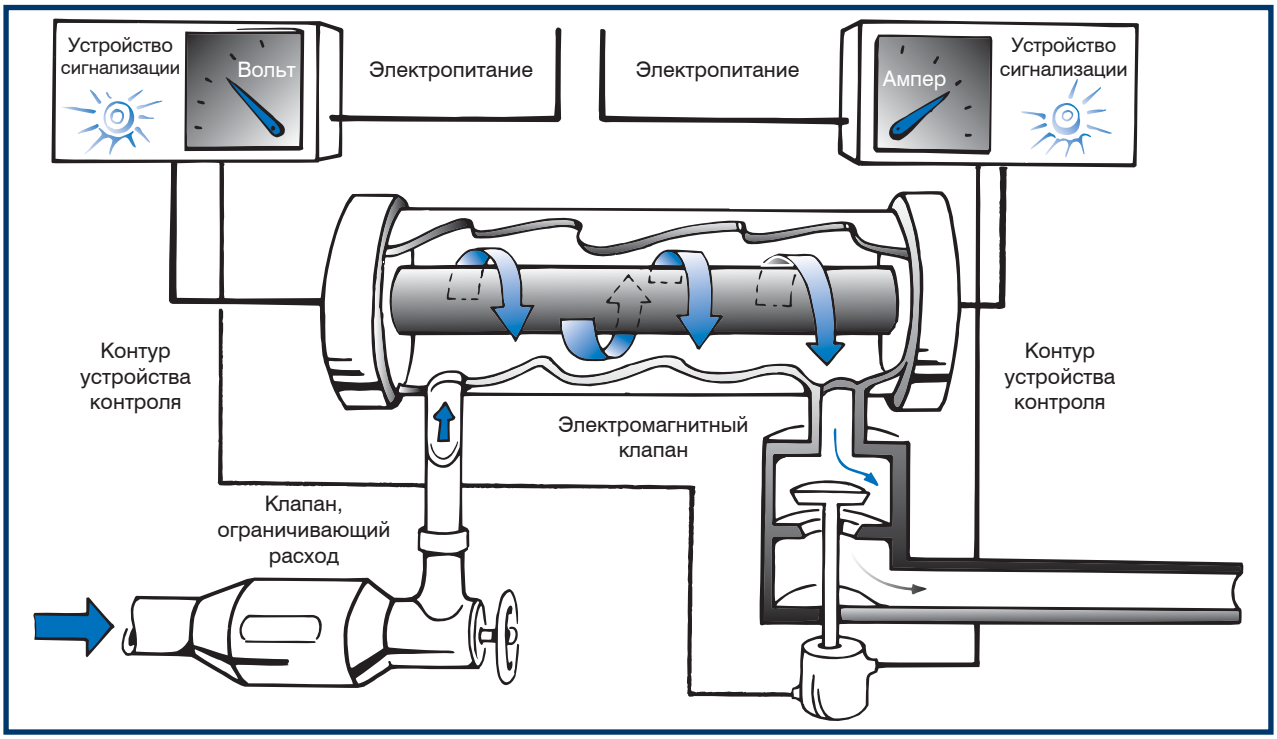


Рис.47 Контроль безопасности

Контроль безопасности
(продолжение)

Другим способом обеспечения безопасности является измерение потребляемой мощности на камере. Если на ультрафиолетовую камеру подается напряжение ниже расчетного значения, то тогда ее излучение не будет убивать бактерии и вирусы, содержащиеся в воде. В этом случае необходимо прекратить подачу воды потребителю: реле отключает электроснабжение электромагнитного клапана при низком напряжении в сети. Когда катушка электромагнитного клапана обесточивается, клапан закрывается, и, таким образом, прекращается подача воды.

Когда лампа устаревает, интенсивность света падает, и потребление тока увеличивается. Когда реле выявляет увеличение потребляемой мощности, которая должна быть строго определенной для лампы, реле приостанавливает электроснабжение электромагнитного клапана.

6. Обеззараживание

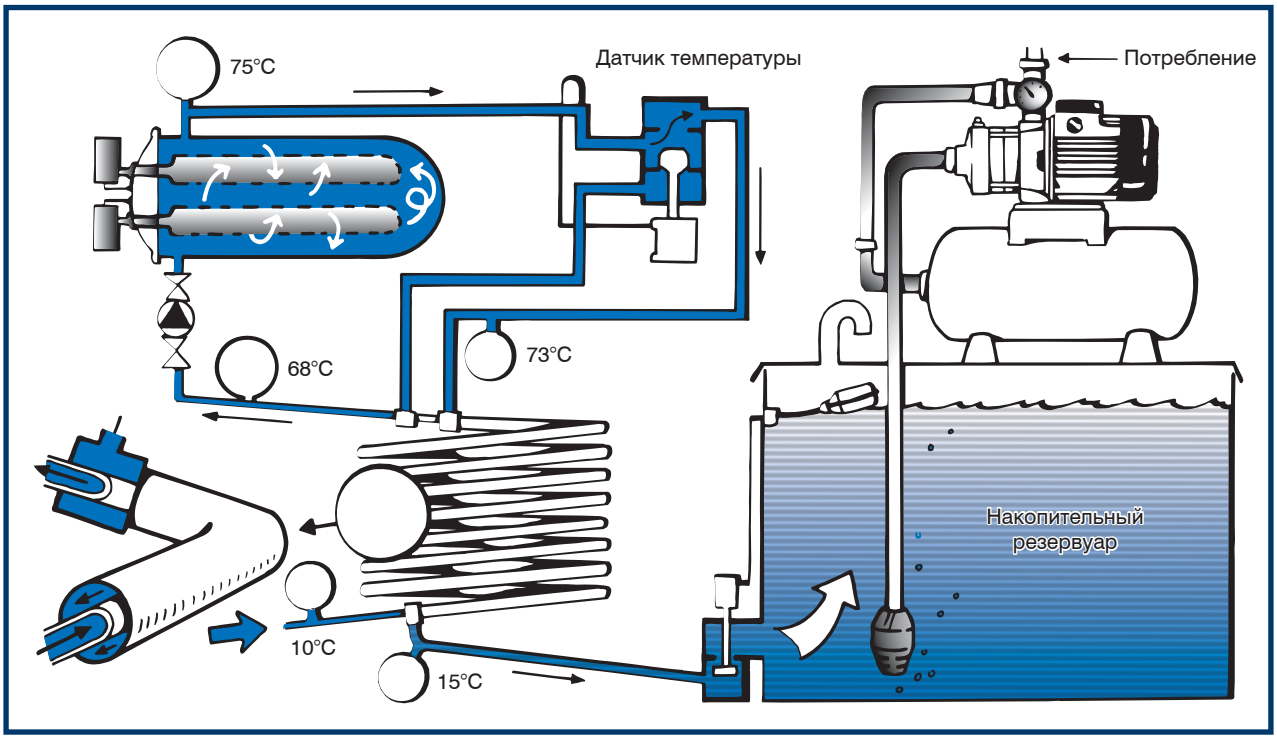


Рис.48 Пастеризация

Пастеризация

В тех местностях, где вода жесткая и стоимость электричества невысока, можно применять такой метод дезинфекции, как пастеризация. Этот принцип основан на нагреве воды до температуры не ниже 70°C, при которой погибают бактерии и вирусы, опасные для человеческого организма. Соли кальция, находящиеся в воде, будут оседать на нагревательных элементах. Этот осадок удаляется с помощью кислоты. Для сохранения электроэнергии используется теплообменник противоточного типа, через который подогретая вода отдает часть своего тепла холодной воде из источника.

Система работает следующим образом:
Холодная вода (10°C) попадает в теплообменник, где она нагревается примерно до температуры 68°C горячей обеззараженной водой (с температурой примерно 75°C), которая проходит через теплообменник к накопительному баку. Через теплообменник подогретая вода направляется к водонагревателю, где она нагревается до температуры 75°C. Когда температура воды достигает требуемого значения, датчик температуры открывает электромагнитный клапан, вода через теплообменник направляется в накопительный бак. Пока температура воды не достигнет требуемого значения, вода будет циркулировать в контуре водонагревателя.

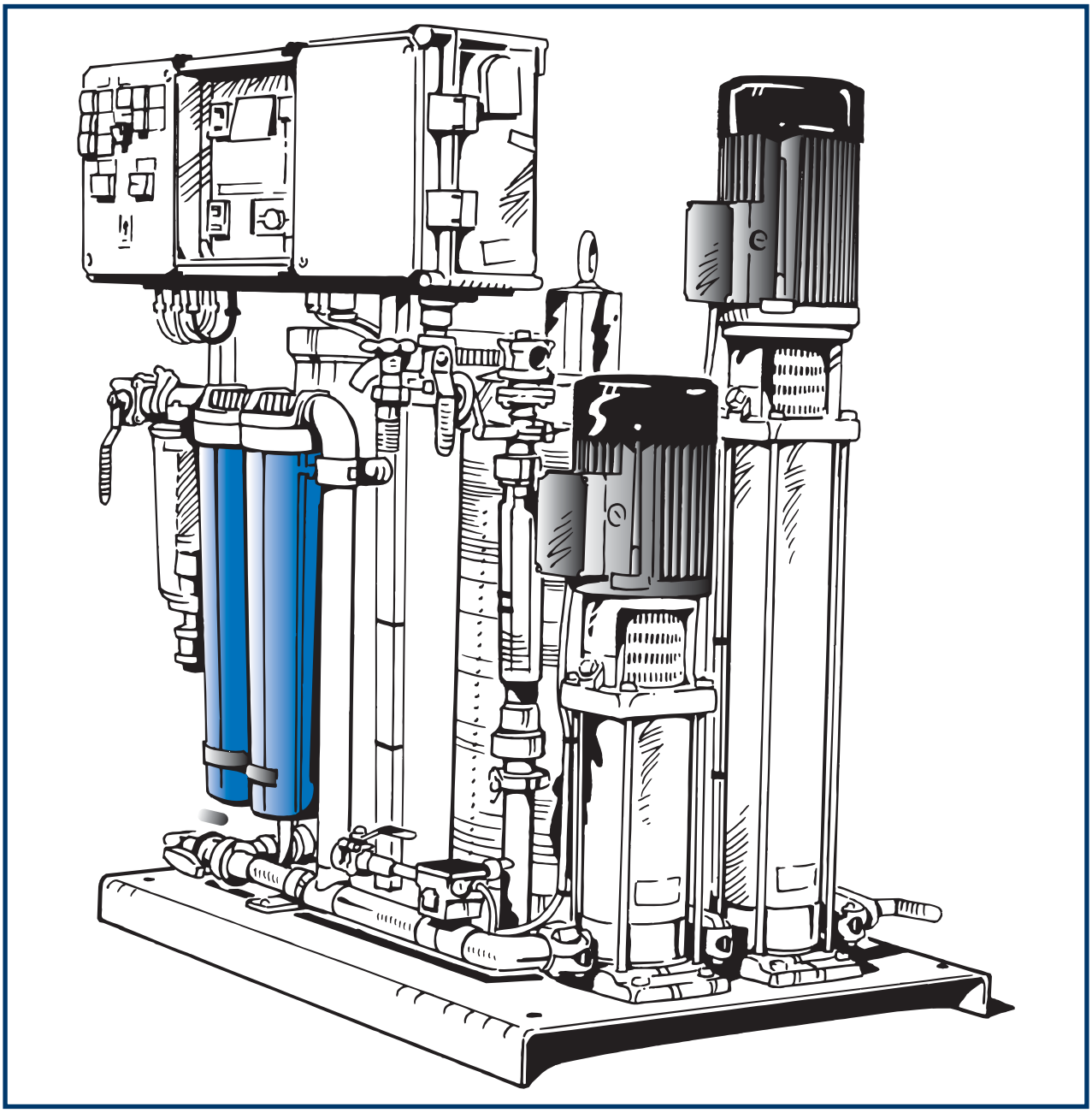


Рис.49 Установка обратного осмоса

Общие сведения об обратном осмосе

Обратный осмос применяется для проведения дезинфекции в домашних системах водоснабжения. Но, вследствие того, что:

- затраты электроэнергии при этом значительно выше, чем при хлорировании,
- при данной обработке из воды удаляются минералы и соли, придающие воде вкус, —

обратный осмос применяется только в тех случаях, когда необходимо удаление растворенных в воде минералов, таких как нитраты, хлориды и т.д.

Дезинфицирование воды методом обратного осмоса подробно описано в следующей главе.

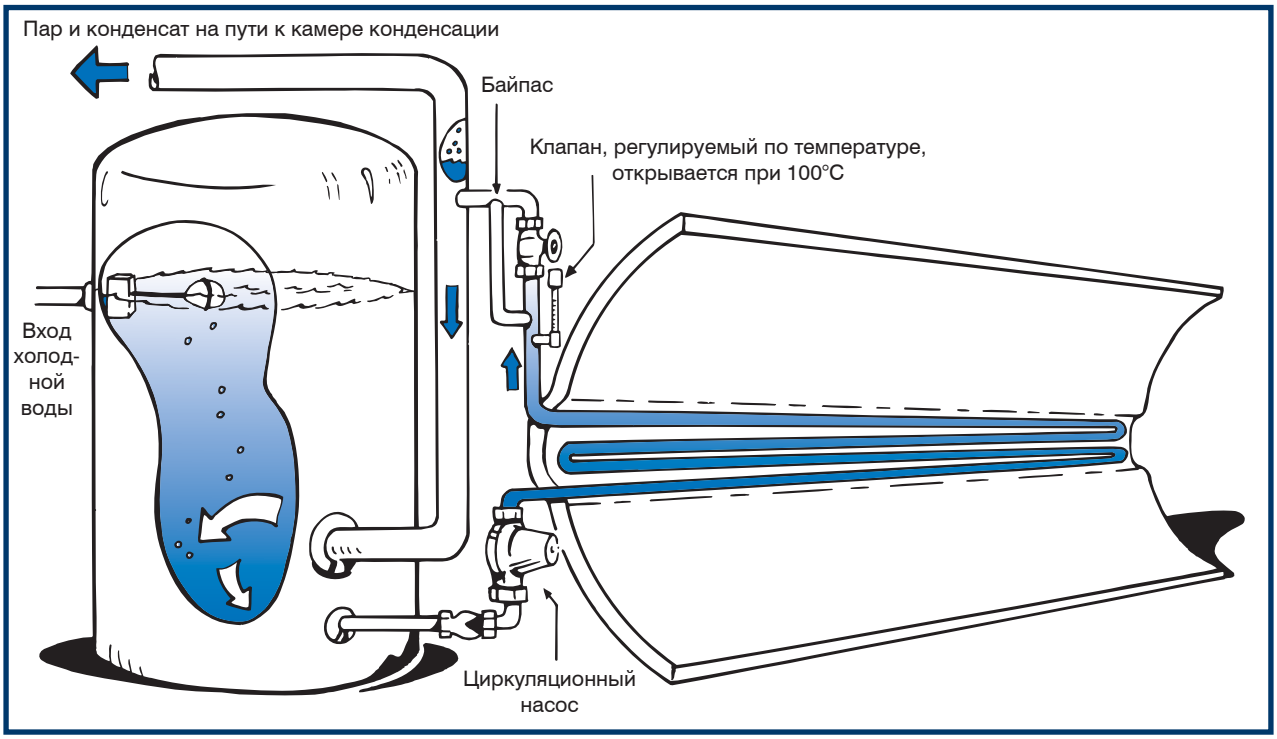


Рис.50 Устройство солнечного опреснения

Общие сведения о солнечном опреснении

Опресненная вода не имеет вкуса. Эта вода должна пройти специальную обработку перед ее употреблением для питья. В некоторых местностях вода настолько плохого качества, что ее обработка с помощью обратного осмоса или опреснением просто необходима. Солнечное опреснение, или опреснение воды с использованием системы утилизации тепла, является альтернативой обратному осмосу.

Солнечное опреснение производится с использованием сфокусированных солнечных лучей. Фокусировка производится с помощью отражателей. При правильной настройке отражателей температура в фокусе может быть очень высокой. В месте фокусировки лучей вода для опреснения циркулирует под давлением немного выше атмосферного. Когда температура воды достигает примерно 100°C, клапан открывается сигналом от термостата. Проходя через клапан, определенное количество воды переходит в пар. Пар собирается в трубе, направленной вниз, к камере конденсации с охлажденной водой.

Одновременно с испарением воды из системы добавляется новая холодная вода, и, таким образом, процесс может продолжаться до тех пор, пока вода с помощью солнечной энергии будет нагреваться до температуры свыше 100°C. Загрязнения, оседающие на дне резервуара, должны регулярно удаляться. Циркуляция воды осуществляется с помощью циркуляционного насоса, который защищен от противотока пара обратным клапаном. В данной системе должна быть предусмотрена небольшая обводная труба (байпас).

Водоподготовка

Глава 7

7. Водоподготовка

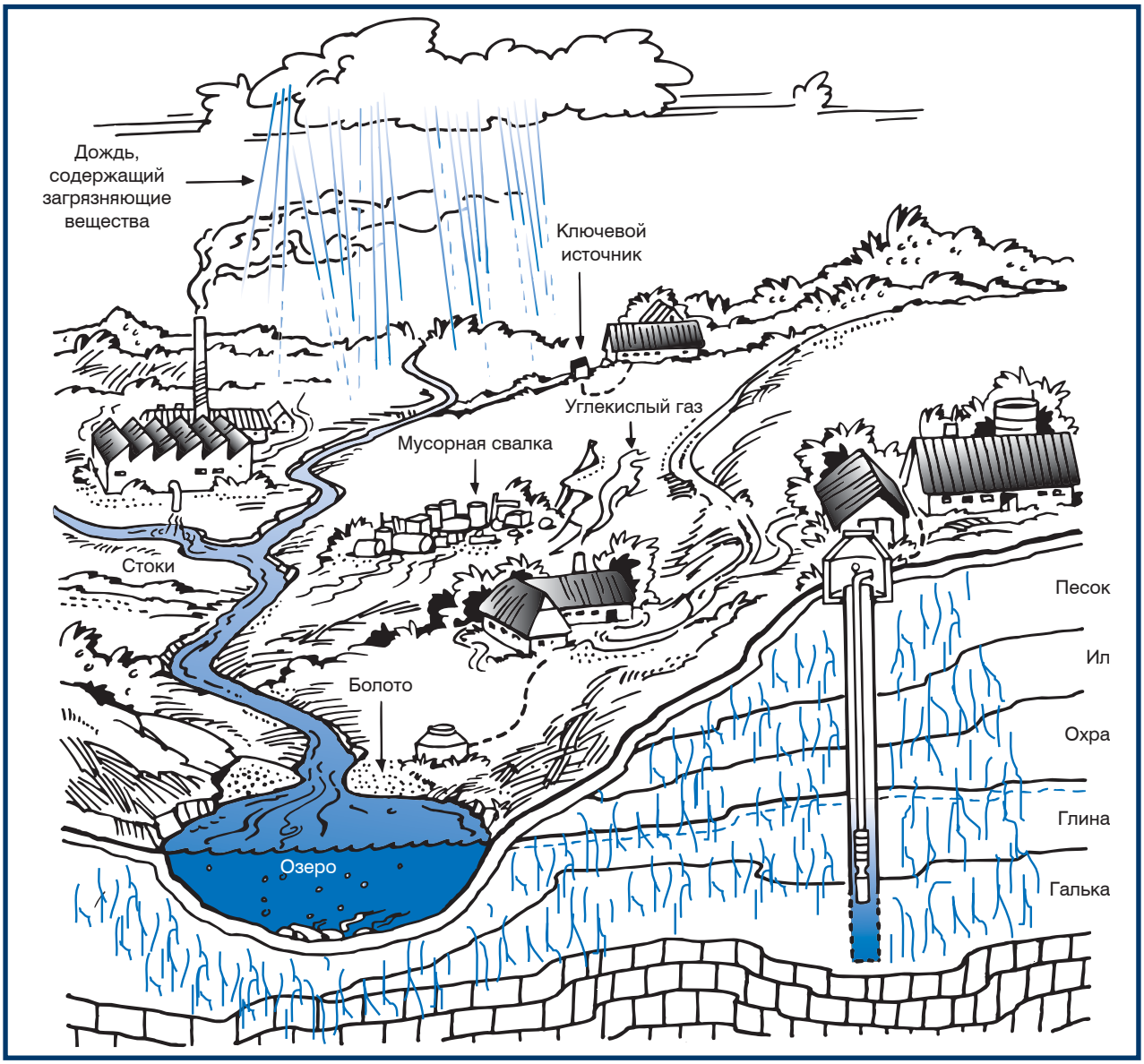


Рис.51 Источники загрязнения

Общие сведения о водоподготовке

Даже в том случае, когда в источнике воды отсутствуют какие-либо бактерии, иногда необходимо использовать процесс водоочистки для улучшения качества воды.

Дожди адсорбируют вредные вещества из воздуха. Например, при высокой концентрации в источнике азота, вкусовые качества воды значительно ухудшаются.

Такие газы, как двуокись серы (SO_2) и углекислый газ (CO_2), вступают в реакцию с водой, образуя при этом кислоты (соответственно серную кислоту и угольную кислоту). Эти кислоты могут не только погубить леса и другие зеленые насаждения, но и вызвать изменение химического состава почвы, что отрицательно отразится на качестве подземных вод.

7. Водоподготовка

Когда подземная вода, содержащая серную и угольную кислоты, проходит сквозь песок, почву или горные породы, она при этом вступает в химическую реакцию с кальцием, железом, алюминием, магнием и другими минералами и накапливает эти соединения. В результате этого подземная вода представляет собой кислую среду, что также сказывается на ее вкусовых качествах.

Очень часто для улучшения качественных характеристик воды из источника необходимо проводить ее специальную обработку.

Причины для проведения водоподготовки:

1. **жесткая вода** (см. стр. 68), содержание солей кальция и магния;
2. **кислая вода** (см. стр. 72), растворенные двуокись серы и углерода;
3. **красная вода** (см. стр. 76), содержание ионов железа в растворе;
4. **бурая вода** (см. стр. 82), растворенный марганец;
5. **вода, загрязненная удобрениями** (см. стр. 84), растворенные нитраты;
6. **вода с запахом протухших яиц** (см. стр. 89), растворенный сероводород;
7. **мутная, зловонная вода** (см. стр. 90), высокая концентрация осадка, органических веществ и минералов.

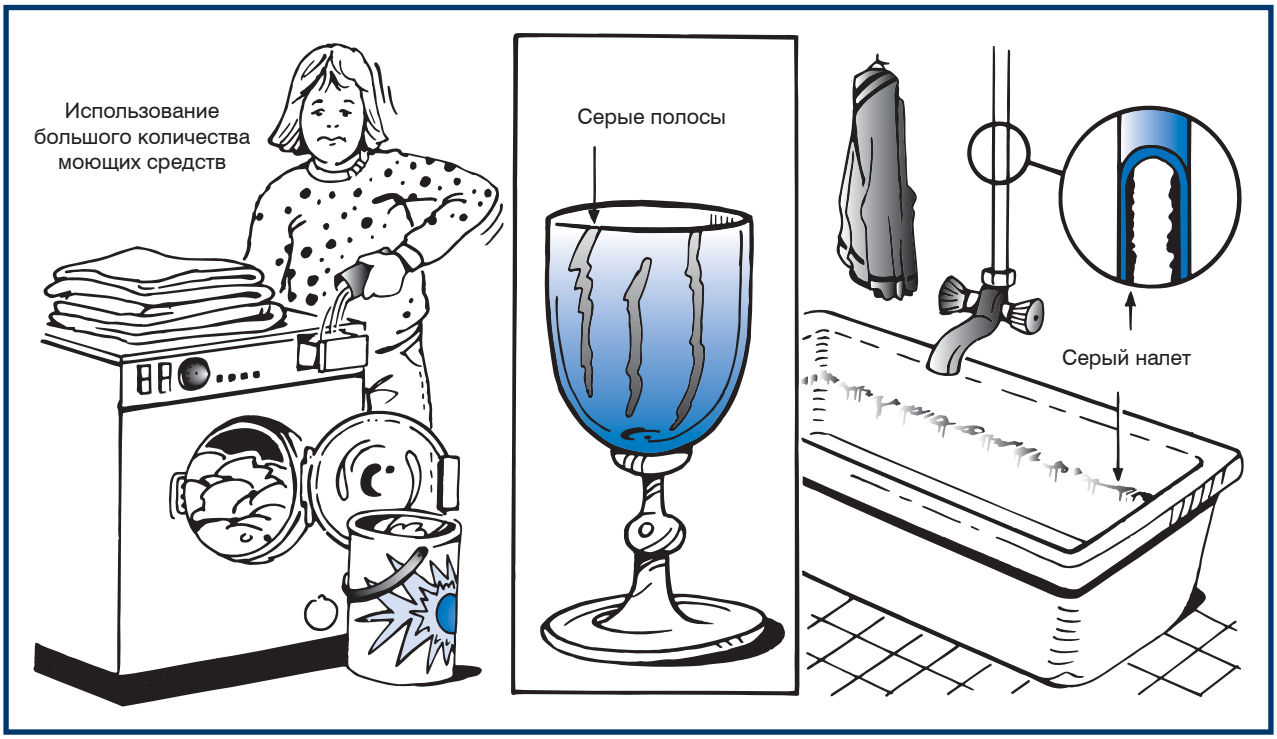


Рис.52 Последствия использования жесткой воды

Жесткая вода

Признаки

- При стирке для получения хорошего качества белья необходимо добавлять большее количество моющих средств.
- При намыливании на руках образуется слизистая пена вместо легкой пенящейся.
- После мытья окон и изделий из стекла на них образуются серые разводы.
- Образование налета на ванне ниже линии воды.
- При использовании горячей воды на стенках труб образуются отложения.

Причины

- Содержание ионов кальция и магния в воде.
- Содержание в воде солей серной, соляной и угольной кислот.
- Растворенные в небольшом количестве ионы железа.
- Содержание ионов алюминия.

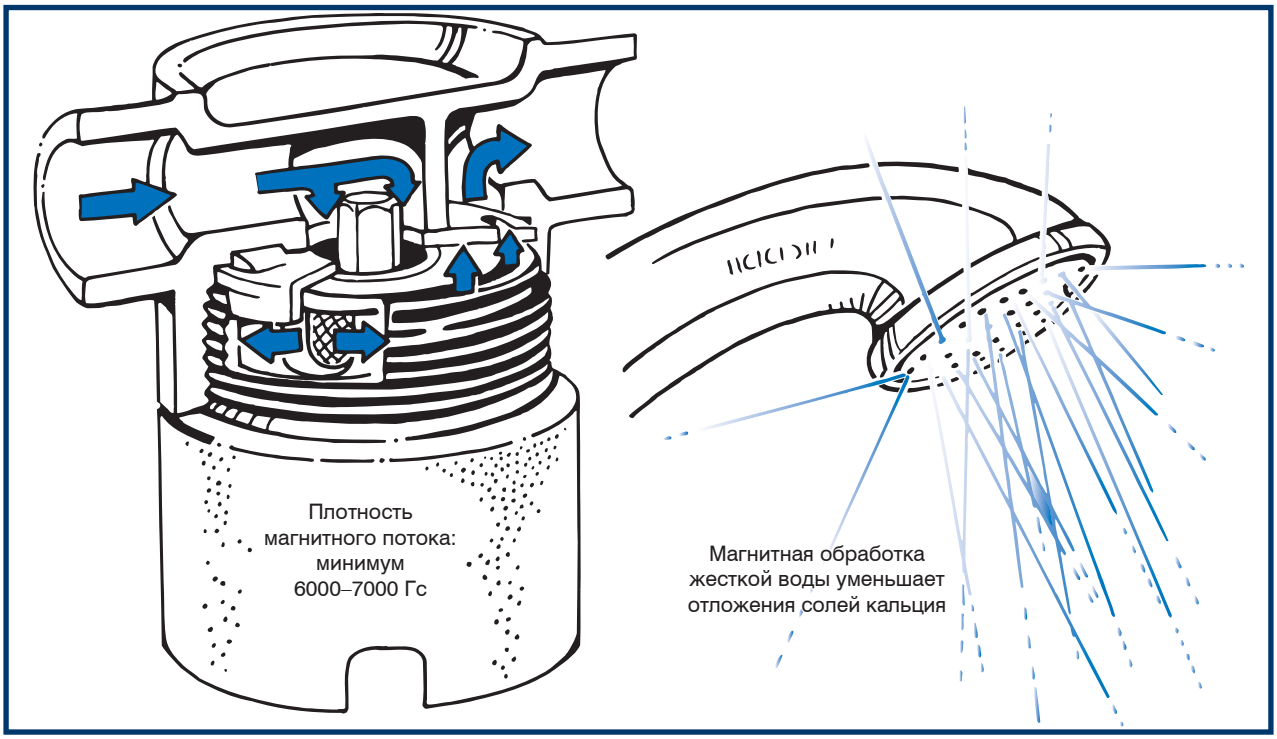


Рис.53 Магнитная обработка жесткой воды

Жесткая вода (продолжение)

Основной причиной высокой жесткости воды является содержание в ней ионов кальция, но во время прохождения ее сквозь слои земли в нее попадает много других минеральных веществ.

Обычно вода бывает жесткой в тех местах, где имеются глинистые, горные и известняковые формирования.

Уровень	Жесткость воды	Концентрация в промилле (ppm)
1	Мягкая	50
2	Средней жесткости	50–100
3	Жесткая	100–200
4	Очень жесткая	200–300
5	Сверхжесткая	> 300

Обычно жесткость воды 4 и 5 уровней является причиной многих проблем. При жесткости воды 3 уровня целесообразно умягчать воду для стиральных и посудомоечных машин. Для этих целей существует множество химических препаратов и различных дозирующих устройств.

Очень жесткая и сверхжесткая вода обычно умягчается с помощью обратного осмоса или ионного обмена. Процесс обратного осмоса детально описан в разделе «Вода, загрязненная удобрениями» на стр.84, и является универсальным способом очистки воды от нежелательных примесей.

В этом разделе дается описание процесса ионного обмена. В некоторых местностях очистка воды этим способом запрещена, поэтому перед тем, как установить систему ионного обмена для очистки воды, необходимо связаться с местными органами власти.

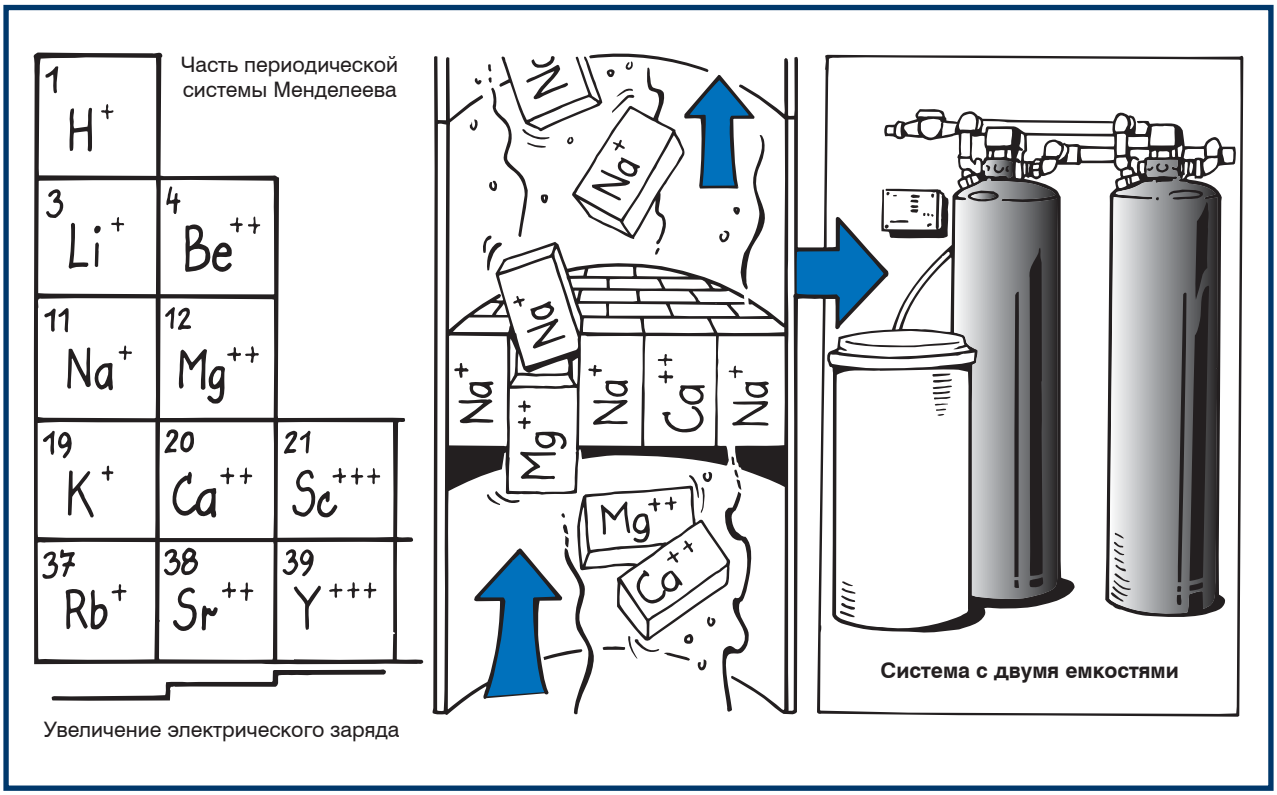


Рис.54 Процесс ионного обмена

Общие сведения об ионном обмене

Умягчение воды с помощью ионного обмена — это процесс, в котором электрически заряженные частицы (ионы), не влияющие на повышение жесткости воды, например ион натрия (Na^+), добавляются в пористый материал, называемый ионообменной смолой.

При растворении хлорида натрия (NaCl) в воде, атом натрия (Na) в растворе представляет собой ион натрия (Na^+), а атом хлора — ион хлора (Cl^-).

Ион натрия, содержащийся в ионообменной смоле, имеет более низкий электрический заряд, чем ионы молекул, влияющих на жесткость воды, такие как ионы кальция (Ca^{++}) и магния (Mg^{++}).

Во время прохождения через устройство ионного обмена, большая часть ионов Ca^{++} и Mg^{++} заменяются ионами Na^+. В результате каждый ион Ca^{++} и Mg^{++} высвобождает в раствор два иона Na^+. Ионы натрия не влияют на жесткость воды. Такой процесс способствует умягчению воды.

Когда большинство ионов натрия в смоле будут заменены ионами кальция и магния, необходимо произвести перезарядку ионообменного устройства для продолжения процесса умягчения воды.

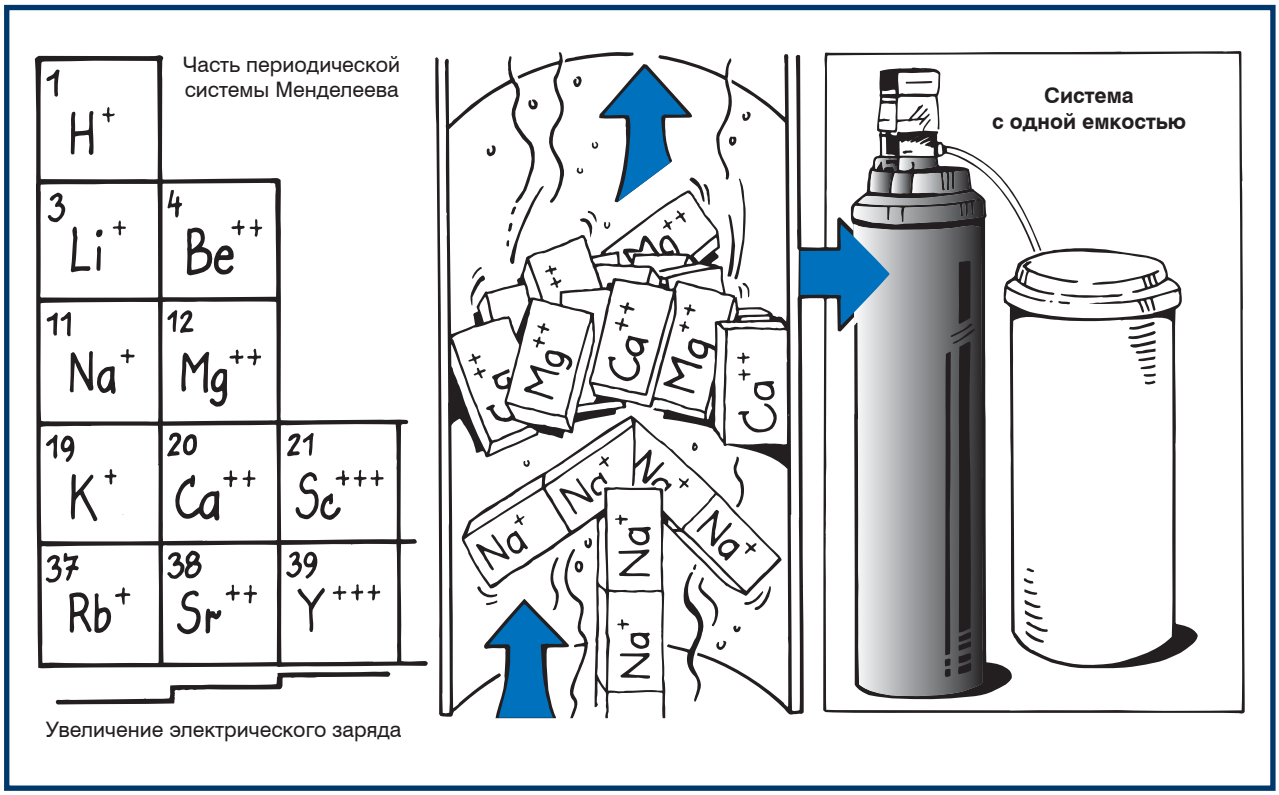


Рис.55 Регенерация

Регенерация

После насыщения, перед повторным использованием смола должна быть регенерирована раствором, содержащим ионы, первоначально присутствовавшие в смоле. Регенерация производится вручную (для системы с одной емкостью или замене ионообменной смолы) или автоматически (система с двумя емкостями), в зависимости от типа ионообменного устройства. Концентрированный солевой раствор хлорида натрия (NaCl) проходит через устройство, и ионы Ca^{++} и Mg^{++} освобождаются и заменяются ионами натрия из солевого раствора. После удаления избытка соли из ионообменного материала, система умягчения воды опять готова к работе. Частота перезарядки ионообменного устройства зависит от его типа, при этом необходимо руководствоваться инструкцией по применению.

Если регулярно не производить перезарядку устройства, в ионообменной смоле будут скапливаться всевозможные бактерии, ил и грязь. Это является основной причиной запрета в некоторых регионах использования такого метода очистки питьевой воды.

Людям, страдающим от болезней сердца и расстройством нервной системы, не рекомендуется употреблять воду, содержащую ионы натрия.

Вода, содержащая оксиды железа (ржавчину), должна быть отфильтрована перед прохождением через устройство умягчения воды, или должен быть применен такой тип устройства, где использованная ионообменная смола удаляется из контейнера и заменяется новой. После регенерации смолу можно использовать снова.

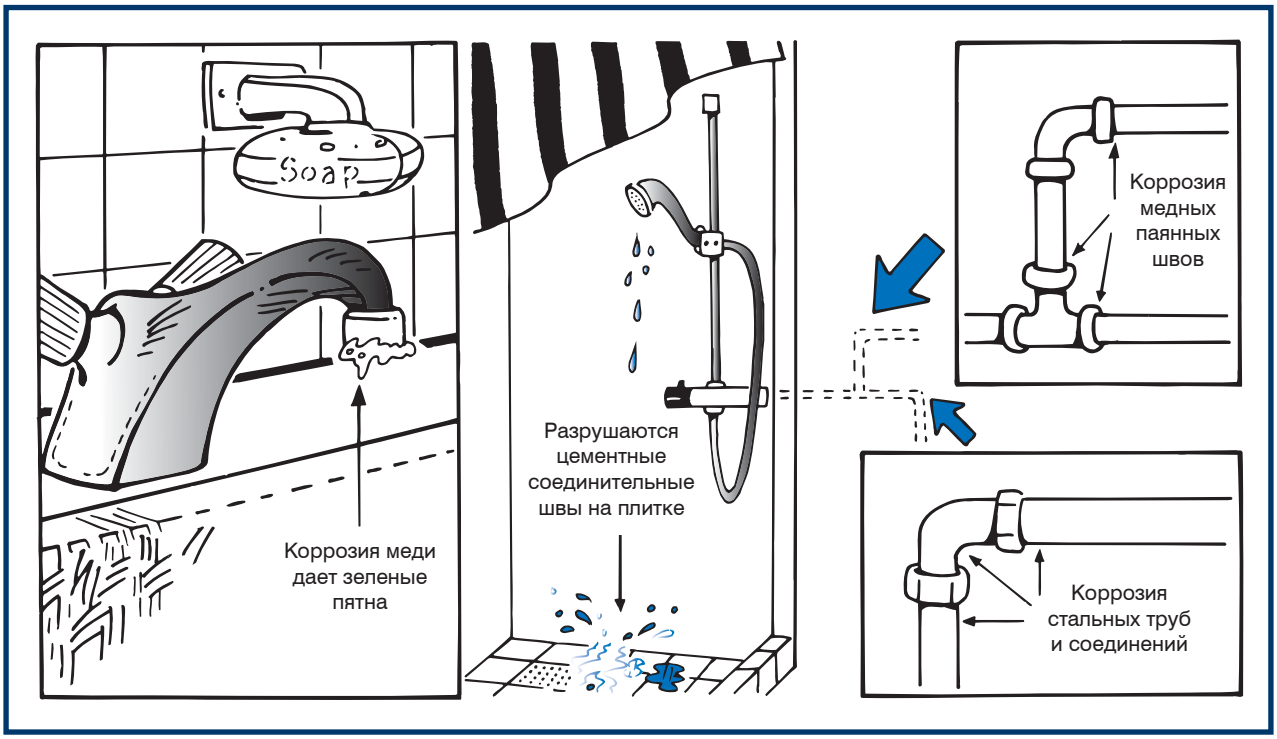


Рис.56 Последствия использования кислой воды

Кислая вода

Признаки

- Коррозия стальных частей и медных паянных швов
- Разрушение цементных стыков плитки в душевой
- В результате коррозии стали образуются красные пятна в раковине и туалете
- В результате коррозии меди и латуни образуются зеленые пятна в раковине и ванне
- Система по удалению железа работает неэффективно

Причины

- Вода содержит серную, угольную и азотную кислоты, которые не были нейтрализованы
- Кислота может образоваться в результате гниения органических соединений в болотах и топях.

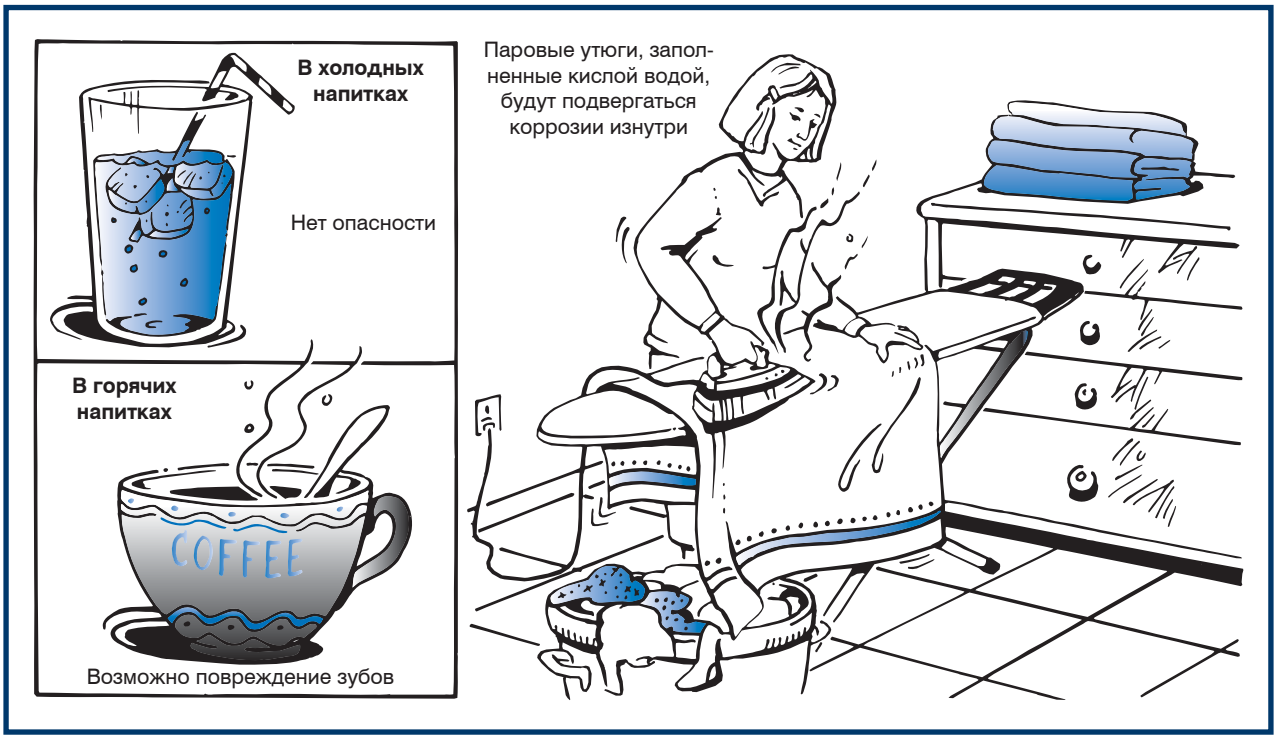


Рис.57 Кислая вода

Кислая вода (продолжение)

Основной причиной повышения уровня кислотности воды является загрязнение атмосферы. Загрязненная дождевая вода проходит в землю без нейтрализации. Это означает, что незначительно подкисленная вода (pH > 5,5) присутствует в местах, где имеются песчаные почвы с тонким плодородным слоем и недостатком известняка, и очень часто в тех местах, где подземные воды находятся близко к поверхности. Очень кислая вода (pH < 5,5) присутствует в озерах, поймах и болотах, где объем втекающей воды намного больше, чем вытекающей. Вследствие испарения воды, кислоты образуют более концентрированные растворы, так называемую «солоноватую воду».

Холодная кислая подземная вода относительно безопасна, но при нагревании она становится агрессивной. Агрессивность воды каждый раз удваивается с повышением температуры на 15°C. По этой причине чай или кофе, приготовленные на кислой воде, повреждают зубы. Утюг, наполненный такой водой, будет внутри подвержен коррозии. Питьевая вода, имеющая показатель кислотности pH 5,5–6, используемая для приготовления пищи, кофе и чая, должна быть нейтрализована. На следующей странице представлено сравнение кислотности некоторых освежающих напитков, пищевых продуктов и чистящих веществ.

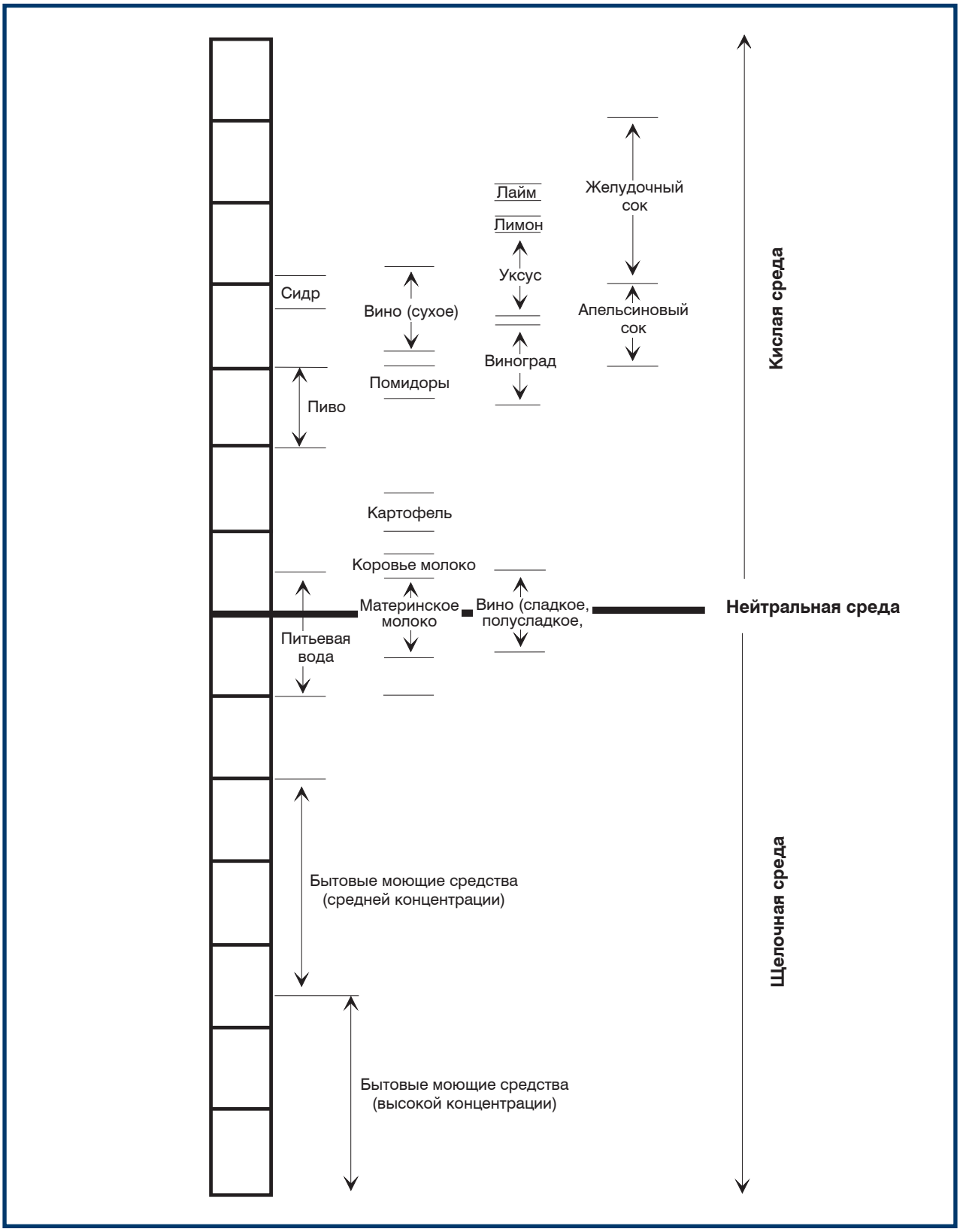


Рис.58 Сравнение значений pH различных продуктов

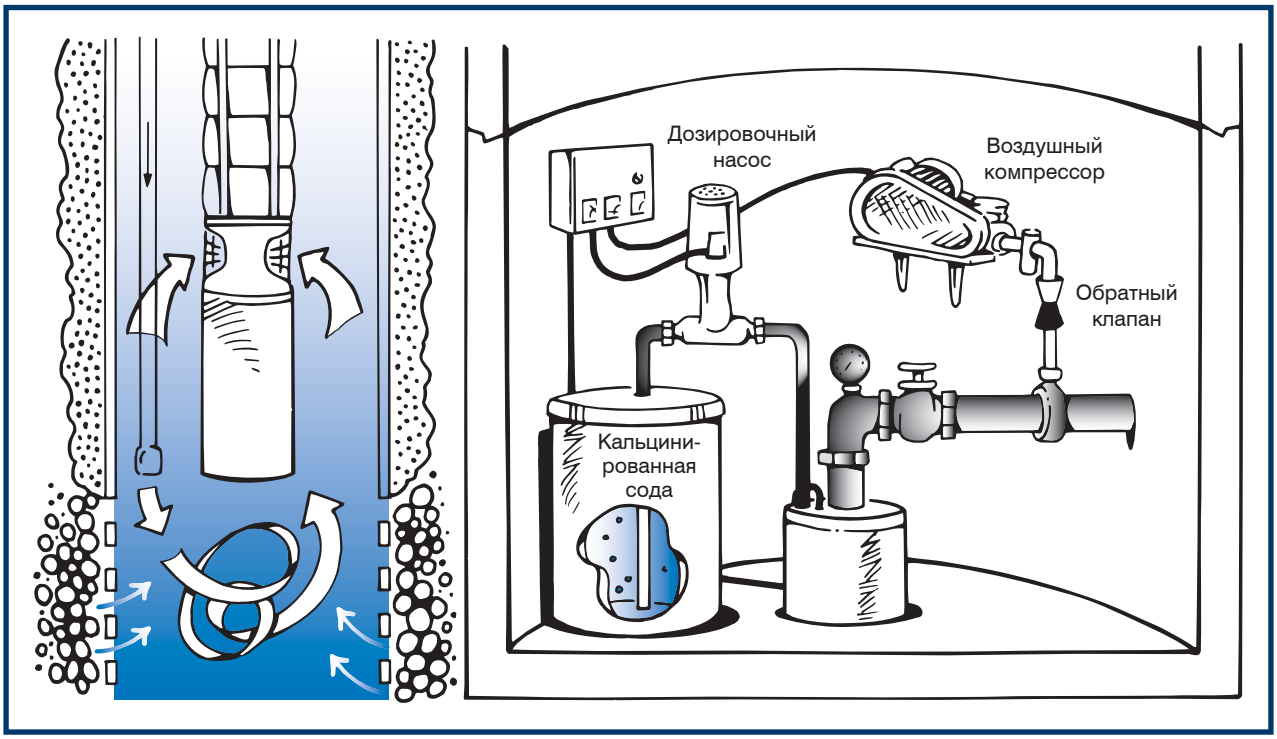


Рис.59 Установка водоподготовки кислой воды

Водоподготовка кислой воды

При обработке кислой воды можно воспользоваться одним из следующих трех способов:

- Использование нейтрализатора (вода проходит через известняк или мрамор)
- Добавление кальцинированной соды
- Добавление каустической соды

Нейтрализатор главным образом используется при значении кислотности pH выше 5,5 (слегка подкисленная вода).

Нейтрализатор заполняется известняковой или мраморной крошкой. Так как кислота, находящаяся в воде, вступает в реакцию с известняком, последний необходимо периодически заменять. Можно приобрести такое нейтрализующее устройство, в котором имеется резервный мешок с нейтрализатором.

Кальцинированная сода добавляется в резервуар для хлорирования, и в этом случае устройство хлорирования используется также и в качестве нейтрализатора.

Кальцинированная сода представляет собой раствор бикарбоната натрия в воде. В случае, когда ее использование невозможно, можно применять каустическую соду. Ее также называют домашним щелоком, и при работе с ней нужно соблюдать осторожность.

Если отсутствует устройство хлорирования, с помощью дозировочного насоса можно добавлять соду прямо в скважину, для того чтобы защитить фильтр, корпус и трубу от коррозии.

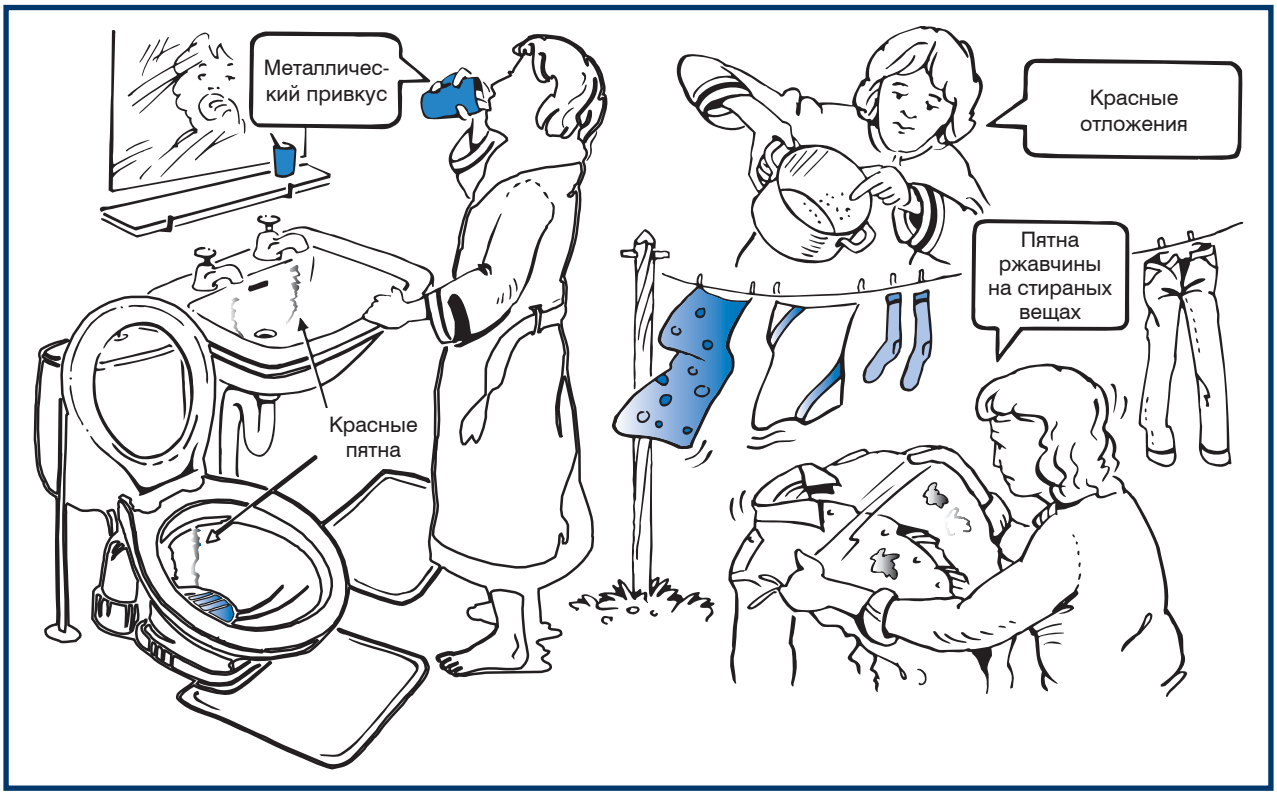


Рис.60 Последствия использования воды с высоким содержанием железа

Красная вода (содержащая растворенное железо)

Признаки

- После стирки белая одежда приобретает красноватый или желтый оттенок.
- На раковине и унитазе появляются пятна ржавчины
- После длительного перерыва в пользовании водой первая порция, выходящая из крана, имеет красный цвет.
- В особых случаях вода имеет металлический вкус.

Причины

- Коррозия стальных труб и резервуаров
- При прохождении воды через отложения железа в земле, она вступает с ним в химическую реакцию (растворяет его).
- Содержание ионов кислотных остатков в воде, даже при нормальном значении pH.

Красный цвет воды возникает из-за присутствия ионов железа в воде. Причиной бурого цвета воды является содержание в ней железа и небольшого количества марганца. Обычно кислород, находящийся в воде, участвует в биологических и химических процессах при прохождении ее через слои грунта. Это является основной причиной недостатка кислорода в подземных водах, и ионы железа не будут видимы до тех пор, пока они не окислятся до оксида железа. В скважинах, где воздух над поверхностью воды обогащает ее кислородом, ионы железа вступают в соединение с кислородом и превращаются в оксид железа.

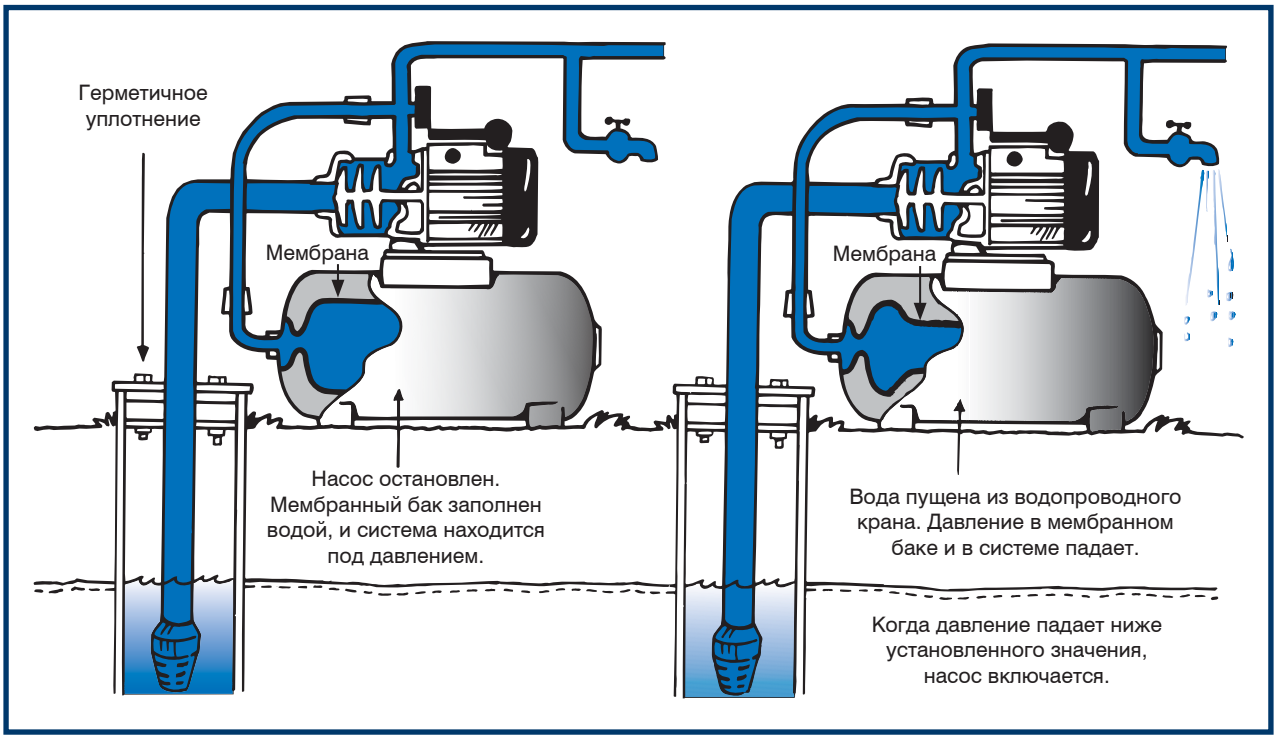


Рис.61 Мембранный бак препятствует контакту воздуха с водой

Красная вода (продолжение)

Ионы железа также будут контактировать с кислородом, находящимся в напорном баке, где сверху имеется воздушная подушка, оказывающая давление на поверхность воды.

При незначительном содержании железа (0,3–1,5 промилле) в грунтовой воде качество ее может быть значительно улучшено следующими способами:

1. Верхняя часть скважины должна быть хорошо герметизирована (доступ воздуха в нее предотвращен). При этом кислород, находящийся над поверхностью воды, будет быстро поглощен водой в скважине. Остаются только азот и испарения воды, которые не окисляют ионы железа.

2. Вместо напорного бака следует использовать мембранный резервуар. При наличии герметичной мембраны между водой и воздухом, железо также не будет окисляться.

При использовании такого способа ионы железа не будут подвержены окислению, пока кислород воздуха не смешается с ионами железа при выходе воды из водопроводного крана. Для процесса окисления железа требуется определенное время, поэтому большинство ионов не успеют окислиться до момента попадания воды в канализационную систему.

Для более качественной обработки воды между насосом и напорным баком может быть установлен фосфатный дозатор. Фосфатный дозатор представляет собой устройство, в котором часть воды проходит через пористый слой фосфата. Это также может быть жидкостный дозатор, аналогичный устройству хлорирования воды.

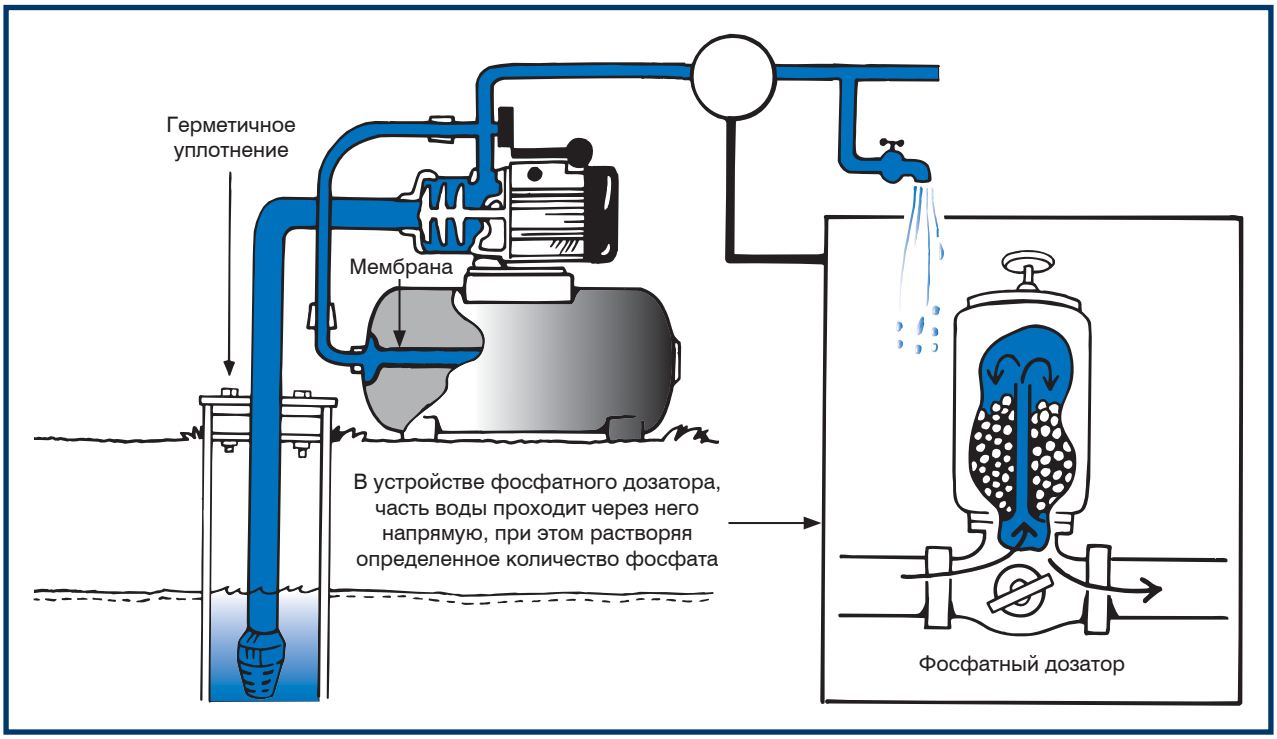


Рис.62 Устройство фосфатного дозатора

Красная вода (продолжение)

Фосфат пассивирует ионы железа таким образом, что они становятся не подвержены окислению.

Вместо фосфатного дозатора можно использовать устройство ионного обмена, работа которого была описана в разделе о жесткой воде. Устройство ионного обмена для извлечения ионов железа из воды имеет абсолютно другой тип ионообменной смолы, не такой, как используется при умягчении воды.

Если содержание железа в воде превышает 1,5 промилле, то она должна пройти процессы аэрации и фильтрации для обеспечения следующих процессов:

- окисления ионов железа
- обеспечения выпадения окисленного железа в осадок в виде хлопьев
- удаления осадка из питьевой воды путем фильтрации

На рынке представлено много таких систем, но ее также можно изготовить своими силами. Во-первых, устройство аэрации должно быть встроенным. Это может быть сделано с помощью небольшого компрессора, который включается при запуске насоса для перекачивания воды. Компрессор обогащает перекачиваемую воду кислородом. После чего в специальной зоне происходит реакция между ионами железа и кислородом. Далее, в месте, где скорость потока понижена, окисленные ионы железа будут образовывать хлопья, выпадающие в осадок. Такую осадочную зону лучше всего обустроить вверху фильтрующего резервуара.

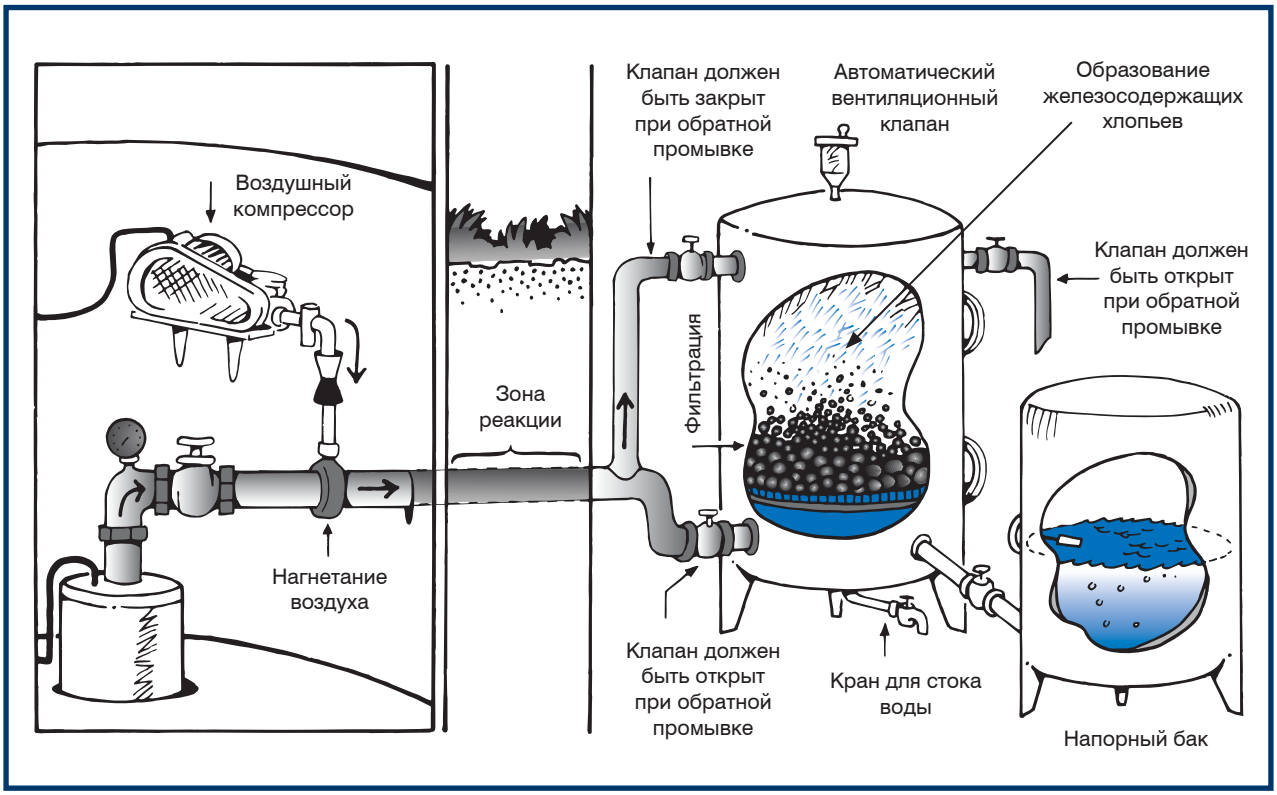


Рис. 63 Промывка фильтра

Красная вода (продолжение)

Вверху резервуара должен быть установлен автоматический клапан для удаления не использованного воздуха. Хлопьевидная ржавчина легко удаляется с помощью фильтра.

Такой фильтр можно сделать самим. Пористый керамзит (или другой аналогичный неорганический материал) помещается на дно бака. Далее на эту фильтрующую основу кладутся небольшие камни, диаметром 10–20 мм, образуя слой 15–20 см. Затем кладется слой фильтрующего песка 60–80 см (диаметром частиц 0,9–1,4 мм).

Хлопьевидная ржавчина будет откладываться на поверхности фильтра, в то время как несвязанные ионы железа будут осаждаться на 20–40 см ниже в слое песка.

Песчаный фильтр должен регулярно очищаться от частиц ржавчины путем перекачивания воды в нижнюю часть резервуара, при аэрации воды (обратная промывка). Когда открыт верхний клапан, песчинки в фильтре начнут колебаться, благодаря чему свободные частицы ржавчины и хлопья ржавчины будут смыты в канализационную систему. После обратной промывки фильтра вход воды в нижнюю часть бака и выход из верхней части закрываются, и промытый фильтр начнет работать в обычном режиме.

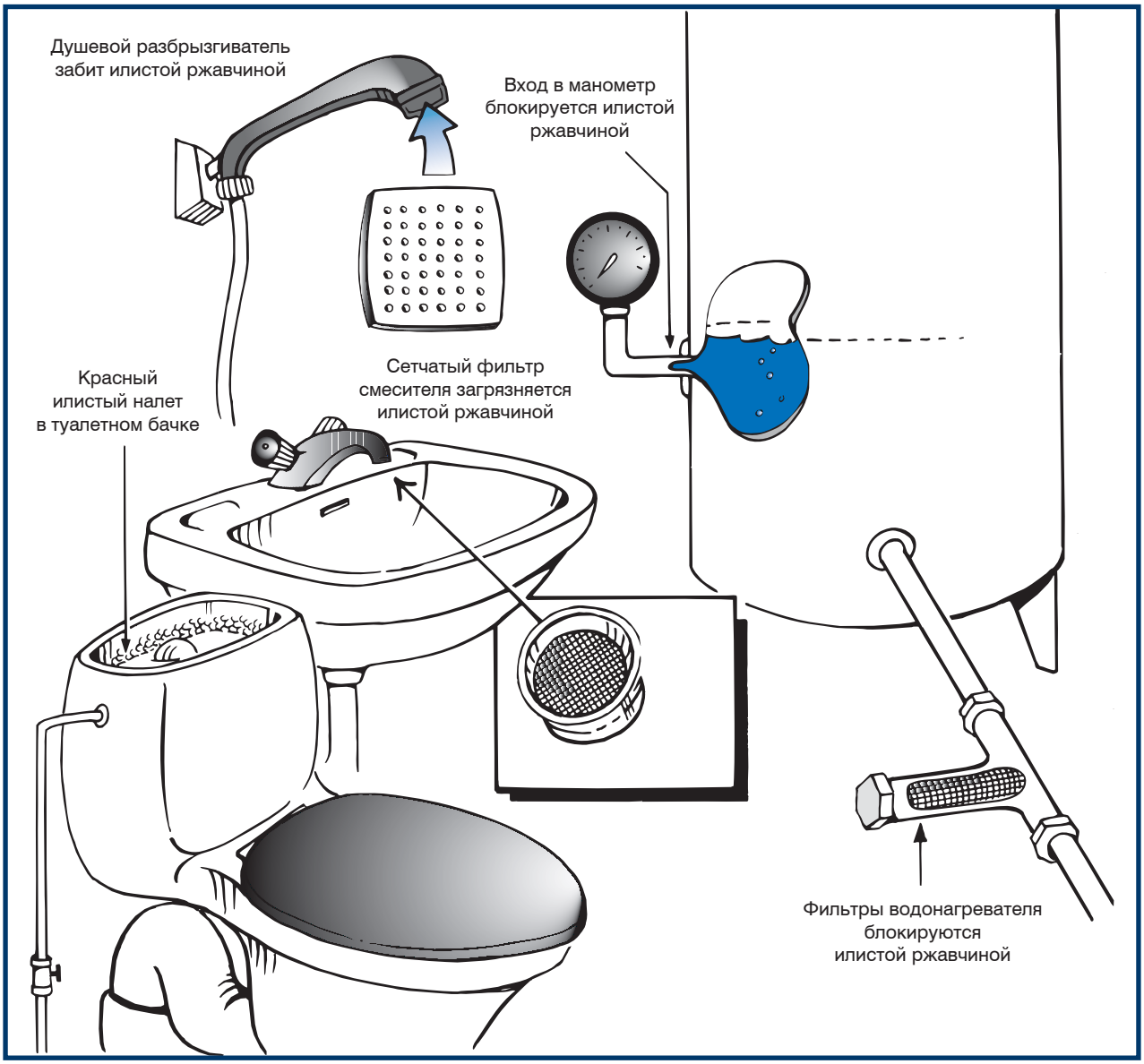


Рис.64 Последствия содержания железобактерии в воде

Красная вода (присутствие железобактерии)

Признаки

- Образование красного ила в канализационных сифонах
- Фильтрующие решетки в водопроводных кранах могут быть забиты илистой ржавчиной
- Манометры приходят в негодность из-за загрязнения входного отверстия илистой ржавчиной

Причина

- В скважине или колодце находится железобактерия, которая распространяется по всей системе водоснабжения.

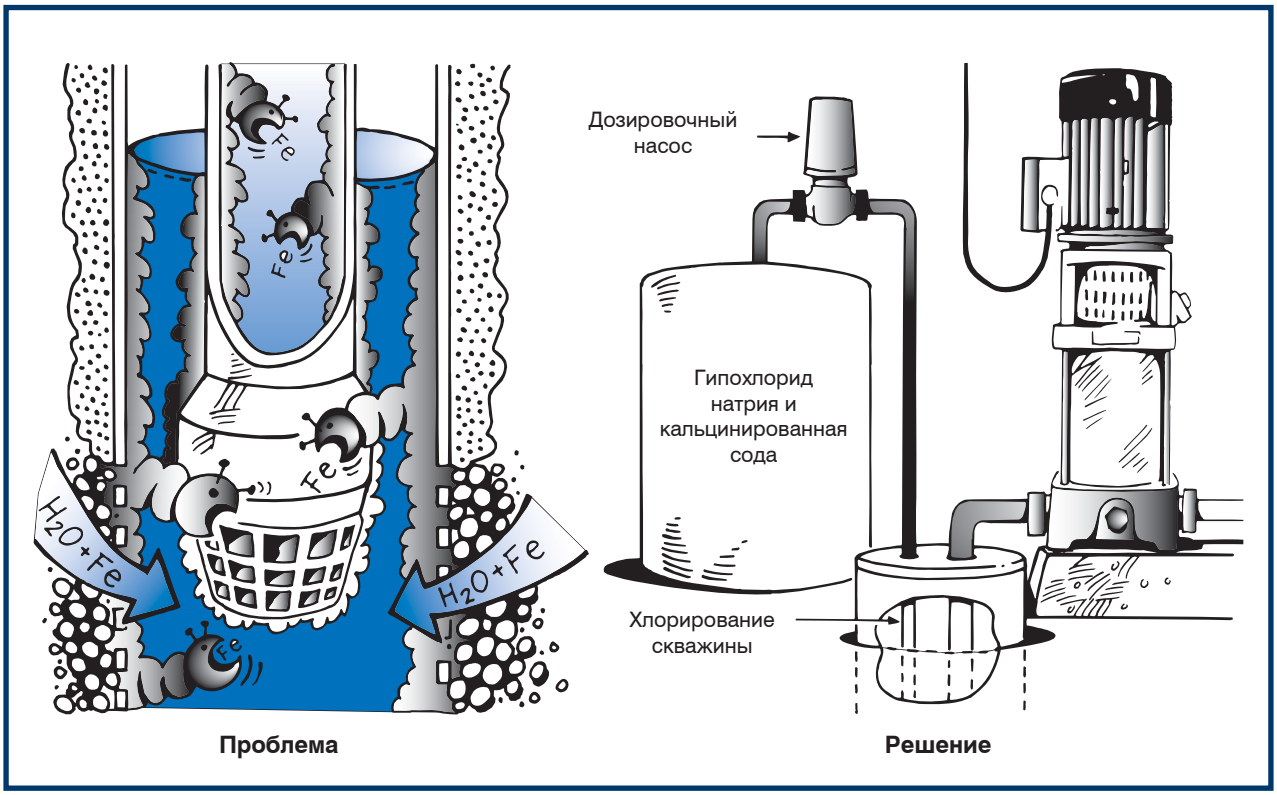


Рис.65 Установка водоподготовки для системы с железобактерией

Красная вода (присутствие железобактерии) (продолжение)

Железобактерия может перемещаться из одного места в другое через водоносный слой, в котором она находится, или через буровое оборудование, если до этого бур находился в инфицированной скважине. Самый простой путь проверки наличия железобактерии в воде — это открыть крышку туалетного бачка. Если дно и стенки бачка имеют илистый красный налет, то, возможно, данная система заражена железобактерией.

Железобактерия находится в железе, содержащемся в воде. Если в воде обнаружена железобактерия, возможно, водная среда является кислой. Если это действительно так, то система трубопровода будет подвержена коррозии, в результате чего появятся пятна ржавчины в раковине, в ванне и других местах.

Если в воде содержится железобактерия, то воду нельзя очистить от ионов железа без предварительного уничтожения железобактерии методом хлорирования. При этом скважина должна быть хлорирована напрямую, иначе в ней продолжат распространяться бактерии, которые будут вызывать коррозию проточной части насоса.

Если к тому же вода в скважине является кислой, одновременно вместе с хлором туда необходимо добавить кальцинированную или каустическую соду, для нейтрализации воды перед фильтрацией. Для этой цели вы можете приобрести стандартный фильтр, предлагаемый на рынке, или изготовить его самостоятельно, пользуясь рекомендациями на странице 79.

Нет необходимости в окислении воды во время хлорирования, так как хлор окисляет находящиеся в ней ионы железа. Однако окисление помогает улучшить процесс образования хлопьев окисленных ионов железа.

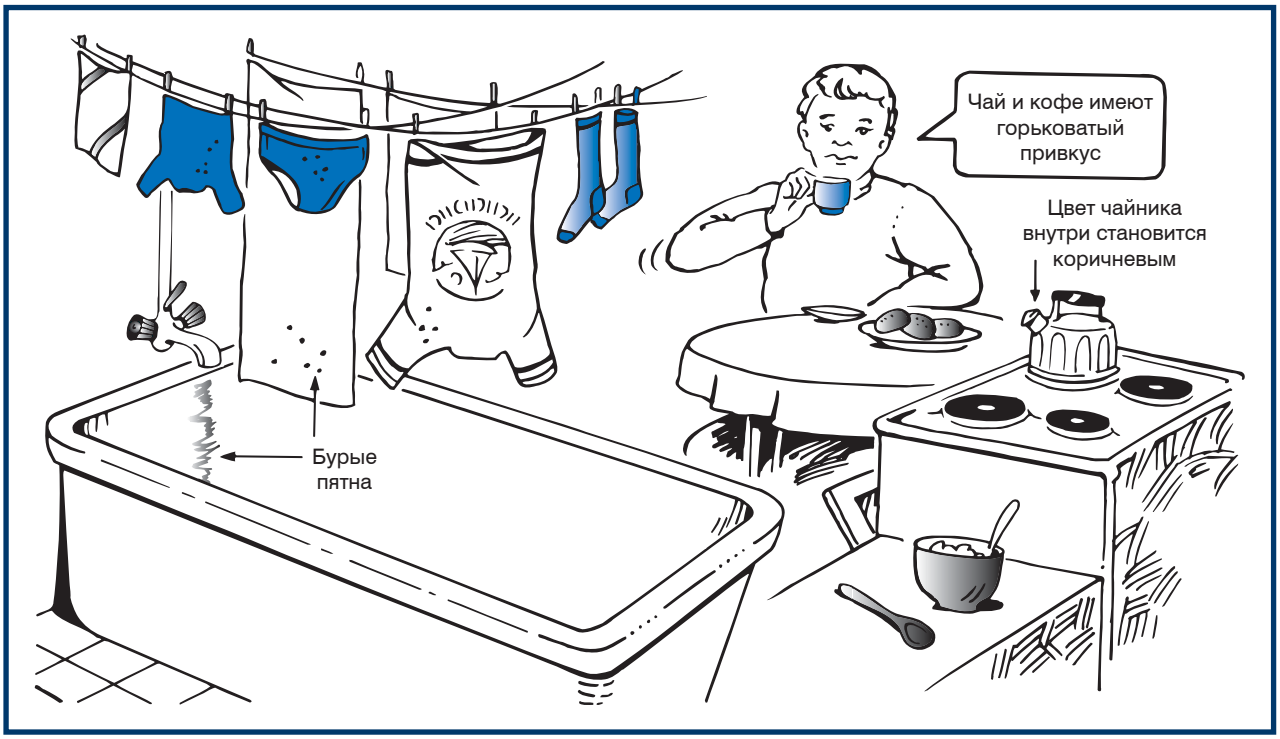


Рис.66 Последствия присутствия в воде марганца

Бурая вода (содержащая марганец)

Признаки

- После стирки белая одежда приобретает бурый цвет
- На раковине, в ванне и туалете образуются бурые пятна
- Поверхность чайника внутри становится коричневой или черной
- После длительного перерыва в пользовании водой из водопроводного крана первая порция ее при открытии крана будет иметь черный цвет
- Чай и кофе имеют горьковатый привкус.

Причины

- Марганец, содержащийся в подземных слоях, через которые проходит вода, растворяется в ней.
- Содержание кислых ионов в воде, даже при нормальном значении pH.

Черноватая вода встречается довольно редко. Чаще можно встретить коричневатую воду, содержащую марганец и железо. Даже если содержание марганца в воде составит менее 0,1 промилле, в раковине, туалете и в ванне будут образовываться черные пятна.

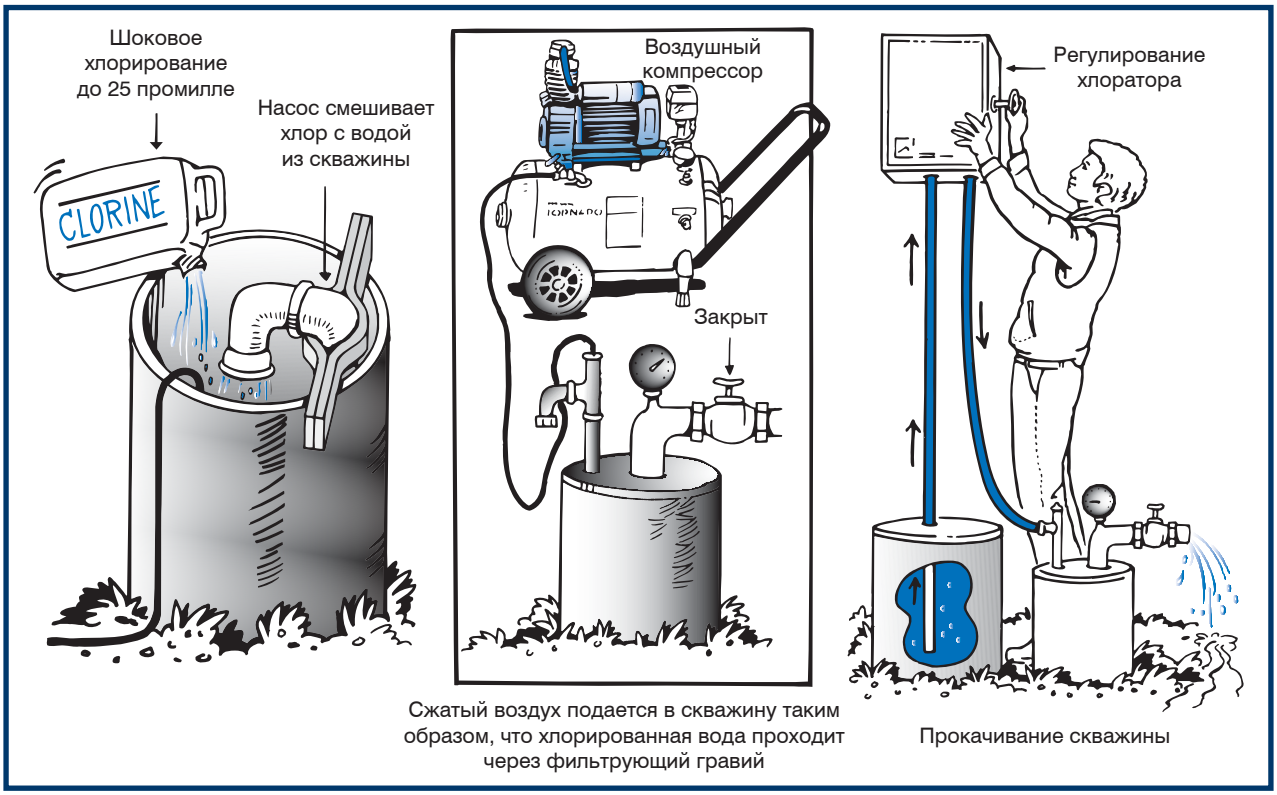


Рис.67 Водоподготовка для воды с марганцем

Бурая вода (продолжение)

Марганец извлекается из воды теми же способами, что и железо. Марганцевая бактерия, так же как и железобактерия, находится в воде и содержится на ионах марганца. Эта бактерия погибает после хлорирования скважины. В скважинах, содержащих железобактерию и марганцевую бактерию, на начальном этапе должно быть проведено шоковое хлорирование, т.е. туда нужно добавить такое количество хлора, чтобы вода в ней содержала не менее 25 промилле хлора. Затем в уплотненную скважину накачивают сжатый воздух до тех пор, пока уровень воды в ней не понизится, и хлорированная вода пройдет через песчаный фильтр, чтобы убить все бактерии.

После шокового хлорирования вода, содержащая мертвые бактерии, должна быть выкачана из скважины и прокачана через фильтр и напорный бак, до тех пор, пока содержание хлора в ней не упадет до значения 0,5 промилле. После проведения этого процесса можно режим хлорирования заменить на более щадящий.

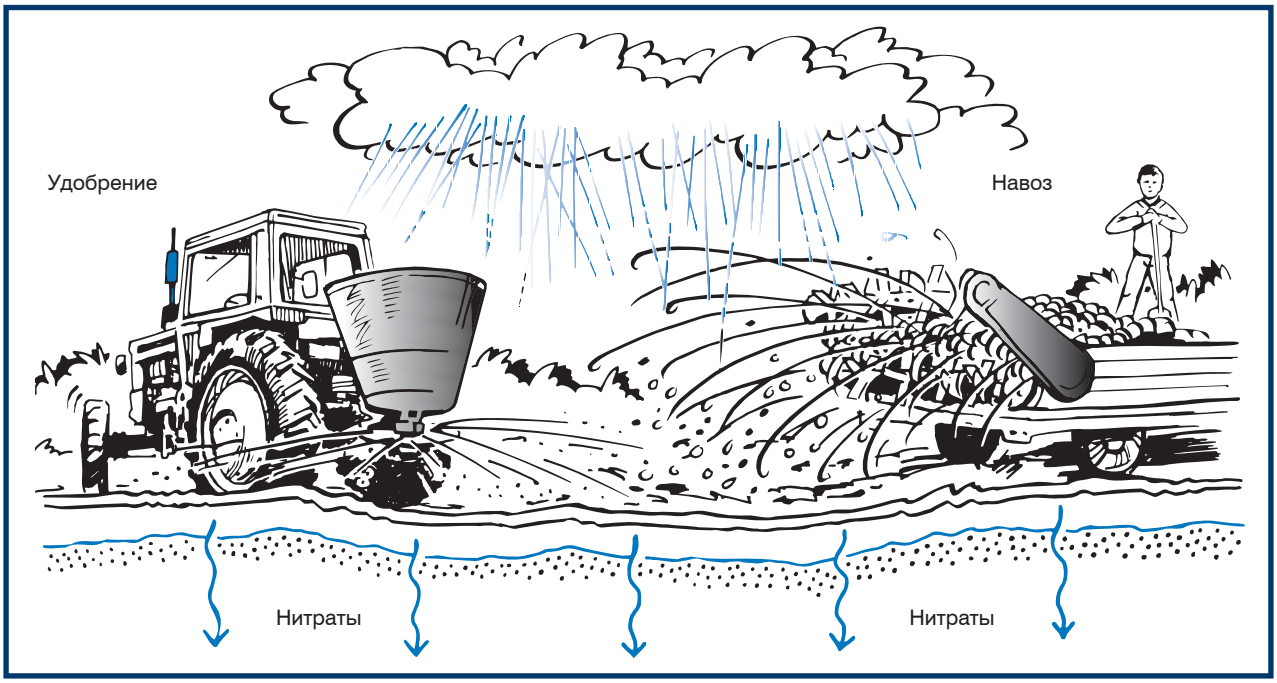


Рис.68 Загрязнение подземных вод удобрениями

Вода, загрязненная удобрениями (содержащая нитраты)

Признаки

- Нитраты, содержащиеся в воде, трудно сразу же обнаружить, для этого должен быть проведен специальный анализ.

Причины

- Загрязнение через выгребные или силосные ямы.
- Загрязнение из-за сельскохозяйственных работ, где процесс удобрения почвы не соответствует выпадающим дождевым осадкам, типу культуры и методу культивации.
- Неправильная очистка сточных вод.
- Азот от двигателей внутреннего сгорания и из дымоходов.

Наличие нитратов в воде может объясняться, по меньшей мере, следующими четырьмя факторами:

- Каждый год в землю через дождевые осадки попадает до 12 кг азота на один гектар.
- Канализационные стоки из частных домов и промышленных предприятий.
- Удобрение полей навозом и химикатами, после чего нитраты попадают в подземные воды.
- Преобразование аммиака под действием бактерий из нитритов в нитраты путем окисления.

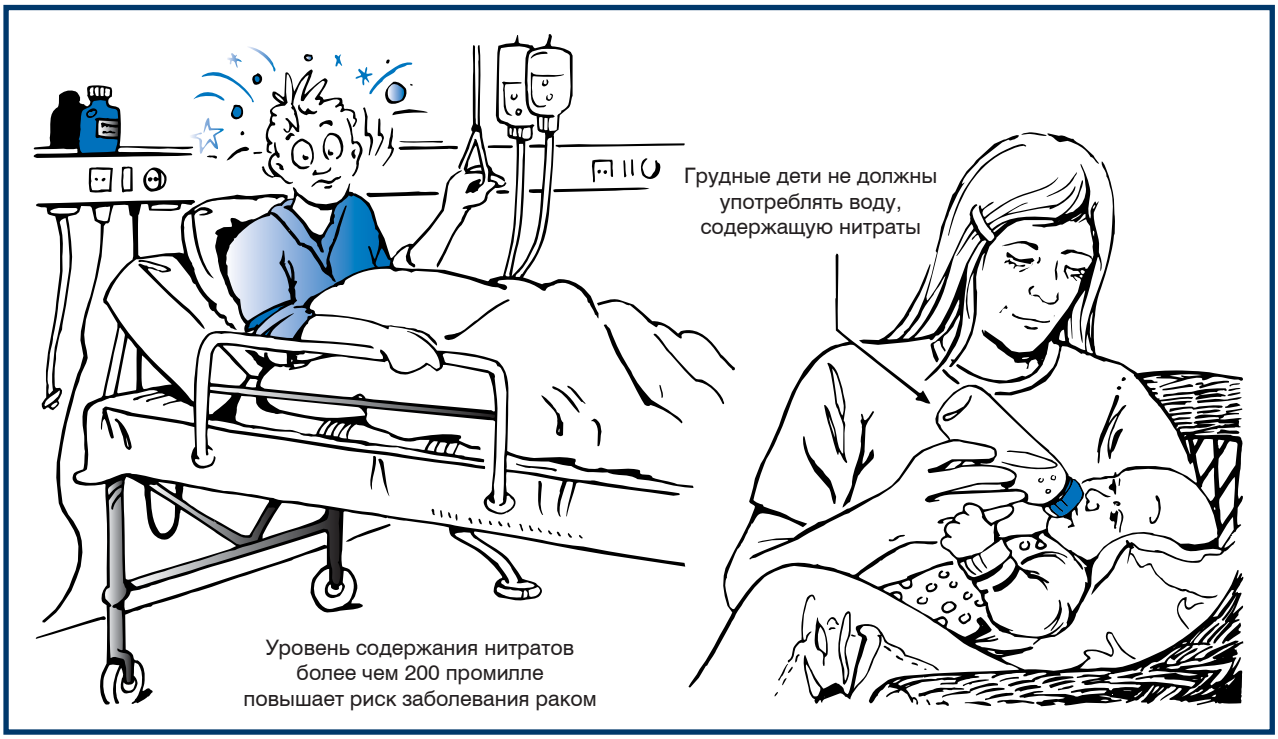


Рис.69 Вода с высокой концентрацией нитратов может повредить здоровью

Вода, загрязненная удобрениями (продолжение)

Уровень загрязнения питьевой воды нитратами является критическим, если содержание в ней нитратов находится в пределах от 25 до 50 промилле.

Исследования показывают, что содержание нитратов, превышающее 200 промилле, увеличивает риск возникновения рака желудка. Это также снижает способность крови удерживать кислород.

Но самым наихудшим моментом содержания нитратов в питьевой воде является то, что в такой воде активно размножаются бактерии.

Если в подземной воде содержится большое количество нитратов, эту проблему можно разрешить тремя способами:

1. Не пользоваться этим источником, и найти другой вариант обеспечения чистой водой.

2. Пробурить более глубокую скважину. Часто скважина, пробуренная на глубину 10–30 м, содержит нитраты. Решением проблемы в данном случае будет бурение скважины на глубину 60–70 м ниже уровня существующей скважины.

3. Очистка питьевой воды.

Очистка питьевой воды от нитратов может выполняться с помощью устройства ионного обмена, но так как этот способ влечет за собой риск образования бактерий, очистка может производиться более безопасным и дешевым способом с помощью процесса, названного обратным осмосом. В течение многих лет этот процесс использовался для получения питьевой воды из морской.

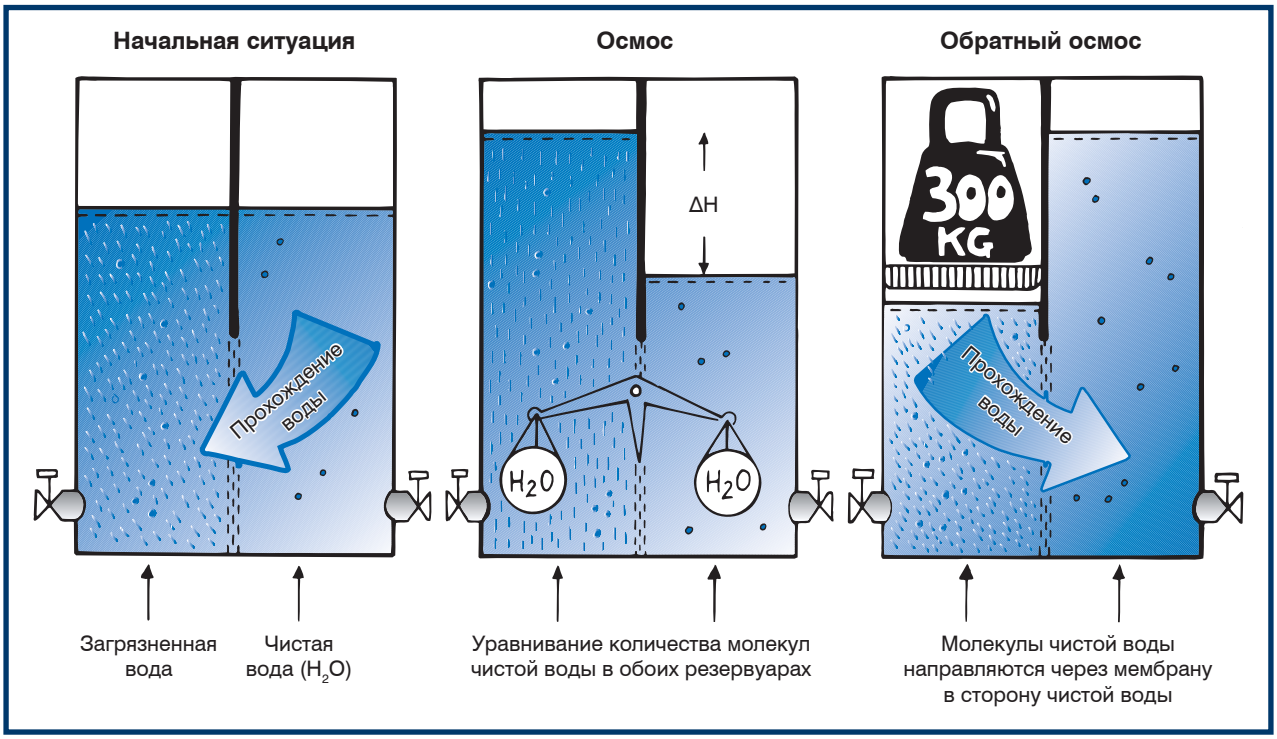


Рис.70 Принцип осмоса и обратного осмоса

Что такое осмос?

Если установить полупроницаемую мембрану (мембрана с такими маленькими порами, что через них свободно могут пройти только молекулы воды) между двумя камерами резервуара и наполнить одну из них свежей водой, а другую — соленой, с одинаковым уровнем, то начнется следующий процесс:

Уровень воды в камере, содержащей соленую воду, будет постепенно расти, в то время как уровень воды в камере с чистой водой будет падать, так как чистая вода проходит через мембрану в камеру с соленой водой. **Такой процесс уравнивания количества молекул чистой воды в обеих камерах называется осмосом.** В камере с соленой водой количество молекул чистой воды такое же, как и в камере с чистой водой, но соленая вода к тому же содержит и молекулы соли. Это является причиной разности уровней по обе стороны мембраны.

Эта разница называется осмотическим давлением (ΔH).

В морской воде, содержащей 20 000 промилле хлорида, осмотическое давление составляет примерно 300 м, равное 30 бар. Если вода содержит только 200 промилле хлорида, то осмотическое давление составляет около 3 метров, что равно 0,3 бар. Это говорит о том, что осмотическое давление зависит только от концентрации раствора соли. Если камера с соленой водой находится под давлением, которое выше осмотического, начинается обратный процесс. Чистая вода проходит через мембрану в обратном направлении, т. е. со стороны соленой воды по направлению к чистой, до тех пор, пока концентрация соленой воды не поднимется, пока давление чистой воды не уравняется с давлением соленой + давление насоса.

Такой процесс называется обратным осмосом.

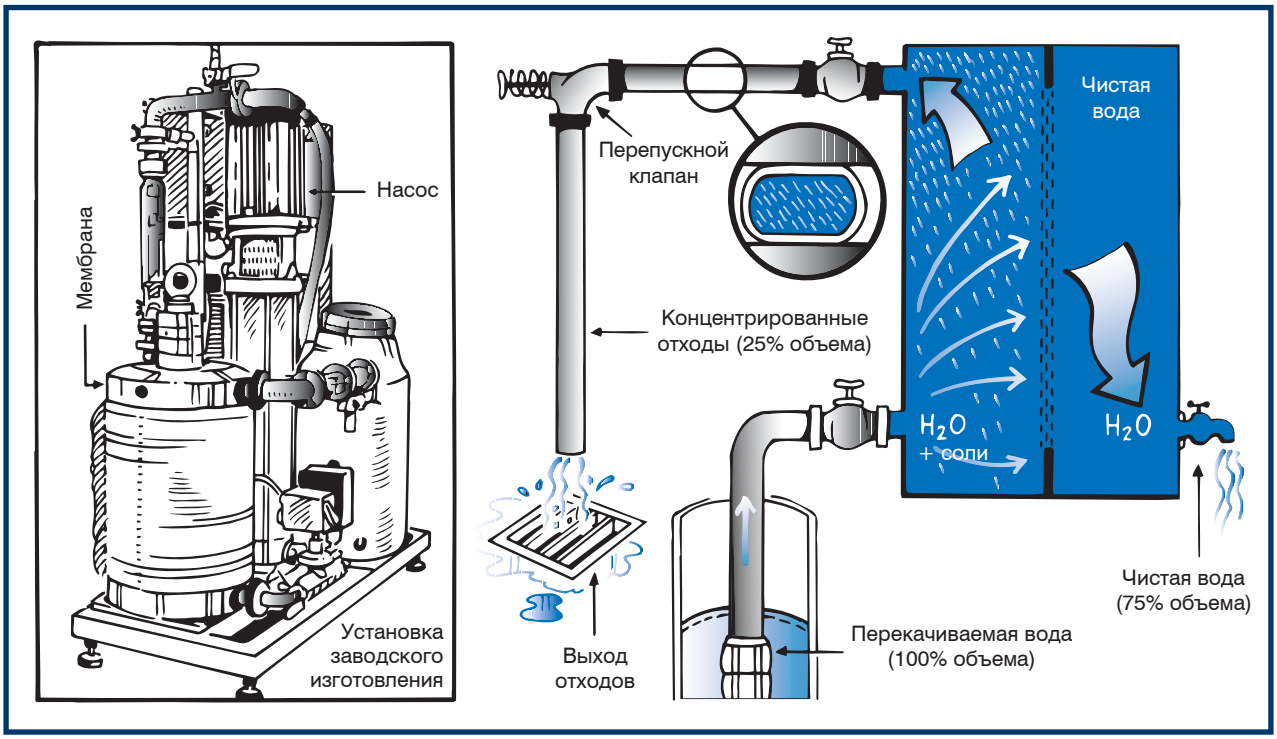


Рис.71 Система обратного осмоса

Что такое осмос (продолжение)

Для продолжения процесса в резервуар закачивается новый солевой раствор, концентрированный раствор сливается наружу через сливное отверстие, находящееся вверху резервуара, и чистая вода продолжает проходить через мембрану в камеру с чистой водой.

При обработке солоноватой (слабо минерализированной) воды получается 25% концентрированного раствора и 75% чистой воды при давлении насоса 15 бар, в зависимости от концентрации солевого раствора. Не вся соль остается в камере солевого раствора. В зависимости от качества мембраны, небольшие количества соли (1,5–10%) все же проходят через нее.

Обратный осмос является идеальным методом для удаления нежелательных примесей из питьевой воды. Смотрите таблицу ниже.

Тип частицы	Процент удаления
Бактерии и вирусы	100
Сульфаты	99
Кальций	98
Магний	98
Хлориды	96
Нитраты	90

В этой таблице приведены данные для определенного типа мембран, но можно использовать и мембраны с лучшими или худшими качествами. При выборе мембраны следует остановиться на той, которая бы соответствовала требуемому качеству воды.

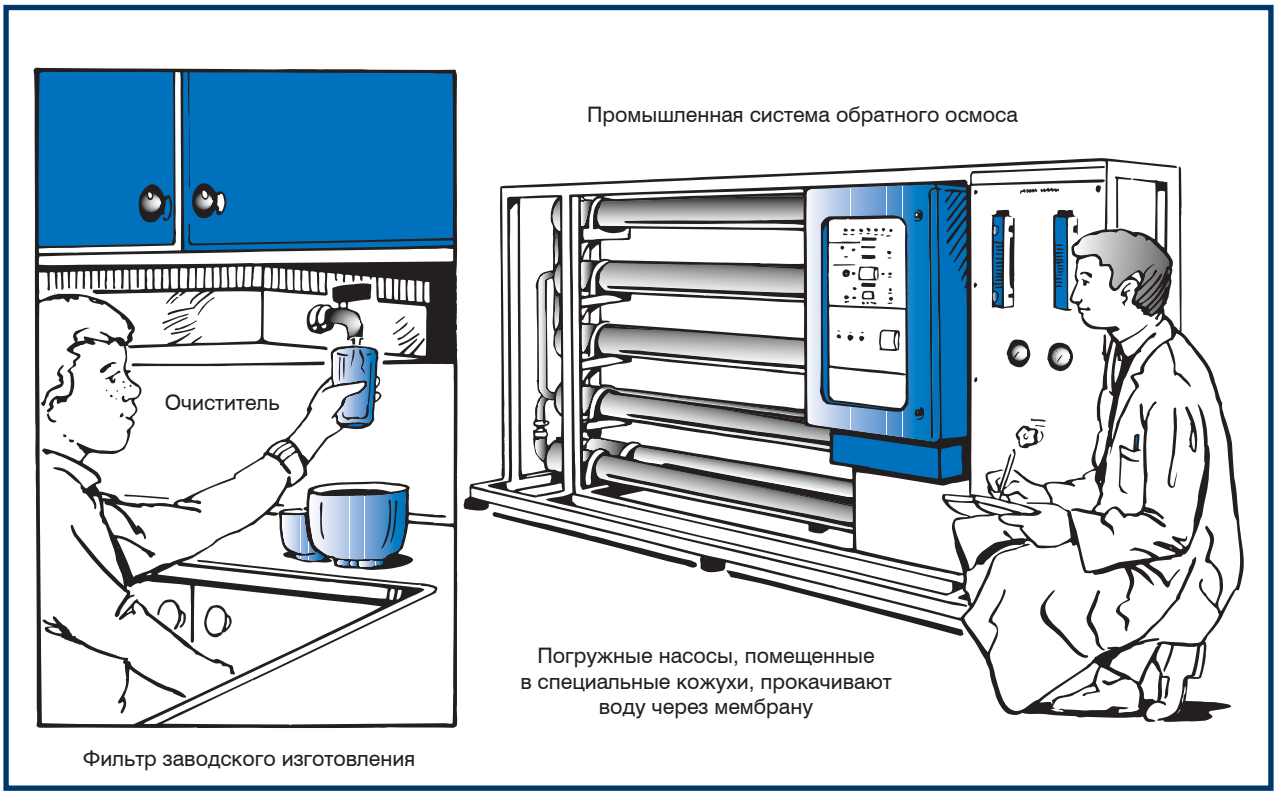


Рис.72 Различные типы систем обратного осмоса

Что такое осмос (продолжение)

Если источник воды содержит 200 промилле хлорида и вы желаете снизить концентрацию до 20 промилле, осмотическое давление питающей воды должно быть 0,3 бар. Это означает, что при значениях давления выше 0,3 бар вода начинает проходить через мембрану в камеру с чистой водой. Когда чистая вода покидает солевой раствор, концентрация соли в нем увеличивается и, следовательно, требуется более высокое давление. Но несмотря на это максимальное рабочее давление установки не должно быть превышено.

Как будет рассмотрено далее, обратный осмос является уникальным методом очистки загрязненной воды. В течение одной операции вода может быть очищена от бактерий, вирусов, кальция, магния, хлоридов и нитратов. При этом необходимо удостовериться в том, что исходная вода не содержит железа и марганца, т.к. это может нарушить пропускную способность мембраны. Поэтому вода, содержащая железо и марганец, перед прохождением через установку обратного осмоса должна быть предварительно окислена и профильтрована.

Очистку воды можно производить с помощью большой промышленной системы обратного осмоса или небольшой бытовой установки. Большинство бытовых установок обратного осмоса имеют производительность порядка 20 л/ч, или 0,5 м^3/ч.

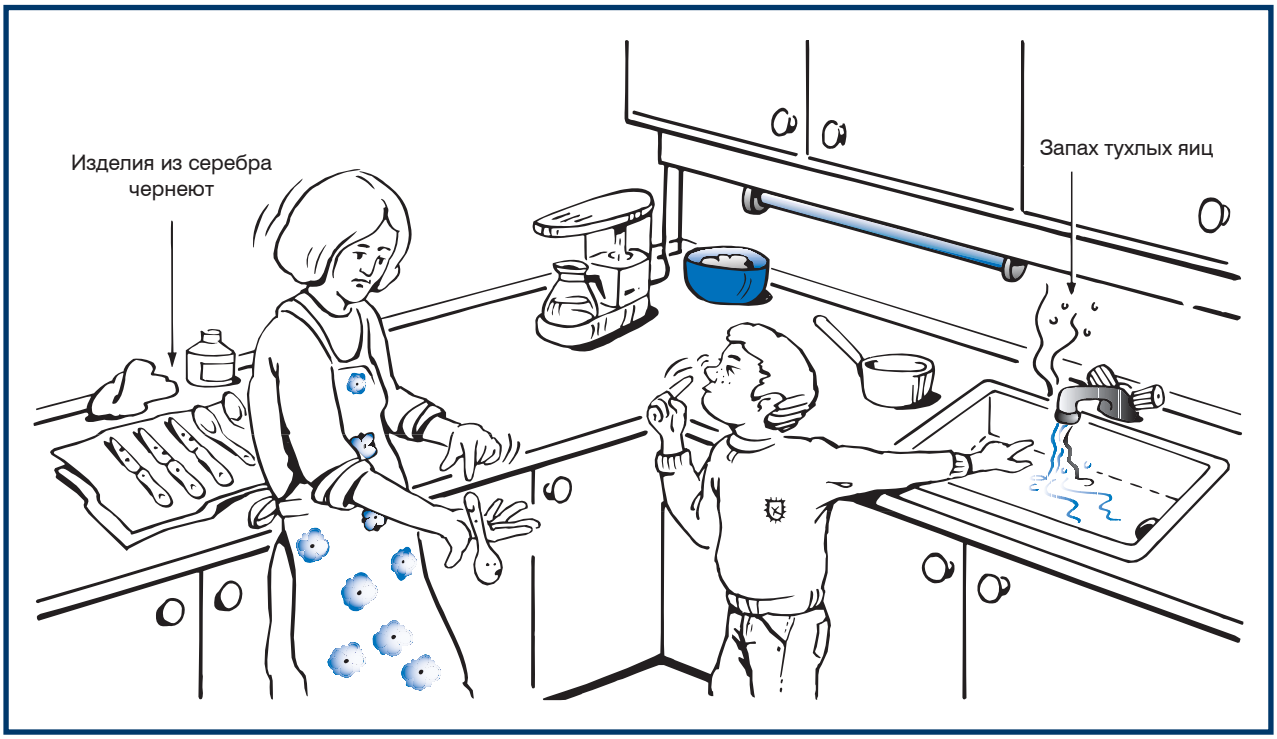


Рис.73 Вода с сероводородом

Вода с запахом тухлых яиц

Причиной этого является растворенный в воде сероводород.

Признаки

- Пища, приготовленная на такой воде, приобретает вкус тухлых яиц
- Изделия из серебра чернеют
- Стальные и медные трубы подвержены коррозии

Причины

- В воде содержится сероводород
- Наличие в воде сульфатно редуцированной бактерии
- Наличие в воде серной бактерии

Вода, содержащая сероводород, возможно, прошла на своем пути к скважине через разлагающееся органическое вещество или водоросли. Возможны следующие альтернативные варианты очистки воды:

- Хлорирование скважины
- Аэрация
- Осаждение загрязняющих примесей в виде хлопьев
- Фильтрация через мелкозернистый песок

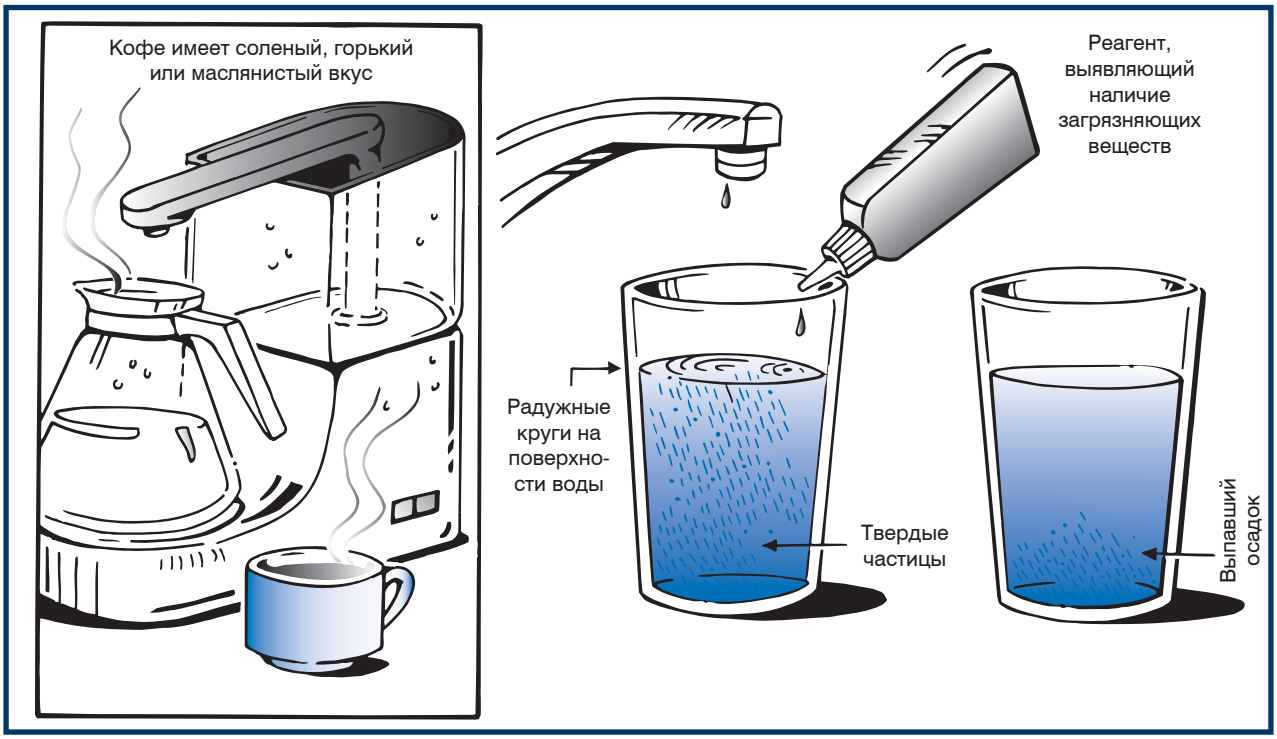


Рис.74 Мутная или зловонная вода

Мутная или зловонная вода

Причиной могут быть растворенные в ней частицы органического или минерального вещества.

Признаки

- Вода мутная или даже грязная
- Вода имеет горький вкус
- Вода имеет маслянистый вкус

Причины

- Фильтр в корпусе скважины не имеет гравийного элемента
- Корпус или фильтр скважины повреждены точечной коррозией
- Перекачивание морской воды
- Вода проходит через пласты с химическими или нефтяными отходами

Если вода мутная или имеет зловонный вкус, вероятнее всего, в скважине содержится бактерия. Для очистки такой воды должна быть проведена аэрация, чтобы обеспечить выпадение примесей в виде хлопьевидного осадка и окисление воды. Наиболее предпочтительным является мелкозернистый песчаный фильтр, но если мутные примеси содержат ил или очень мелкие частицы, возможно, есть необходимость использования диатомитового фильтра или фильтра с активированным углем.

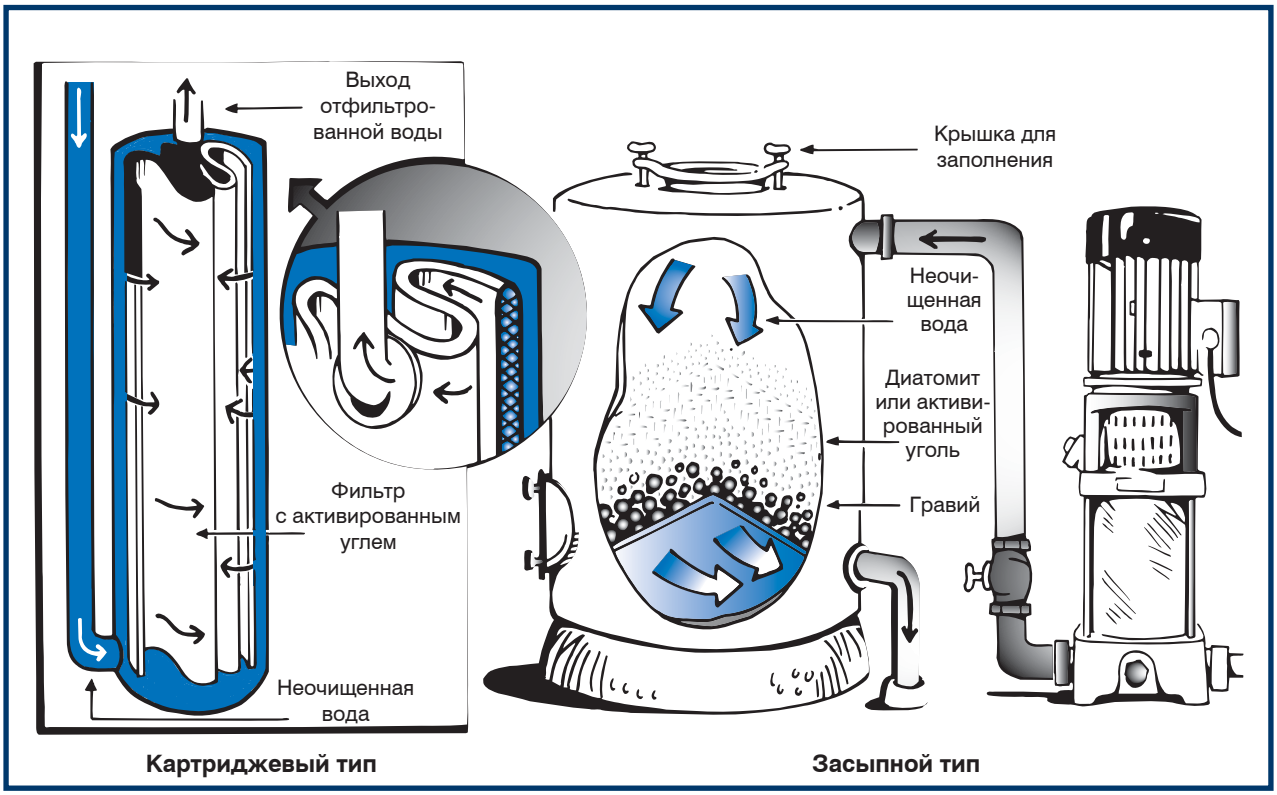


Рис.75 Различные типы фильтров

Мутная или зловонная вода (продолжение)

Диатомитовые фильтры состоят из оболочки, включающей в себя микроскопические морские водоросли, называемые диатомеями. Оболочка имеет большую поверхность и обладает прекрасными фильтрующими качествами. Обслуживание картриджевого фильтра заключается в периодической замене использованного картриджа на новый. Фильтр засыпного типа требует периодической промывки и обновления (засыпки) фильтрующего материала.

Фильтры с активированным углем изготавливаются из битумного угля, бурого угля, нефтяного кокса и торфа. Эти материалы нагреваются и вступают в реакцию с паром, образуя пористую структуру, необходимую для процесса абсорбции. Такая обработка угля называется **активацией**.

Фильтры с активированным углем используются для:

- дехлорирования воды
- извлечения органических соединений
- удаления пестицидов
- удаления микроскопических частиц

Фильтры заводского изготовления бывают только картриджевого типа.

Комбинированные фильтры с активированным углем представляют собой сочетание поддерживающего песочного слоя и фильтрующего слоя из активированного гранулированного угля.

7. Водоподготовка

Подбор насоса

Глава 8

8. Подбор насоса



Рис.76 Различные типы насосов

Насосы для водоснабжения

Работа центробежного насоса основана на одном и том же принципе, независимо от типов насосов, о которых мы будем говорить далее:

- Насосы нормального всасывания
- Скважинные насосы
- Самовсасывающие насосы
- Дренажные насосы

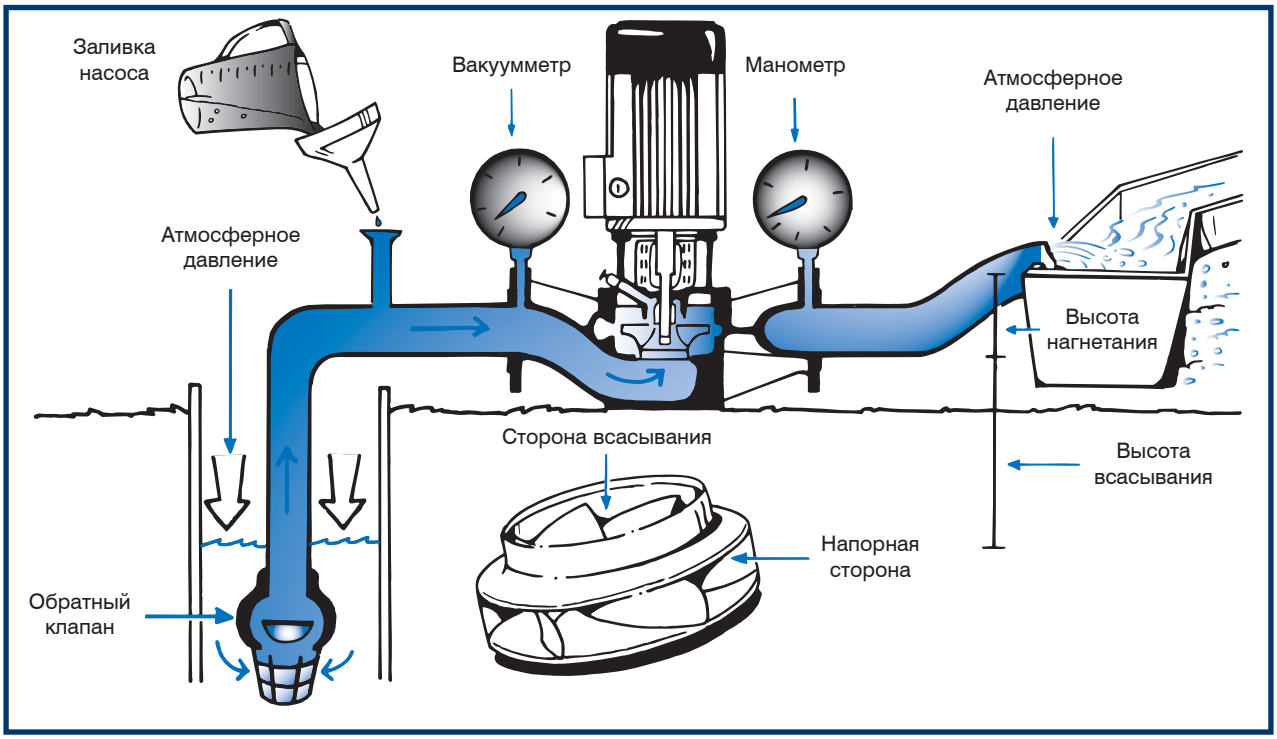


Рис.77 Принцип работы центробежного насоса

Принцип работы центробежного насоса

Принципиальная разница в конструкции насосов, упомянутых на предыдущей странице, связана с областью их применения и, следовательно, со способом их монтажа.

Для обычного центробежного несамовсасывающего насоса, который используется для откачивания жидкостей и повышения давления или перекачивания жидкостей на более высокий уровень, необходим клапан на всасывании для предотвращения обратного тока жидкости при остановке насоса.

При монтаже насос и всасывающий трубопровод должны быть заполнены жидкостью. После заполнения насос готов к работе.

При работе насоса вращение рабочего колеса отбрасывает воду к напорному патрубку. При этом на всасывающей стороне рабочего колеса возникает разряжение. Атмосферное давление направляет жидкость через клапан и всасывающий трубопровод к всасывающему патрубку и рабочему колесу, которое вновь отбрасывает жидкость к напорному патрубку. Таким образом, разряжение во всасывающем патрубке насоса зависит от следующих факторов:

- высоты всасывания
- сопротивления на трение в клапане и всасывающем трубопроводе
- плотности жидкости.

Давление в напорном патрубке насоса зависит от противодавления в системе. Если вода направляется в обратную сторону от напорного патрубка, значит, в системе отсутствует противодавление, не говоря уже об атмосферном давлении. Работа, выполняемая насосом, заключается в поднятии перекачиваемой жидкости из резервуара и преодолении потерь на трение в трубопроводе.

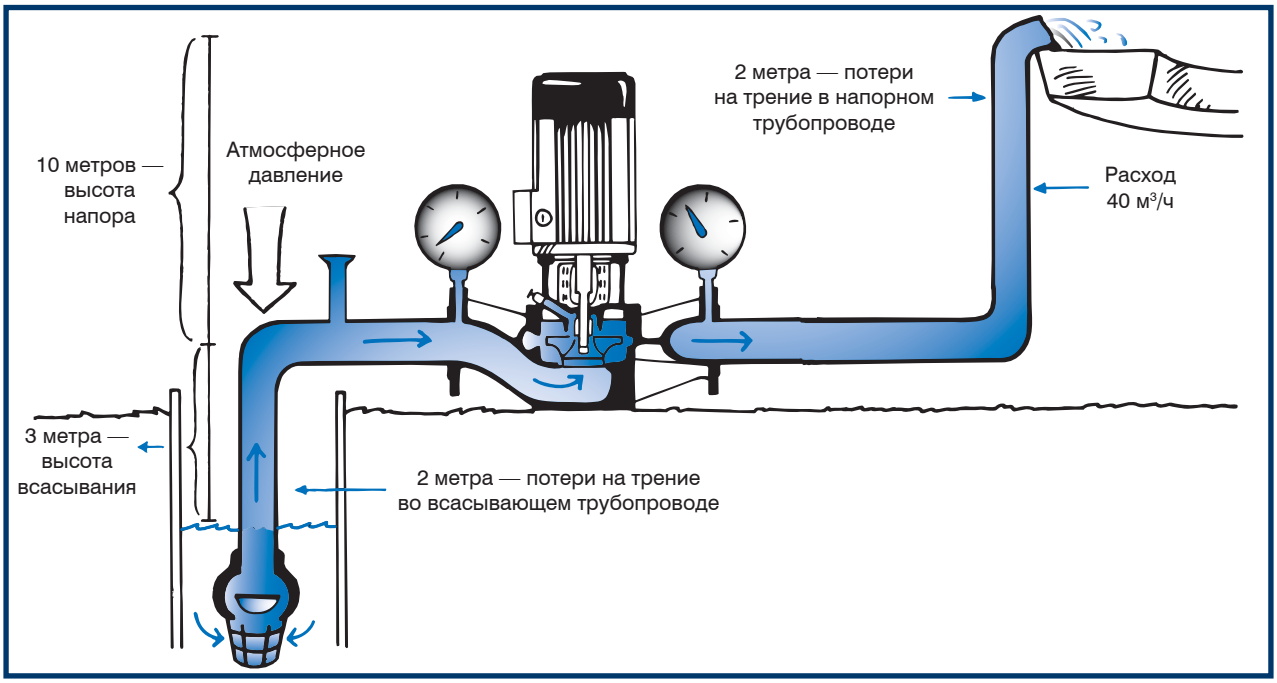


Рис.78 Пример

Пример расчета

Если мы перекачиваем воду в бак, расположенный на высоте 10 метров над насосом, то насос должен поднять воду из одного резервуара в другой, создать давление на 1 бар выше атмосферного, а также преодолеть потери на трение во всасывающем и напорном трубопроводах. Рабочая характеристика насоса Grundfos TP представлена на следующей странице. Насос работает с КПД большим 73%, и при следующих условиях:

- высота подъема на стороне всасывания — 3 метра
- расход насоса — 40 м³/ч
- потери на трение во всасывающем трубопроводе — 2 метра, включая потери на клапане
- потери в напорном трубопроводе — 2 метра

NPSH

NPSH — это высота столба жидкости над всасывающим патрубком насоса. Проще говоря, это условия, при которых насос не сможет создать абсолютный вакуум. Все центробежные насосы имеют NPSH характеристику, показывающую условия, при которых насос не сможет выкачать водяной столб высотой 10,33 метра, который при нормальных условиях является установленным напором абсолютного вакуума на уровне моря.

NPSH характеристика зависит от расхода. Она увеличивается с увеличением расхода. Увеличение характеристики говорит о снижении способности насоса создавать разряжение.
NPSH — это минимальное давление на всасывании для безаварийной работы насоса.

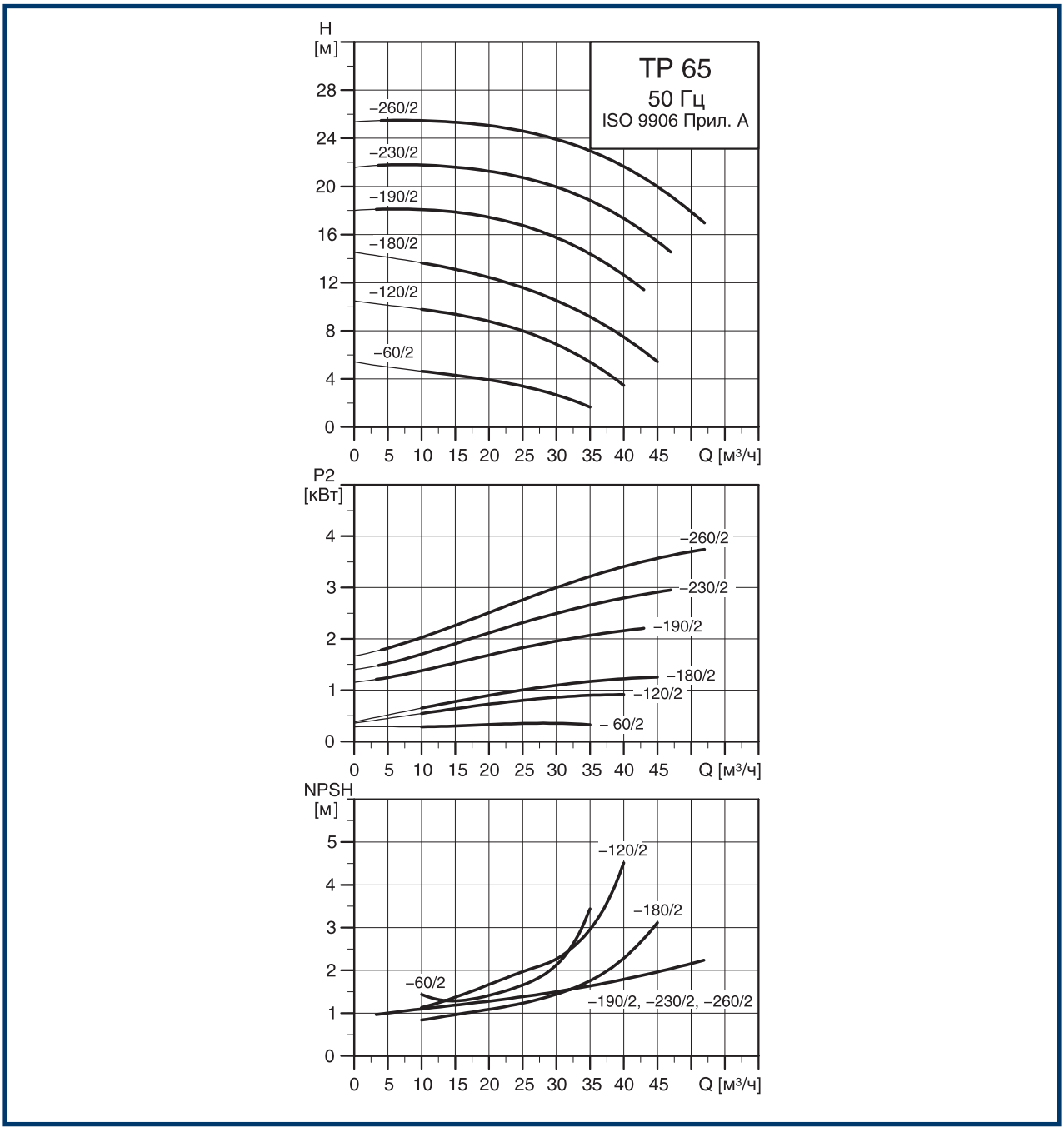


Рис.79 Характеристики насоса TP

Характеристики насоса

- Рабочие характеристики действительны для воды, не содержащей воздуха, с температурой 20°C и изображены с допустимыми отклонениями в соответствии со стандартом ISO9906, приложение A.
- Кривые соответствуют кинематической вязкости, равной 1 мм²/с.
- Максимальное рабочее давление: 16 бар.
- Температура жидкости: от –25°C до +140°C.

Максимальная высота всасывания

Сможет ли насос Grundfos TP 65-180/2 в данной установке создать необходимую высоту всасывания, чтобы перекачивать из резервуара воду с производительностью 40 м³/ч? Ответом будет — да!

Вы можете рассчитать высоту всасывания насоса с помощью следующей формулы (формула справедлива для жидкости с температурой до 70°C):

$H_{макс}$ = A — NPSH — $H_{тр}$ — $H_{пар}$ — $H_{зап. прочн.}$

$H_{макс.}$ = максимальная высота всасывания
A = атмосферное давление
NPSH = минимальное давление на всасывании
$H_{тр.}$ = потери на трение во всасывающем трубопроводе и клапане
$H_{пар}$ = давление насыщенного пара жидкости
$H_{зап. прочн.}$ = запас прочности;

Для нашей установки:

A = 10 метров на высоте примерно 500 метров над уровнем моря
NPSH = 2,3 метра, при расходе 40 м³/ч
$H_{тр}$ = 2 метра на стороне всасывания, при расходе 40 м³/ч
$H_{пар}$ = 0,45 м при температуре 31°C
$H_{зап. прочн.}$ = 0,5–1 метр на практике, но в этом примере запас прочности не учитывается.

Максимальная высота всасывания:

$H_{макс.}$ = 10–2,3–2–0,45–0,0 = 5,25 метров

Это означает, что насос способен выкачивать воду с глубины 5,25 метров, но так как нам необходимо поднимать воду только с 3 метров, данная установка нас устраивает.

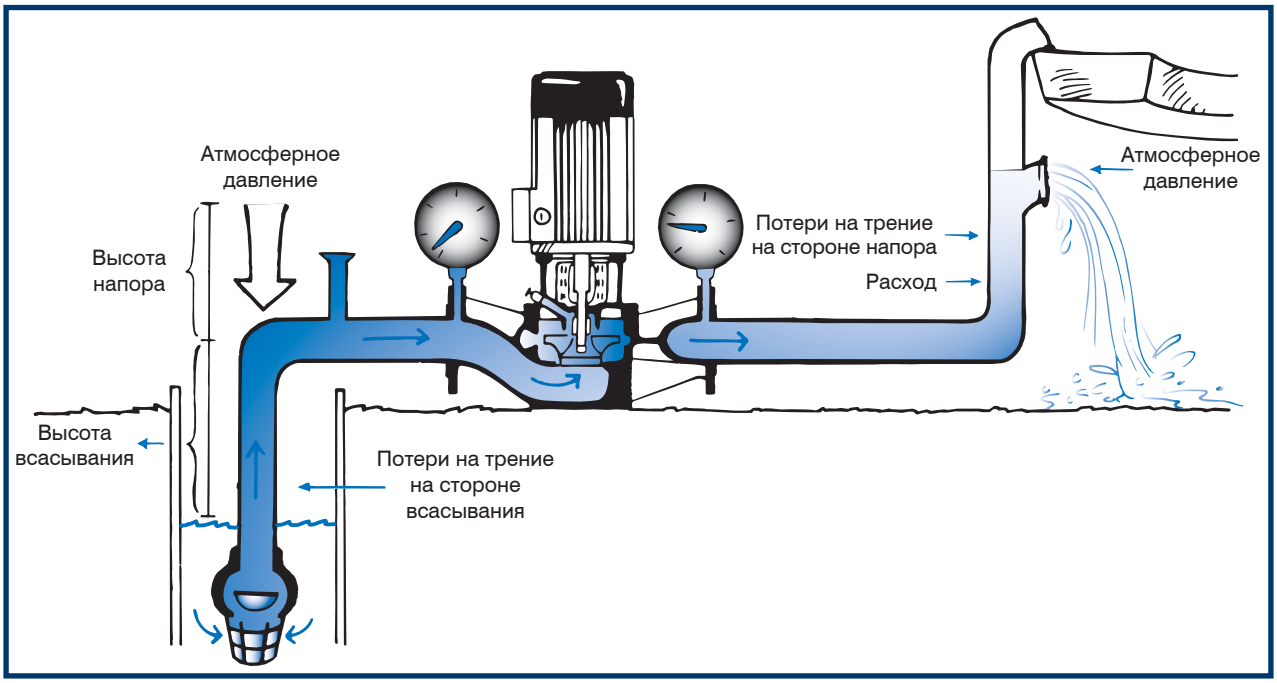


Рис.80 Пример установки с кавитацией

Кавитация

Кавитация возникает тогда, когда насос пытается поднять воду с большей глубины, чем это возможно. В такой ситуации рабочее колесо будет разбивать поток воды, вызывая появление пузырьков пара. Так как эти пузырьки были перенесены из области низкого давления в область высокого, то под действием этого давления они начнут взрываться. Возникающая при этом звуковая волна создает сильный шум и может вызвать повреждение насоса и его подшипников через некоторое время работы в таком режиме. В насосах, рабочие колеса которых изготовлены не из прочной нержавеющей стали, кавитация может стать причиной больших повреждений. Обычно повреждаются рабочие колеса, изготовленные из чугуна, пластика или бронзы.

Таблица потерь массы для различных материалов в связи с возникновением кавитации показывает, что потери нержавеющей стали составляют только 0,05% от соответствующих потерь массы чугунного колеса при тех же условиях.

Потери массы (чугун используется как исходное значение)	
Чугун	1,0
Бронза	0,5
Бронзовые сплавы	0,1
Нержавеющая сталь	0,05

Если вы хотите получить больше информации по данному вопросу, можете воспользоваться дополнительной литературой. В данном случае процесс кавитации был рассмотрен, чтобы показать, насколько важен и серьезен сам процесс подбора и что может получиться, если к нему подойти недостаточно скрупулезно.

8. Подбор насоса

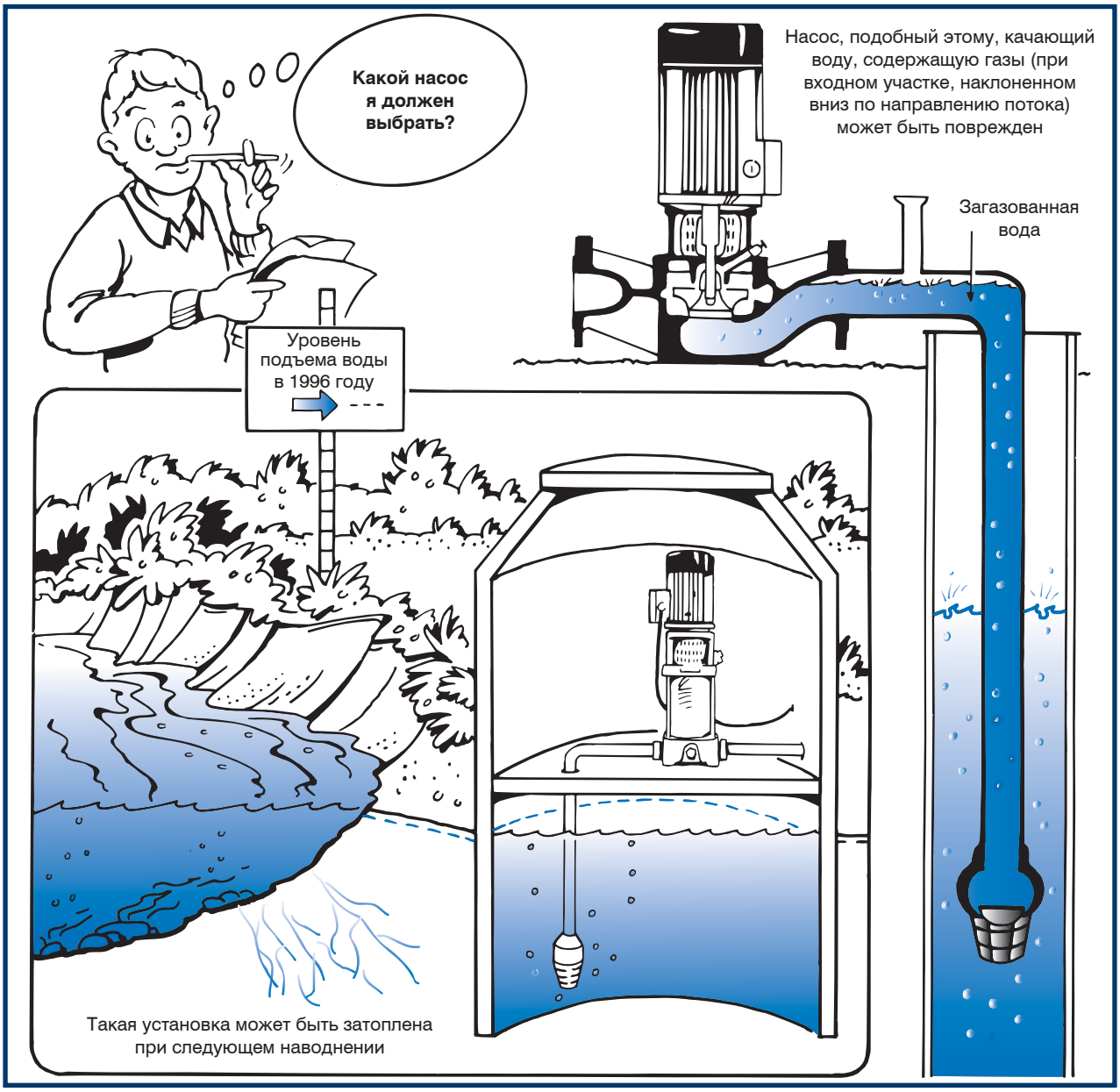
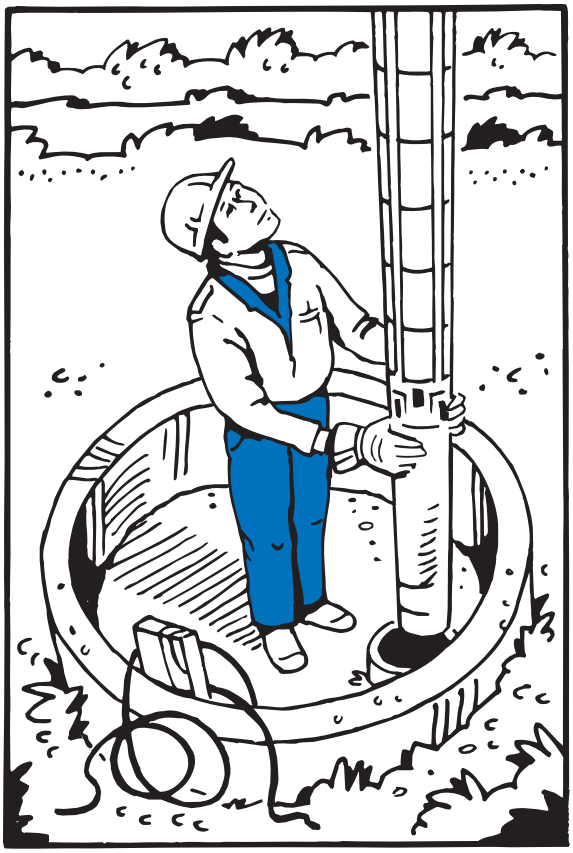


Рис.81 Факторы, влияющие на подбор насоса

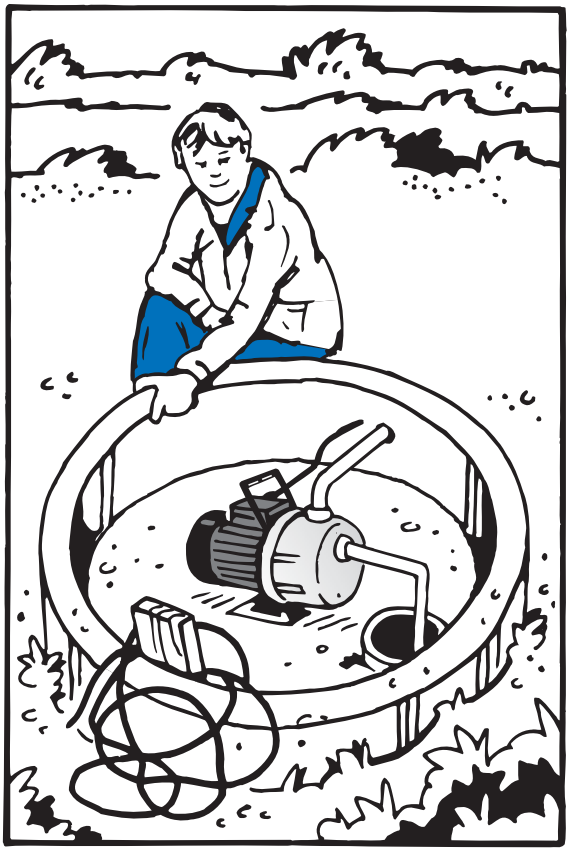
Применение насосов

Правильный подбор насоса зависит от следующих условий:

1. Условия монтажа
2. Качество воды (содержание газов, коррозионная активность)
3. Привод (источник энергии):
   – электродвигатель
   – двигатель внутреннего сгорания
   – солнечная энергия



Когда глубина уровня подземных вод ниже 6–7 метров, наиболее подходящим вариантом для большинства случаев будет скважинный насос типа SP или SQ



Самовсасывающий насос может доставлять воду с глубины до 6-7 метров

Рис.82 Различные типы насосов для различных вариантов монтажа

1. Условия монтажа

Если насос смонтирован на основании или в колодце, где он будет защищен от “затопления” во время сильных дождей или при повышении уровня подземных вод, хорошим выбором будет центробежный самовсасывающий насос типа JP или станции повышения давления MQ, Hydrojet.

Если расстояние между насосом и поверхностью воды больше 6–7 метров, следует применить скважинный насос.

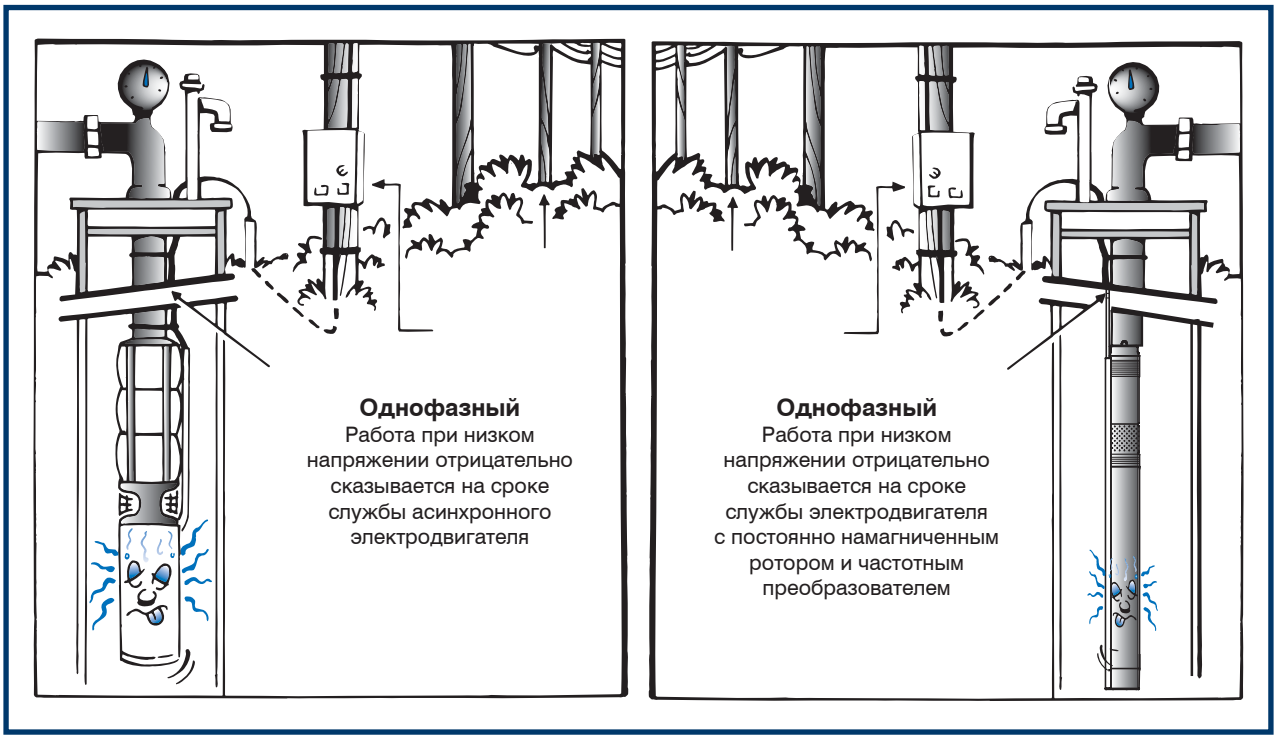


Рис.83 Установка скважинного насоса

1. Условия монтажа (продолжение)

Всегда предпочтительнее использование трехфазных скважиных насосов.

КПД однофазного асинхронного электродвигателя понижается уже при 5% падении напряжения, а при 10% падении — при пуске двигателя возникают проблемы.

В случае, когда используется только однофазный источник электроэнергии и может возникнуть падение напряжения, нужно установить электродвигатель с пусковым конденсатором.

Также в этом случае можно использовать электродвигатель с постоянно намагниченным ротором и преобразователем частоты, обеспечивающий трехфазный пусковой вращающий момент и постоянный КПД до 15% падения напряжения. При падении напряжения до 35% и в таком электродвигателе возникнут потери КПД и проблемы при пуске.

2. Качество воды

Для откачивания воды из колодца или резервуара можно использовать самовсасывающий насос. Так как в таком насосе имеется клапан на всасывающем патрубке, всасывающий трубоповод не требует заполнения водой.

Если перекачиваемая жидкость является коррозионно-активной, насос должен быть изготовлен из материалов, стойких к агрессивным веществам, находящимся в воде.

Коррозия — проблема, для решения которой часто необходима помощь специалиста.

При определении агрессивности воды первым фактором, который должен быть установлен, является значение pH.

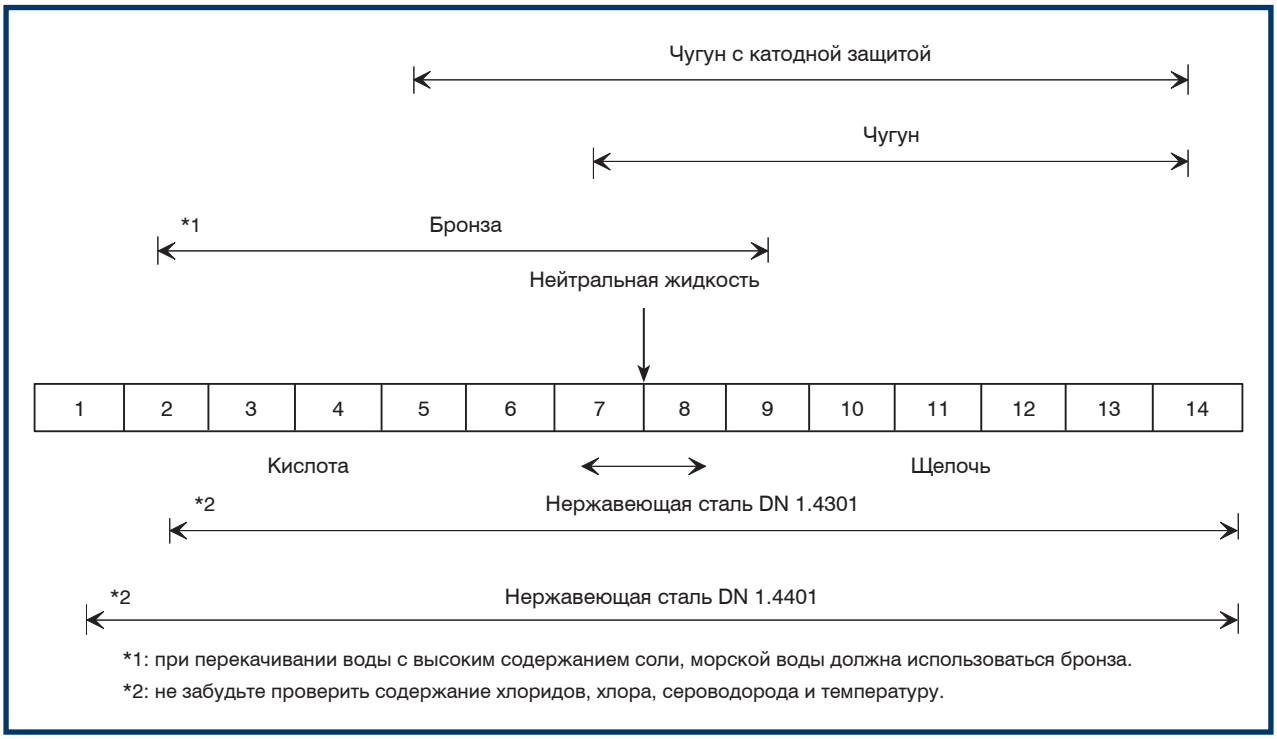


Рис.84 Значение pH

Влияние значения pH

Долговечность материалов при различных значениях pH показана выше и является исходным справочным материалом.

Как видно, нержавеющая сталь является материалом с широкой областью применения, но она имеет также и ограничения. Если жидкость содержит соли или кислый осадок, следует помнить следующее:

Коррозия

При нахождении нержавеющей стали в соленой жидкости она может быть подвержена двум типам коррозии: точечной и щелевой.

Точечная коррозия

Точечная коррозия проявляется в маленьких отверстиях на поверхности нержавеющей стали и увеличивается, когда имеются небольшие дефекты. Точечная коррозия также может возникать там, где имеются вкрапления обычной углеродистой стали на поверхности нержавеющей, например, от опиливания или шлифовки. Поэтому очень важным моментом является чистота поверхности стали после механической обработки.

Щелевая коррозия

Щелевая коррозия появляется, как видно из названия, в трещинах и щелях, когда детали из нержавеющей стали находятся под нагрузкой, а также после плохой сварки.

Теоретически оба вида коррозии имеют одну и ту же природу и могут быть очень интенсивными и прогрессировать очень быстро при благоприятных условиях, т. е. в соленой воде (наличие хлоридов), при высоких температурах и низком значении pH.

По диаграмме, представленной на следующей странице, можно рассчитать влияние содержания хлоридов, хлора и сероводорода, а также ионов сульфата, бикарбоната, нитрата и фосфата.

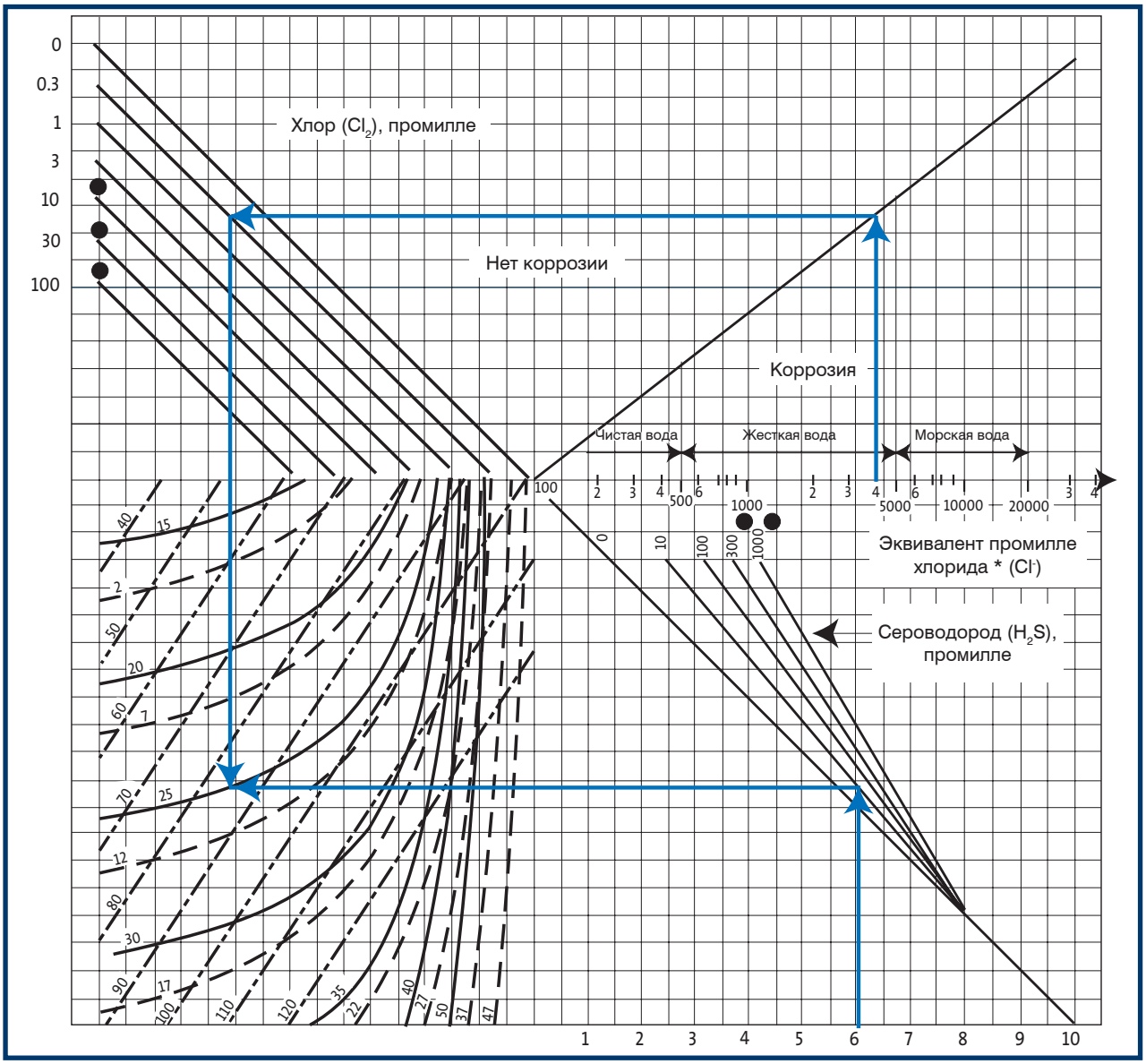


Рис.85 Диаграмма определения коррозионной активности

Пояснения к диаграмме

Эта диаграмма описывает только процессы точечной и щелевой коррозии, которые являются наиболее серьезными для нержавеющей стали в жидкостях, содержащих хлориды.

Максимальные допустимые температуры:

DN 1.4301: - - - - -
DN 1.4401: ——
DN 1.4539: – – –

- При этих или более высоких концентрациях содержания хлора или сероводорода следует прибегнуть к помощи специалиста.
- Эквивалент (ppm) промилле хлорида = = ppm хлорида – 0,5 x (ppm SO_4^{--} + NO_3^- + PO_4^{---})

Пример

Проведенный анализ перекачиваемой жидкости дал следующие результаты:

Химические компоненты	Химическое обозначение	ppm
Хлорид	Cl^-	4 500
Хлор	Cl_2	0,3
Сероводород	H_2S	10
Сульфат	SO_4^{--}	800
Бикарбонат	HCO_3^-	200
Карбонат	CO_3^{--}	0
Нитрат	NO_3^-	0
Фосфат	PO_4^{---}	0
- - - - - - - - - - - - - - - - - - **PH = 6** - - - - - - - - - - - - - - - -		

Исходя из этого, эквивалент промилле хлорида рассчитывается следующим образом:

эквивалент ppm (промилле) хлорида =
$= \text{ppm хлорида} - 0{,}5\,x\,(\text{ppm } SO_4^{--} + HCO_3^- + NO_3^- + PO_4^{---})$
$= 4\,500 - 0{,}5\,x\,(800 + 200 + 0 + 0 + 0) =$ **4 000 ppm.**

На оси эквивалента промилле хлорида отметьте значение 4000 ppm. Далее поднимитесь вверх до пересечения с наклонной линией. Из этой точки проведите горизонтальную линию до пересечения с наклонной линией, соответствующей 0,3 ppm хлора. Из полученной точки проведите вертикальную линию вниз до кривых температур. Из точки pH = 6 проведите прямую вверх до пересечения с наклонной 10 ppm H2S, и далее горизонтальную линию влево до пересечения с ранее начерченной вертикальной линией.

Последняя точка пересечения даст следующий результат:

Допустимой максимальной температурой для нержавеющей стали DN 1.4401 будет 25°C.

Обычная подземная вода

В обычных скважинах в жесткой воде и в соленой воде хлор и сероводород не присутствуют. Эти вещества включены в данный пример только для того, чтобы показать принцип расчета.

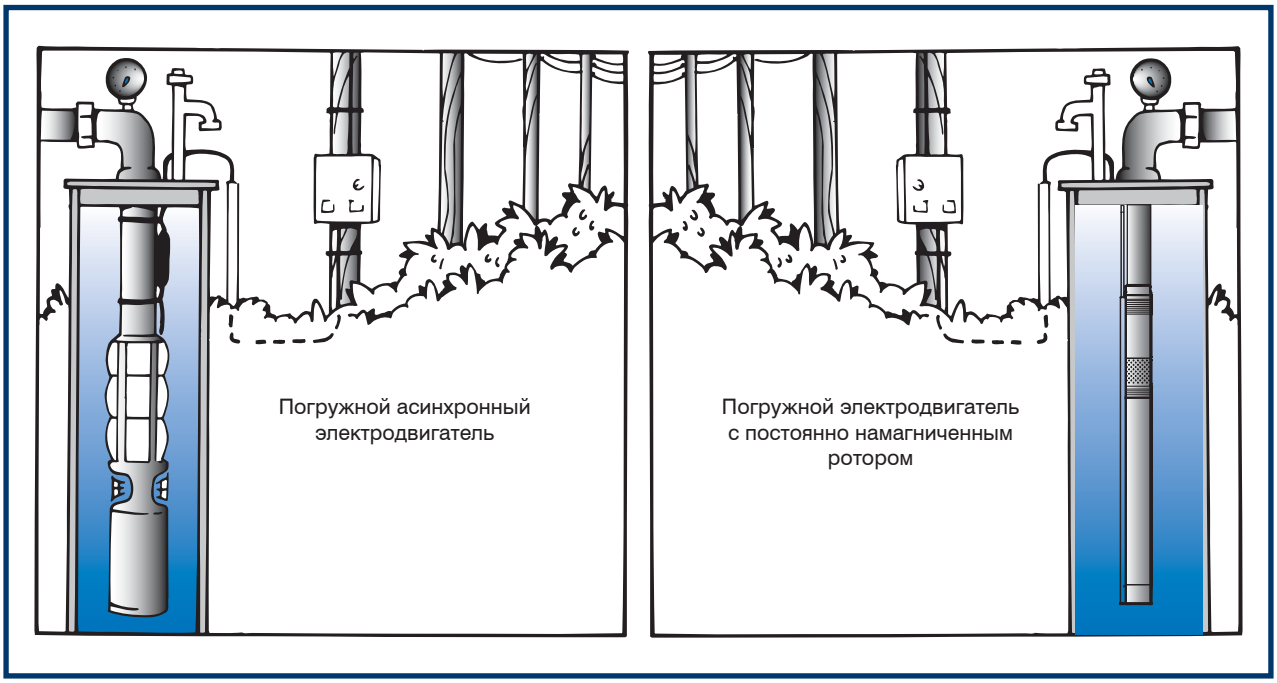


Рис.86 Разные типы электродвигателей

3. Приводы

Электродвигатели

В местах с надежным источником электроэнергии, где уровень подземных вод находится ниже 7 метров от поверхности земли, предлагается использовать насосы Grundfos:

- Скважинные насосы (асинхронные)
- Скважинные насосы (с постоянно намагниченным ротором)

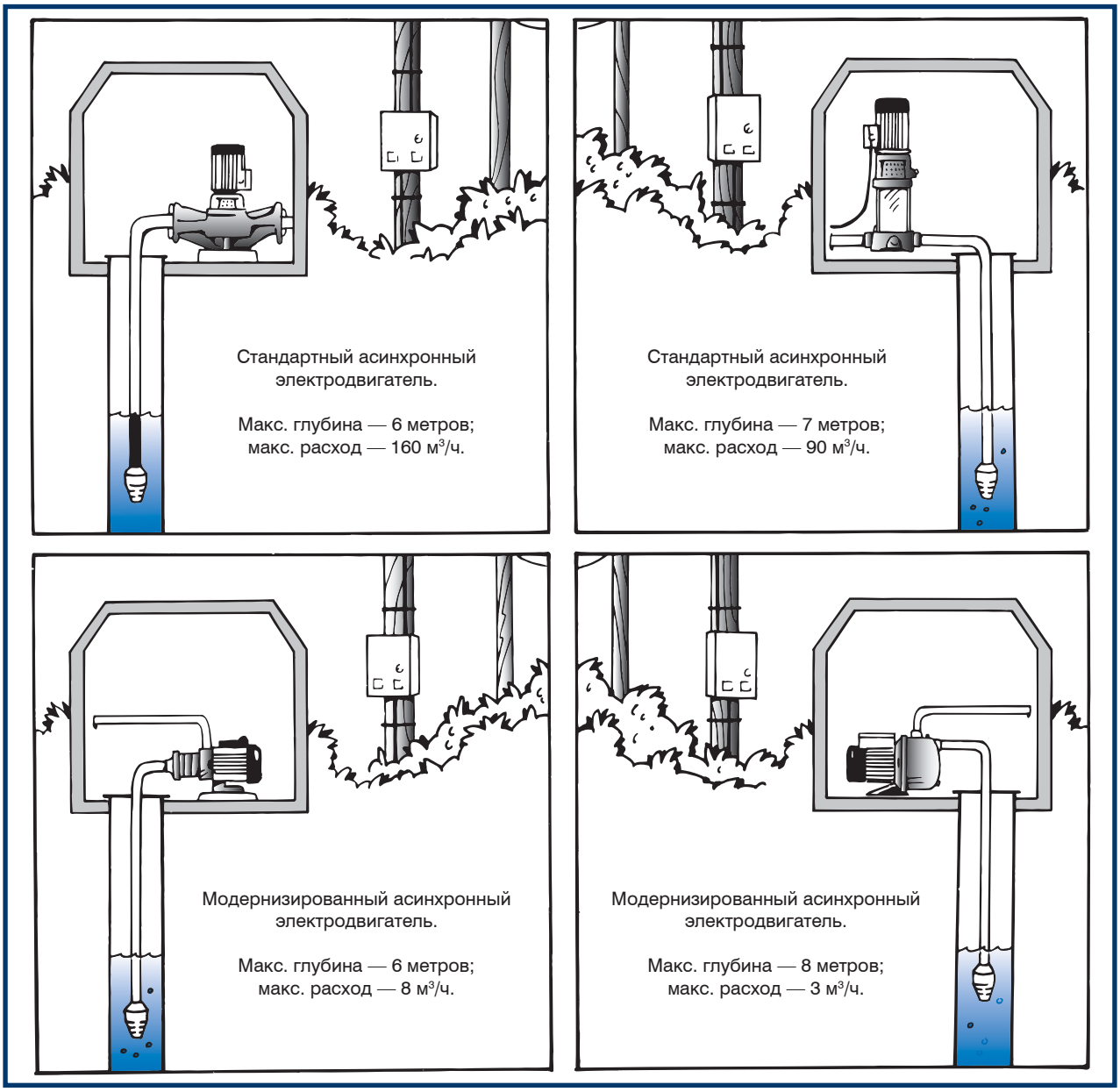


Рис.87 Различные типы насосов

3. Приводы (продолжение)

Электродвигатели

В местах с надежным источником электроэнергии, где уровень подземных вод находится не ниже 7 метров от поверхности земли, предлагается использовать четыре типа насосов Grundfos:

- Одноступенчатые центробежные насосы (ин-лайн)
- Многоступенчатые центробежные насосы (ин-лайн)
- Горизонтальные многоступенчатые центробежные насосы
- Самовсасывающие насосы

Из этих насосов можно подобрать наиболее подходящий для Ваших условий.

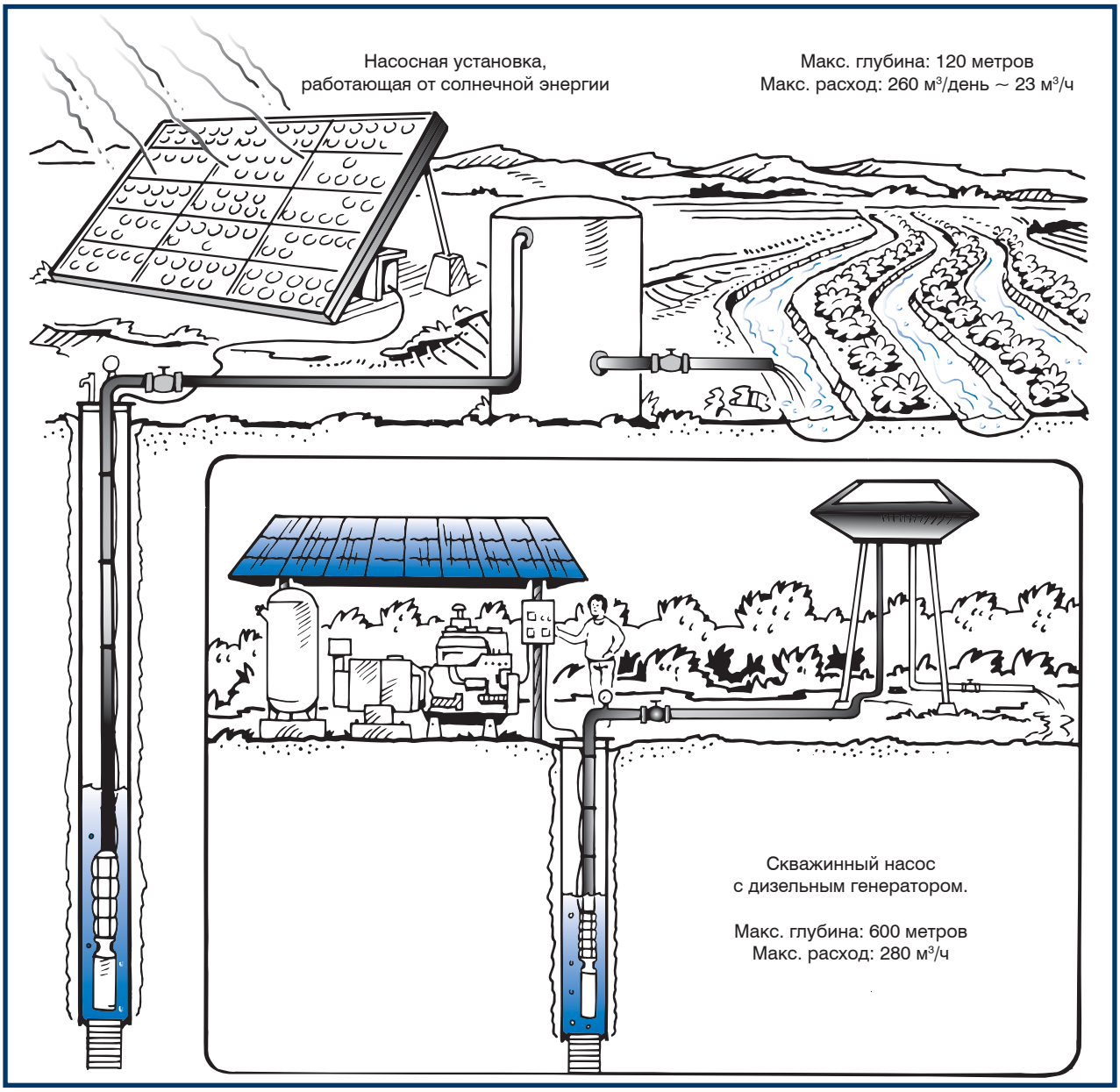


Рис.88 Источники энергии (генераторы) и солнечная энергия

3. Приводы (продолжение)

Источники энергии (генераторы)

Если электропитания нет, можно использовать бензиновый или дизельный генератор, который подходит для работы всех типов насосов со стандартными электродвигателями.

Солнечная энергия

Более экономичным для работы насосных систем является использование солнечной энергии, однако это возможно не везде.

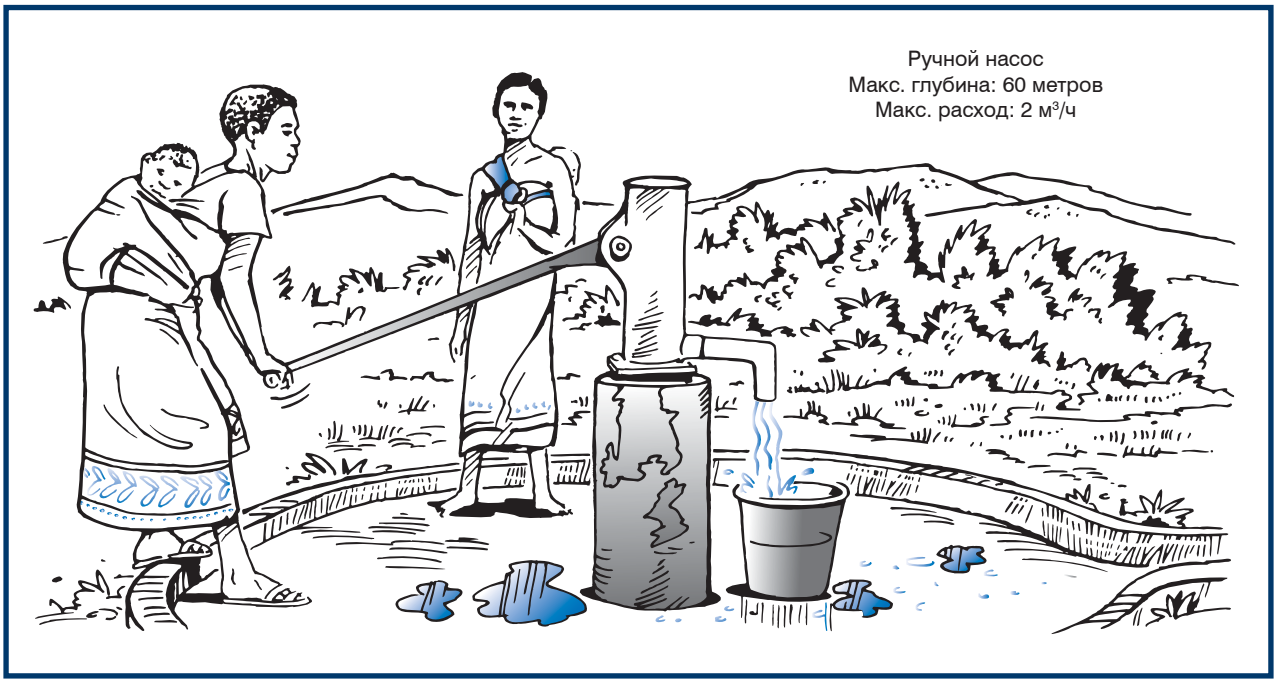


Рис.89 Насосы с ручным приводом

3. Приводы (продолжение)

Мускульная сила человека

В случае достаточного количества низкооплачиваемой рабочей силы, обеспечить водоснабжение дома и поголовья скота можно с помощью ручных насосов. Но такие насосы не могут подавать воду под давлением.

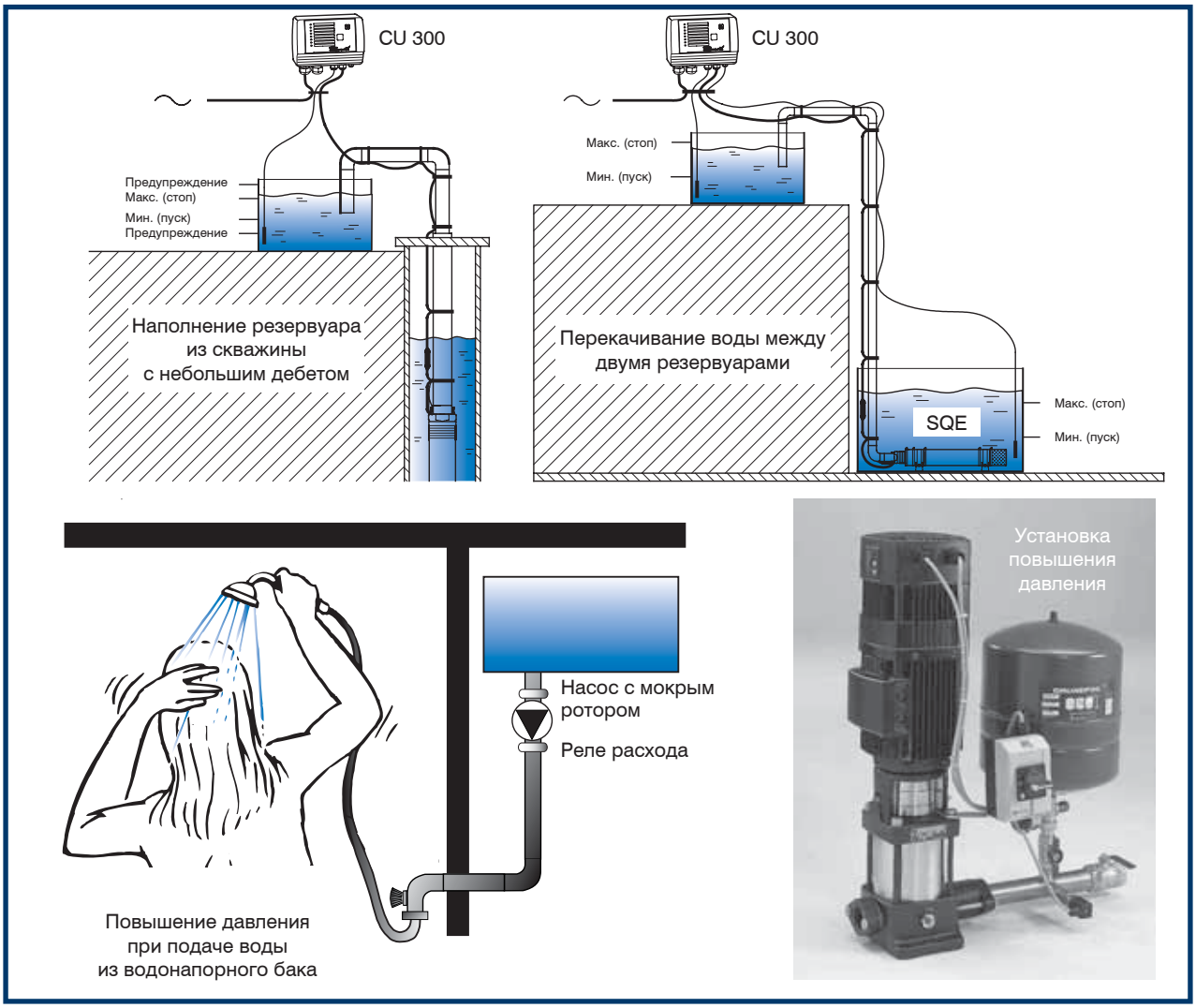


Рис.90 Насосы и приводы

3. Приводы (продолжение)

Приводы с переменной скоростью

Для сложных систем Grundfos разработал двигатели с переменной скоростью вращения:

- Система SQE — пакет и SQE&CU301
- Не требующие обслуживания повысительные насосы с мокрым ротором типа UPA
- CRE/CRNE многоступенчатые насосы со встроенным преобразователем частоты

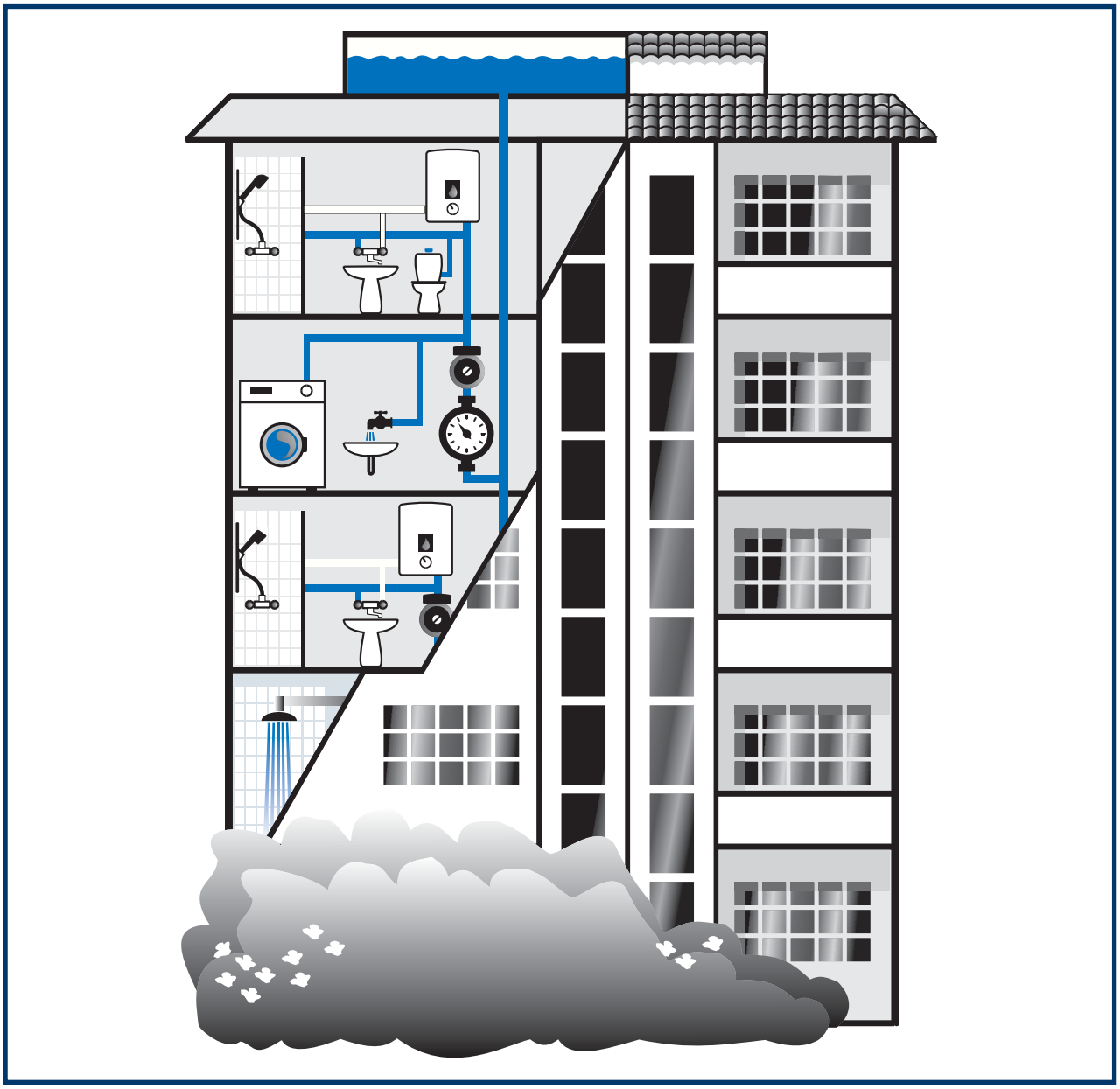


Рис.91 Водоснабжение зданий

3. Приводы (продолжение)

Насос UPA (с мокрым ротором) с реле расхода не является автономно работающей повысительной системой. Для работы необходимо входное давление от водопровода или водонапорного бака. Насос запускается с помощью реле расхода, когда вода начинает течь по трубам. Он останавливается также при помощи реле расхода, когда краны закрыты. Насос используется в следующих ситуациях:

- Давление в системе трубопровода очень низкое
- Диаметр труб очень мал
- Водонапорный бак расположен низко
- Система трубопровода частично заблокирована илом или ржавчиной

8. Подбор насоса

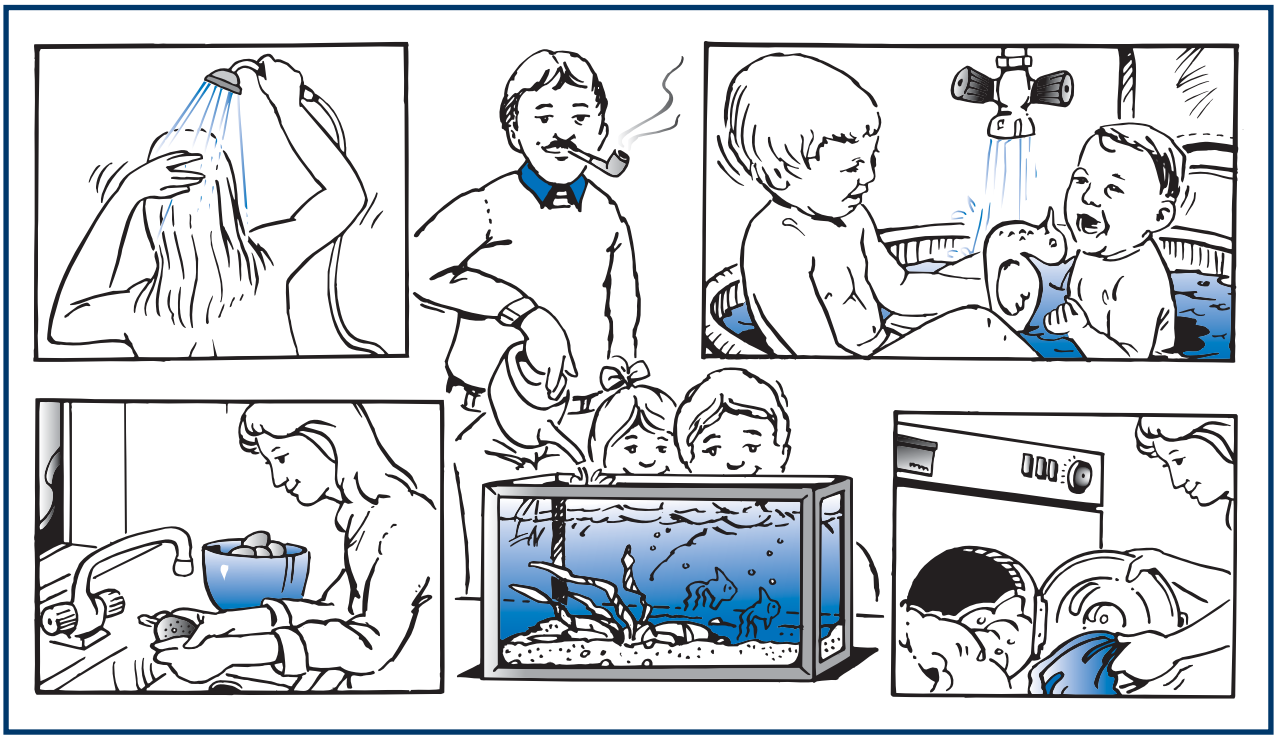


Рис.92 Различные области применения воды

Нормальный расход воды

Мы определили наиболее подходящий тип насоса. Перед окончательным выбором необходимо знать максимальное потребление воды и потребный напор. Разделим потребители воды на две категории: одна категория потребляет воду периодически, другая — длительное время.

Первая категория включает в себя точки водоразбора, потребляющие воду в течение максимум 10 минут, например, умывальники, кухонные мойки, туалеты и т.д. Отличительной чертой этой категории является то, что вода никогда не льется одновременно из всех кранов. Семья, состоящая из двух человек, к примеру, обычно может использовать не более двух кранов одновременно, независимо от того, сколько их имеется в доме.

Более того, стиральные и посудомоечные машины забирают воду периодически, в зависимости от установленной программы. Поэтому очевидно, что выбор насоса с очень высокой производительностью экономически невыгоден с точки зрения стоимости, т. к. он будет использован не на полную мощность.

В таблице на следующей странице представлен нормальный расход воды для различных типов потребителей при периодическом использовании. Нормальный расход — это среднее потребление воды при достаточном давлении насоса, обычно оно составляет 10 метров.

Нормальный расход воды в наиболее часто используемых точках водоразбора				
Потребители	**Нормальный расход q_n**			
	Холодная вода		**Горячая вода**	
	л/с	**м³/ч**	**л/с**	**м³/ч**
Ванна	0,3	1,08	0,3	1,08
Биде	0,1	0,36	0,1	1,08
Душ	0,2	0,72	0,2	1,08
Раковина для умывания	0,1	0,36	0,1	1,08
Кухонная мойка	0,2	0,72	0,2	1,08
Душевые, используемые одновременно (например, на предприятиях)	0,1	0,36	0,1	1,08
Раковины для мытья, используемые одновременно (например, на предприятиях)	0,03	0,11	0,03	0,11
Питьевые чаны для скота	0,03	0,11		
Слив писсуара	0,4	1,44		
Слив унитаза	1,5	5,40		
Краны с питьевой водой в конюшнях	0,2	0,72	0,2	0,72
Домашние стиральные и посудомоечные машины	0,2	0,72	0,2	0,72
Туалетный бачок	0,1	0,36		

Практический пример

Потребители	**Нормальный расход q_n**			
	Холодная вода		**Горячая вода**	
	л/с	**м³/ч**	**л/с**	**м³/ч**
Ванна	0,3	1,08	0,3	1,08
Душ	0,2	0,72	0,2	1,08
Раковина для умывания	0,1	0,36	0,1	1,08
Кухонная мойка	0,2	0,72	0,2	1,08
Домашние стиральные и посудомоечные машины	0,2	0,72	0,2	0,72
Туалетный бачок	0,1	0,36		
Всего	**1,1**	**3,96**	**1,0**	**3,60**

Полный нормальный расход составляет:
1,1 л/с (холодная вода) + 1 л/с (горячая вода) = 2,1 л/с, что соответствует 7,56 м³/ч.

8. Подбор насоса

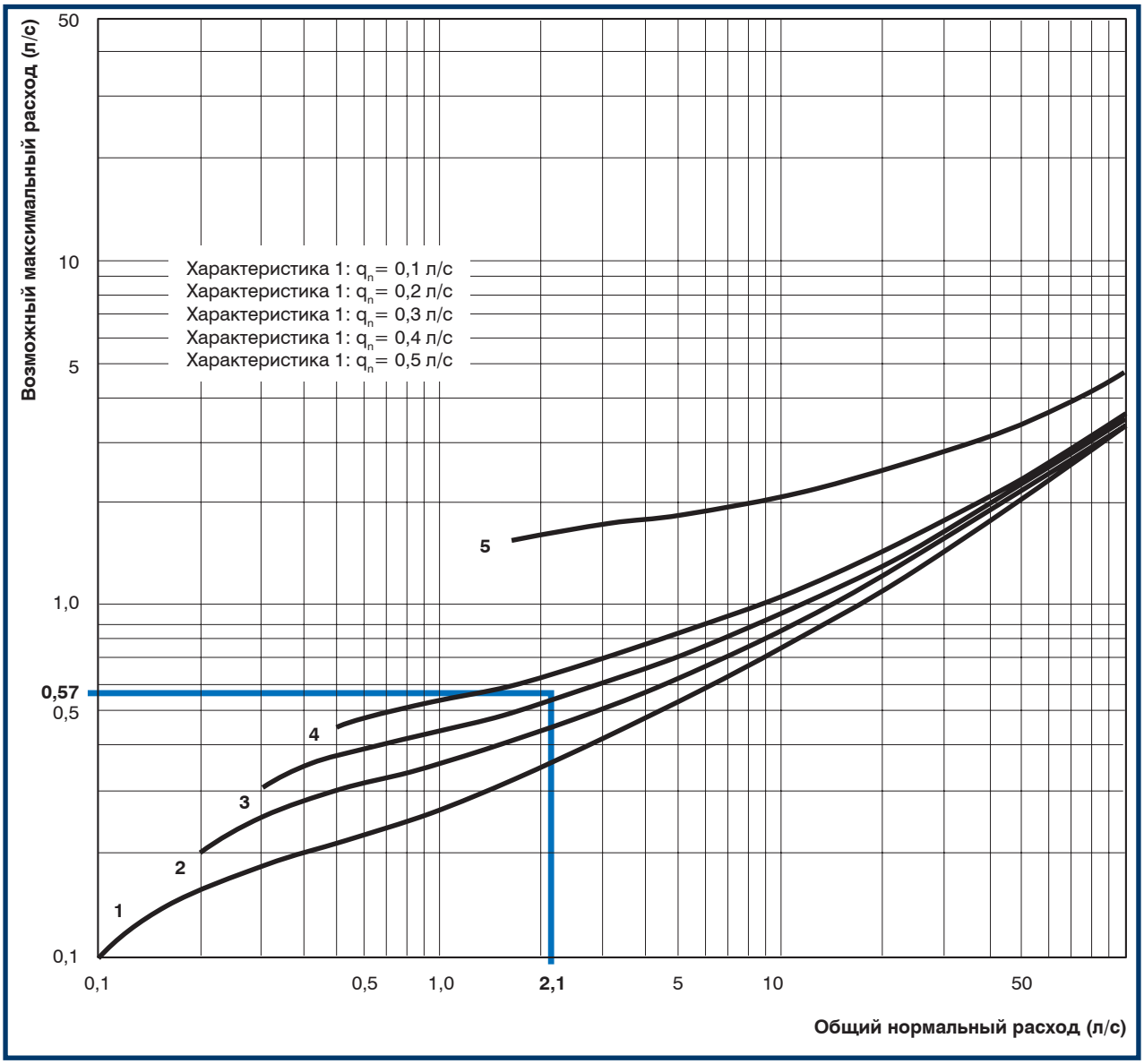


Рис.93 Диаграмма, показывающая возможный максимальный расход

Возможный максимальный расход

Такого расхода на практике фактически не бывает, и он рассчитывается как максимальный расход, который теоретически может иметь место.

Точка водоразбора с наибольшим нормальным расходом определяет, какую характеристику (1, 2, 3 или 4) использовать. Если наибольший нормальный расход в доме приходится на ванну (0,3 л/с), то должна быть применена характеристика №3.

По оси X из точки 2,1 проведите вертикальную линию вверх до пересечения с кривой характеристики №3. Далее из точки пересечения выведите горизонтальную линию до пересечения с вертикальной осью Y.

Для данного примера, по диаграмме, нормальным наивысшим расходом будет 0,57 л/с, что соответствует 2,05 м³/ч для всех точек водоразбора периодического использования (категория 1).

Продолжительное использование

После подсчета возможного максимального расхода из потребителей, относящихся к категории 1, добавляется нормальный расход потребителей категории 2.

К категории 2 относятся потребители, которые расходуют воду более 10 минут. Например, краны для полива сада и газонов.

Нормальный расход для точек водоразбора продолжительного использования				
Потребители	**Нормальный расход q_n**			
	Холодная вода		**Горячая вода**	
	л/с	**м³/ч**	**л/с**	**м³/ч**
Тепловые насосные установки для отвода тепла	0,2	0,72		
Полив сада и газона (каждый распылитель)	0,2	0,72		
Наполнение плавательного бассейна	0,2	0,72		
Охлаждение молока и испарителей	0,2	0,72		
Оросительные системы	Запросить производителя			
Максимальное потребление				
Если в доме имеется тепловой насос (охладитель) для отвода тепла, с помощью которого происходит охлаждение летом и подогрев зимой, а также краны для поливки сада и газонов, то полное максимальное потребление будет следующим:				
Бытовое использование	0,57	2,05		
Тепловой насос	0,2	0,72		
Полив сада	0,2	0,72		
Полное максимальное потребление	**0,97**	**3,49**		

8. Подбор насоса

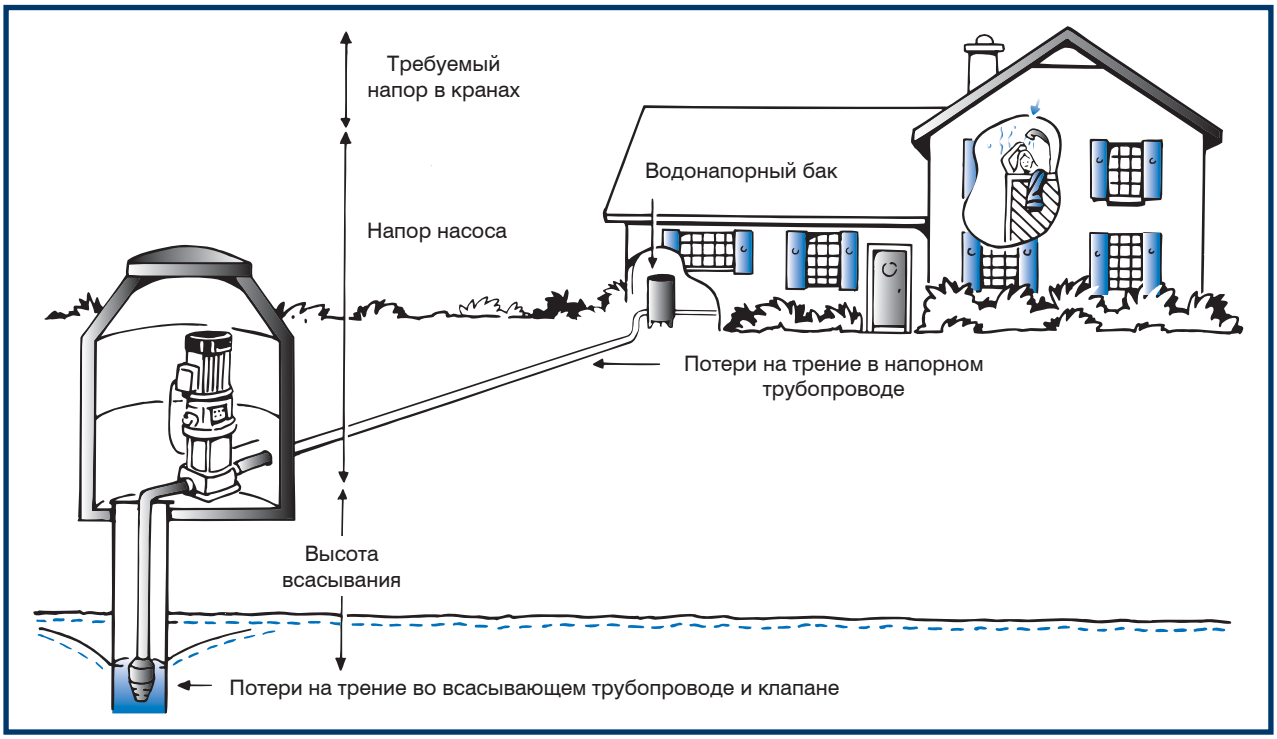


Рис.94 Фактический напор насоса

Фактический напор насоса

На работу центробежного насоса при перекачивании воды оказывают влияние несколько факторов:

- Высота всасывания (от поверхности воды до насоса)
- Потери на трение во всасывающем трубопроводе и клапане
- Высота от насоса до наивысшей точки водоразбора
- Потери на трение в напорном трубопроводе (в зависимости от производительности)
- Необходимое минимальное давление в кранах (в зависимости от фитингов)

При подсчете фактического напора насоса должна быть использована величина максимального водопотребления, в данном случае 0,97 л/с (3,49 м³/ч).

В этом случае мы рекомендуем насос типа CR с трубным присоединением 1¼'' и 1¼'' обратным клапаном. Потери на трение представлены на следующей странице.

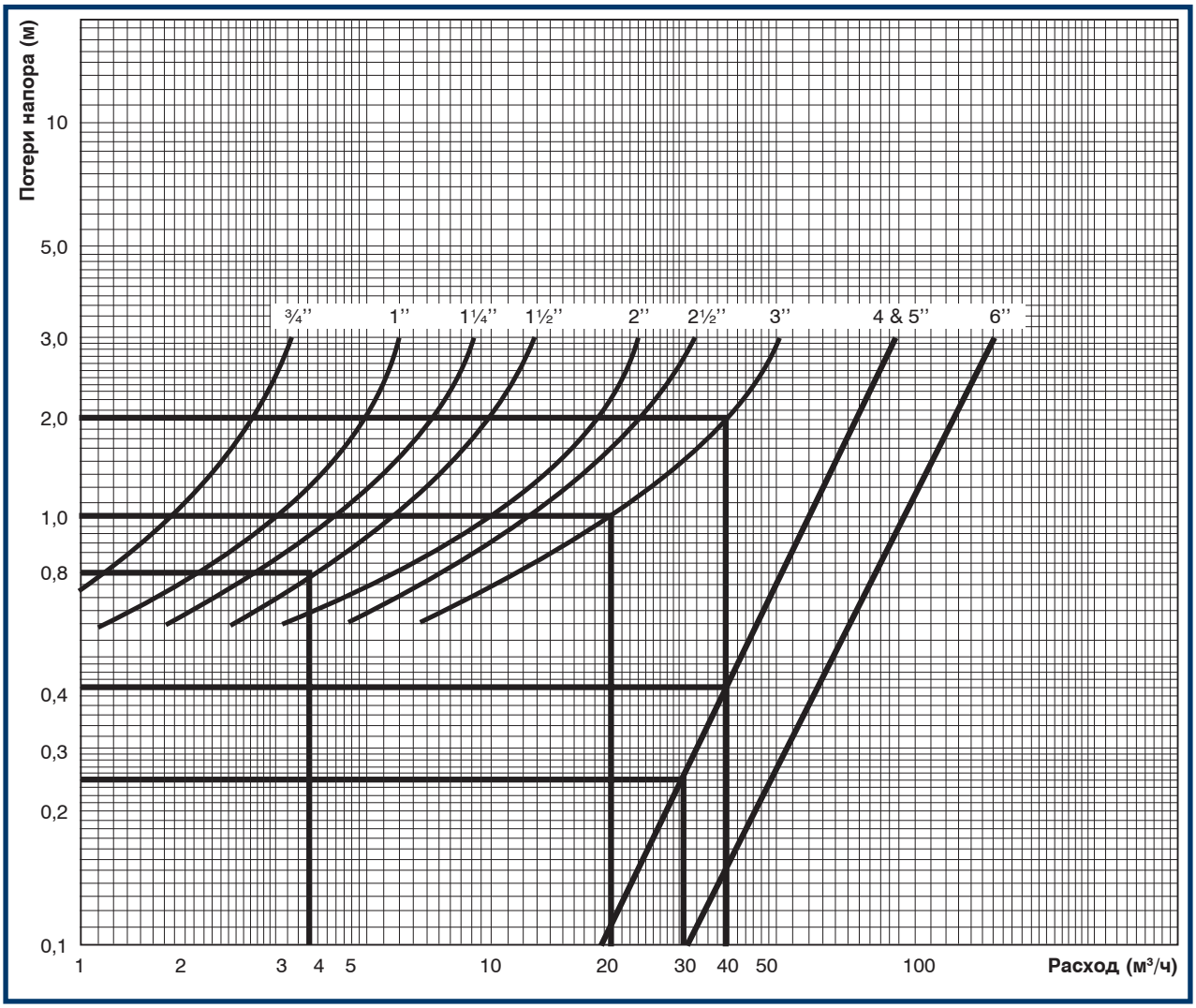


Рис.95 Потери напора во всасывающем и обратном клапанах типа BVF и MVF.

Виды потерь (см. рис. 97, 98 и 99)	**Потери в метрах**
Потери на трение во всасывающем клапане	0,80
Потери на трение в 8 метровой 1¼'' всасывающей трубе составляют 8 x 0,08 м	0,64
Потери на трение в 60 метровом 1¼'' напорном трубопроводе: • Прямые участки труб: 60 x 0,08 м • 6 колен, 3 клапана 0,05 (6 x 0,05 + 3 x 1,5)	 4,80 0,38
Потери на трение в фитингах верхних кранов (установленные производителем при расходе 0,2 л/с)	2,00
Высота всасывания (от уровня воды до насоса)	6,05
Высота от насоса до наивысшей точки водоразбора	21,50
Необходимое минимальное давление в кране (установленное производителем при расходе 0,2 л/с)	10,00
Фактический напор насоса при 3,49 м³/ч	**46,17**

8. Подбор насоса

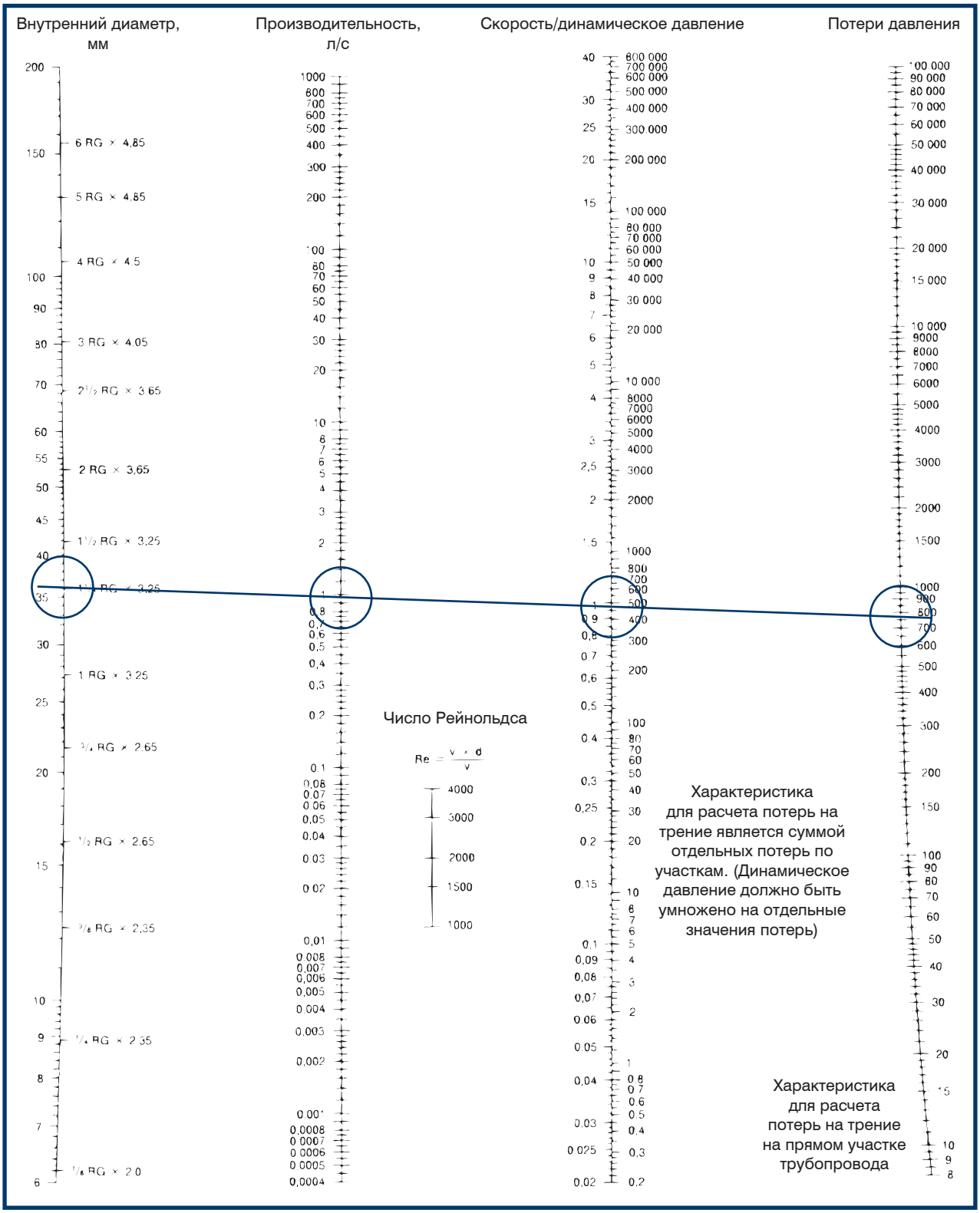


Рис.96 Потери давления в горячих оцинкованных стальных трубах с отложениями

Потери на трение (Z) для фитингов и переходников	
Разветвление и схождение труб	 V = скорость воды в потоке V_a = скорость воды в коленах и в местах схождения труб Z = 2,0 для $V_a \leqslant V$ Z = 1,0 для $V_a > V$
Сверленое отверстие и отвод (далее называемые X)	Z = 5,0 для X вверху, если $d \geqslant 25$ мм Z = 5,0 для X по сторонам, если $d < 25$ мм Z = 5,0 для X по сторонам, если $d \geqslant 25$ мм где d — диаметр отверстия
Колено	Z = 0,5 для $\frac{r}{d} \leqslant 3$ и Z = 0 для $\frac{r}{d} > 3$ r — радиус закругления колена d — внутренний диаметр трубы
Переходник	Z = 0,2 (в связи с максимальной скоростью)
Клапаны • проходной клапан • мембранный клапан • золотниковый клапан • тарельчатый клапан	(d — диаметр отверстия) Z = 0,3 Z = 5,0 Z = 2,0 для $d \leqslant 25$ мм Z = 1,5 для $d > 25$ мм Z = 10,0 для $d \leqslant 25$ мм Z = 5,0 для $d > 25$ мм
Угол	Z = 1,0

Диаграммы потерь на трение

Данная таблица и диаграммы для расчета потерь на трение на прямых участках трубопровода и таких участках, как клапаны, колена и т. д., не обязательно идентичны тем, которые Вы используете в своих расчетах, но принципы их совпадают. Вы можете использовать тот вариант, который считаете наиболее подходящим для себя.

8. Подбор насоса

На практике 80% продаваемых насосов устанавливаются взамен старых, отработавших свой срок. При подборе насоса для замены часто остаются неизвестными такие параметры системы, как возраст труб, тип обратного клапана в скважине, тип водопроводных кранов в доме и уровень отложений ржавчины и ила в трубах. Поэтому необходимо предугадать эти факторы для более точного определения коэффициентов трения.

Во-первых, вы должны узнать тип насоса, который был прежде в данной установке. На основе полученной информации, Вы сможете определить тип нового насоса.

Если нет достаточной информации по старому насосу, Вы должны узнать, с какой глубины насос должен качать воду (например, 6,05 м) и какое расстояние от насоса до верхней точки водоразбора (в примере 21,5 м). Затем добавьте 10 метров, соответствующих необходимому давлению в верхней точке водоразбора. После этого определяем общий напор: $6{,}05 + 21{,}5 + 10 = 37{,}55$ метров, к этому значению нужно добавить примерно 30%, равных 11,26 метра, запас на потери на трение во всасывающем клапане, трубопроводе, присоединениях и т. д.

Таким образом, фактический напор насоса будет равен: $37{,}55 + 11{,}26 = 48{,}81$ метра.

В некоторых системах такая процедура может привести либо к очень высокому, либо к очень низкому напору насоса.

Если был выбран многоступенчатый насос, эта проблема легко решается путем замены на модель с другим количеством ступеней, без особых изменений в монтаже.

Последнее, что должно быть сделано перед тем, как установить насос, это определить, способен ли он обеспечить требуемый напор:

Местность:	300 метров над уровнем моря
Температура воды:	17°C
Запас:	1 метр

$$H_{макс} = A - NPSH - H_{тр} - H_{пар} - H_{зап.\ прочн.}$$

$$H_{макс} = 10{,}1 - 1{,}0 - (0{,}8 + 0{,}64) - 0{,}2 - 1{,}0$$

$$H_{макс} = 6{,}46 \text{ метра}$$

Это больше, чем фактическая высота всасывания, равная 6,05. Это означает, что насос для установки был выбран правильно.

Замечание: если имеются какие-либо проблемы, связанные со слишком большой высотой всасывания, насос должен быть смонтирован с трубой всасывания большего диаметра и с обратным клапаном.

Системы контроля и хранение

Глава 9

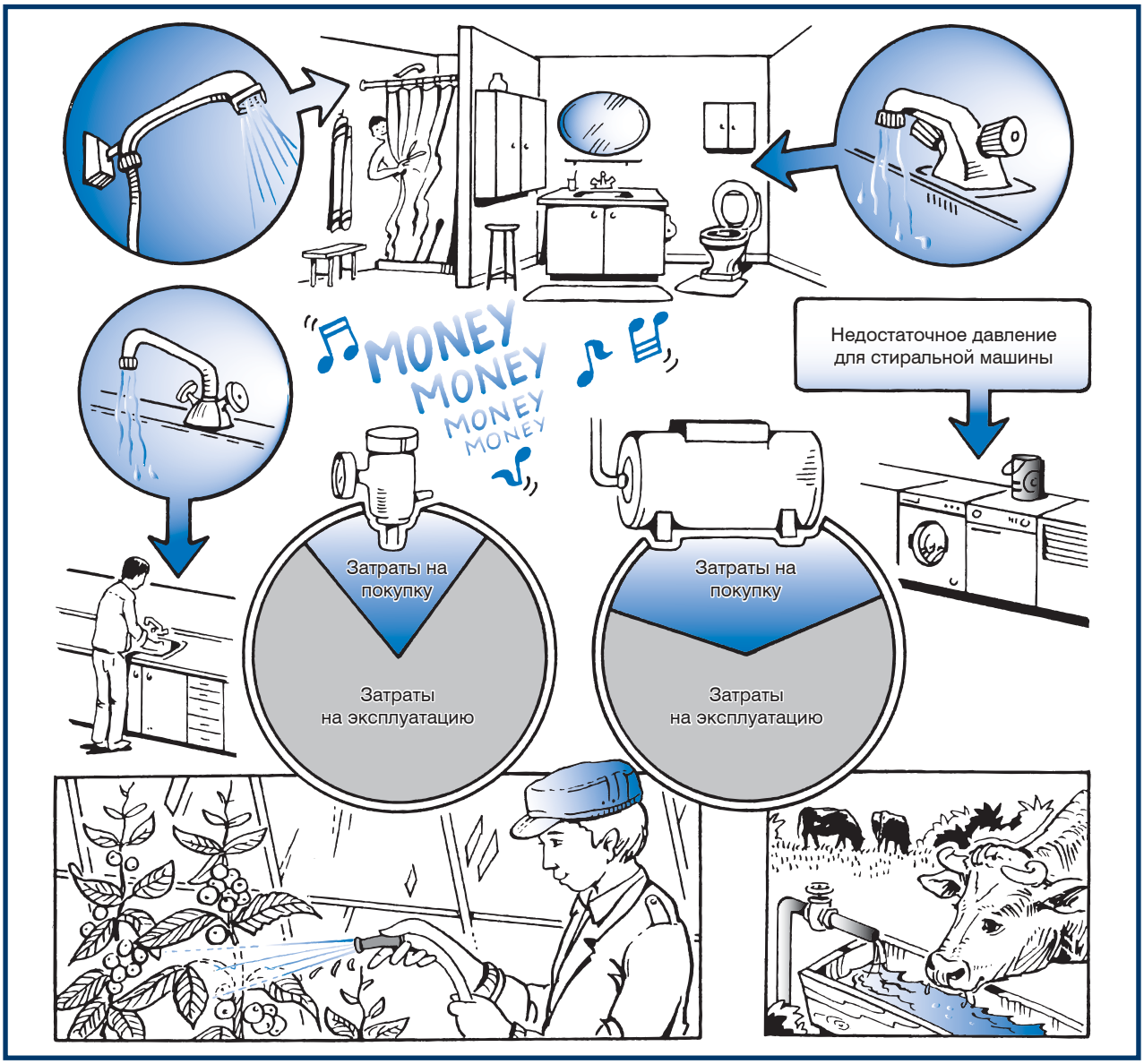


Рис.97 Взаимосвязь между емкостью накопительных резервуаров и эксплуатационными расходами

Накопительные емкости

Необходимость в накопительном резервуаре для Вашей системы водоснабжения зависит от нескольких факторов:

1. Способность источника воды обеспечить максимальное водопотребление

2. Экономичность системы водоснабжения (затраты на приобретение + расходы на эксплуатацию)

3. Надежность электроснабжения (в зависимости от требуемой надежности системы водоснабжения)

4. Возможность пожаротушения (в случае возникновения повреждения в системе электропитания).

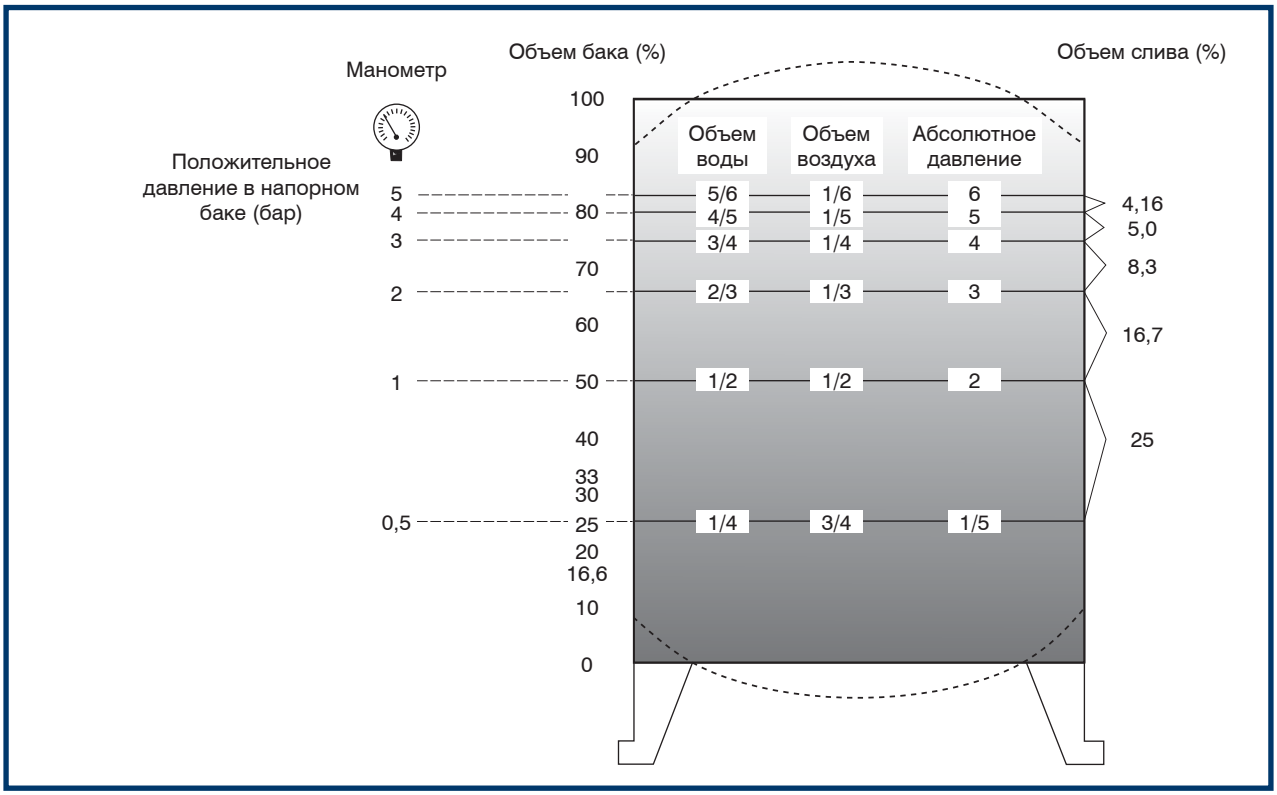


Рис.98 Зависимость между водой, воздухом и давлением в напорном баке

1: Производительность источника по сравнению с максимальным водопотреблением

Если источник воды не может полностью обеспечить максимальное водопотребление, необходимо установить резервуар для воды, из которого она будет доставляться при пиковой нагрузке.

Для небольших пиковых нагрузок, составляющих 0–10 м³/ч, наиболее удобным вариантом будет напорный бак большого объема с предварительно сжатым воздухом. Чтобы понять преимущества такого бака, сначала посмотрим, как работает напорный бак без сжатого воздуха.

Для обычного наполненного водой напорного бака без устройства контроля уровня воды связь между водой, воздухом и давлением будет такой, как показано на рисунке выше.

Насос, подающий воду, начинает работать при давлении включения, равном 2 бара, и останавливается при давлении отключения 3 бара. Из рисунка видно, что при давлении 3 бара 75% объема бака заполнено водой, и воздух был сжат до 25% объема (см. рис.99).

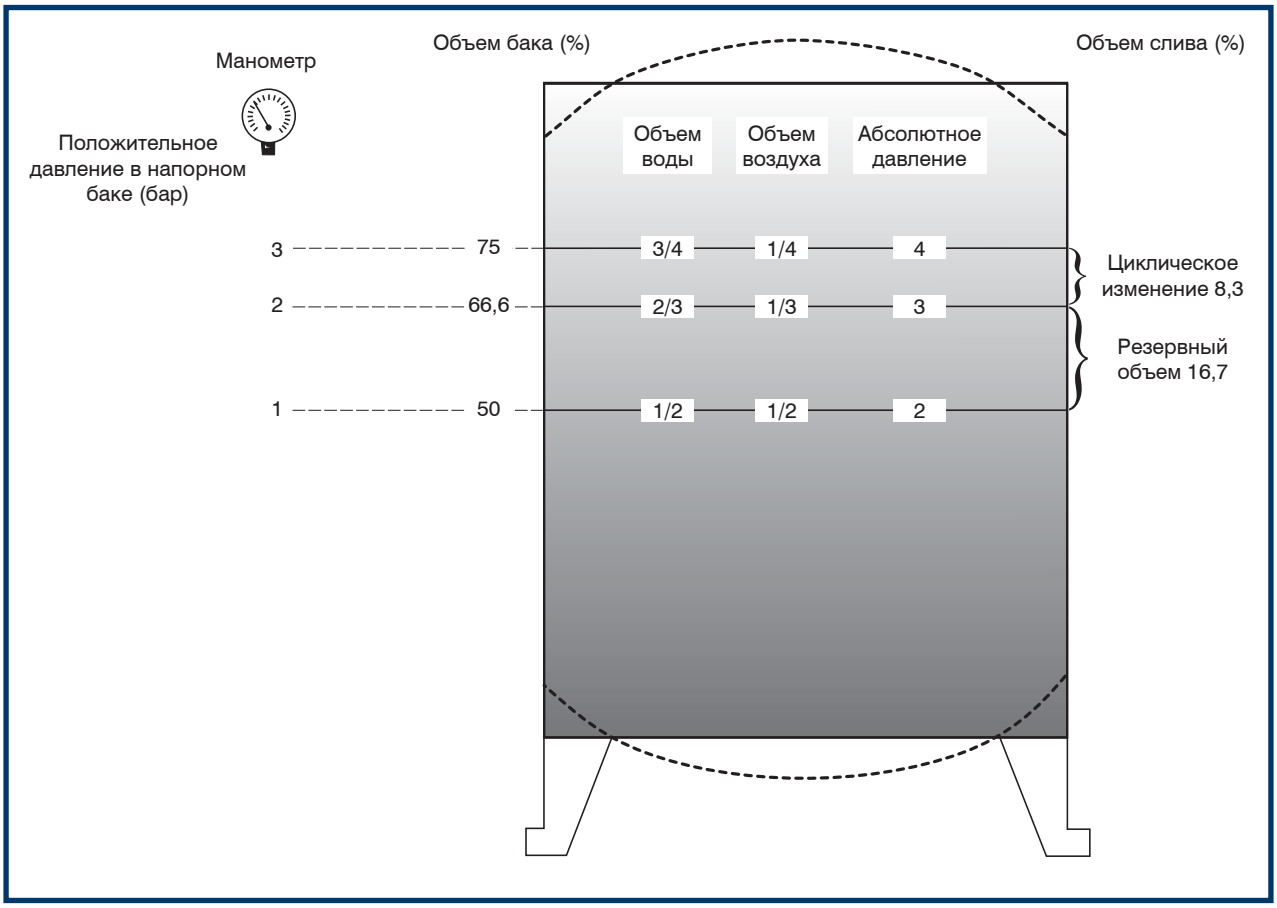


Рис.99 Зависимость между водой, воздухом и давлением в напорном баке

Производительность источника по сравнению с максимальным водопотреблением (продолжение)

Во время пользования водой из бака воздушная подушка будет давить на воду, пока 2/3 бака заполнены водой, а 1/3 занята воздухом. Когда давление упадет до 2 бар, насос начнет работать. Если производительность насоса ниже, чем количество воды, забираемое из бака, запасы емкости будут уменьшаться, пока объем воздуха в баке не увеличится и давление не упадет до уровня ниже необходимого давления в кранах. Затем необходимо восстановить баланс между потреблением и доставкой воды.

В напорном баке без контроля уровня воды необходимо каждые 6 месяцев производить ее слив, чтобы обновлять в нем воздух, так как происходит постепенное растворение его в воде.

Если объем бака составляет 1 м^3 и минимальное допустимое давление в кранах для нормальной работы соответствует 1 бару, запас воды должен составлять 16,7% от объема бака, т.е. 167 литров. Такого количества воды недостаточно, чтобы покрыть разницу между производительностью насоса и максимальным водопотреблением. Необходимо установить бак большего объема, но предпочтительно, чтобы он был с предварительно сжатым воздухом.

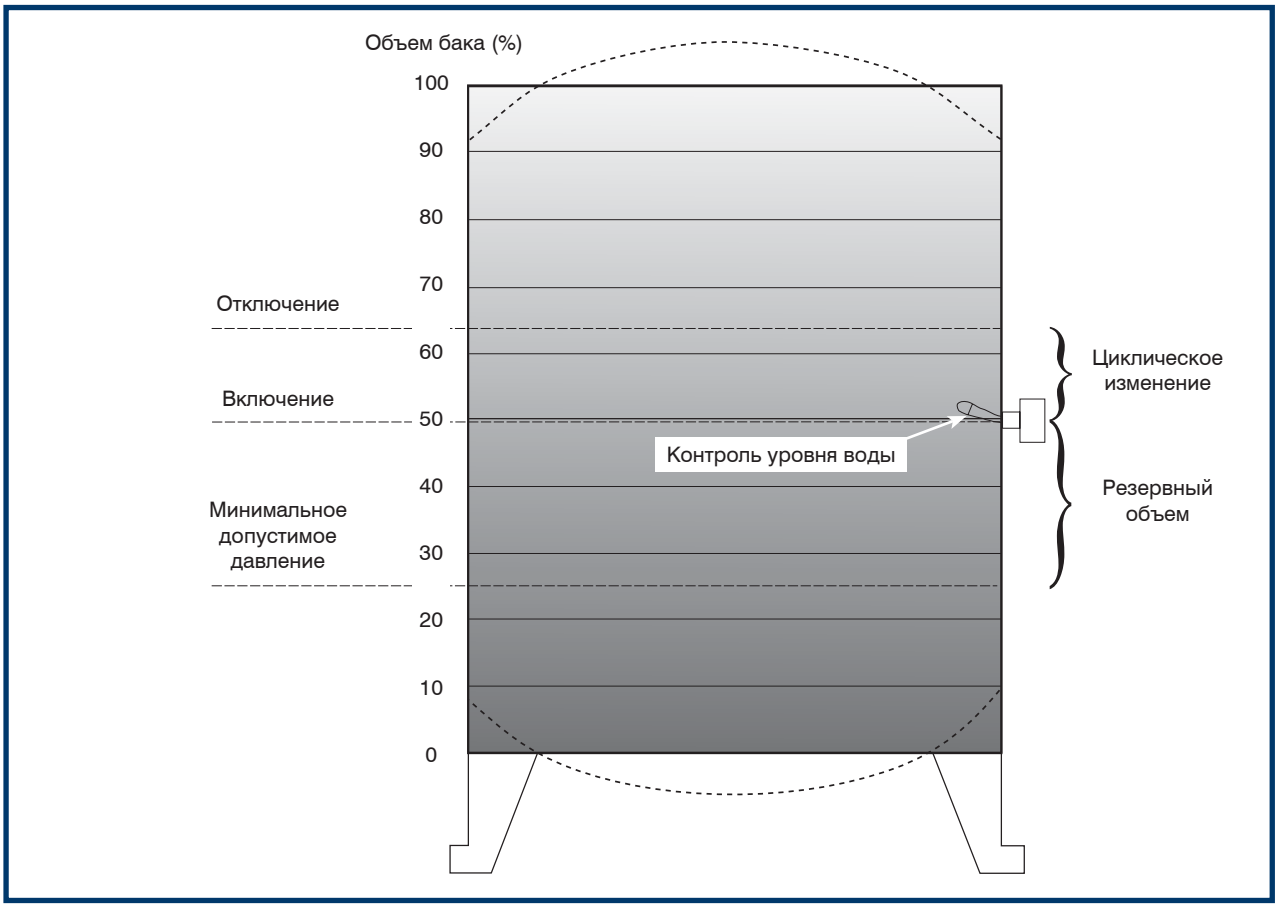


Рис.100 Напорный бак с контролем уровня воды

Производительность источника по сравнению с максимальным водопотреблением (продолжение)

Бак с предварительно сжатым воздухом предназначен для поддержания необходимого давления в системе.

Чтобы контролировать объем воздуха, необходимо установить устройство контроля уровня воды (ниже середины бака) и воздушный компрессор.

Если устройство контроля установлено таким образом, что в баке находятся равные части воздуха и воды при давлении включения, напорная производительность бака между остановкой и пуском насоса увеличится до 50–100%, в зависимости от перепада давления.

Если устройство контроля установлено таким образом, что в баке находятся равные части воздуха и воды при давлении отключения, напорная производительность бака между остановкой и пуском насоса увеличится до 100–150%, в зависимости от манометрической разницы.

Идеальный контроль за уровнем воды в баке может быть обеспечен следующими двумя способами:

1. Установка автоматического контроля воздуха для насосов, всасывающих воду с некоторой глубины.

2. Установка электрического устройства контроля уровня воды и воздушного компрессора для насосов, не всасывающих воду с нижнего уровня, таких как погружные насосы.

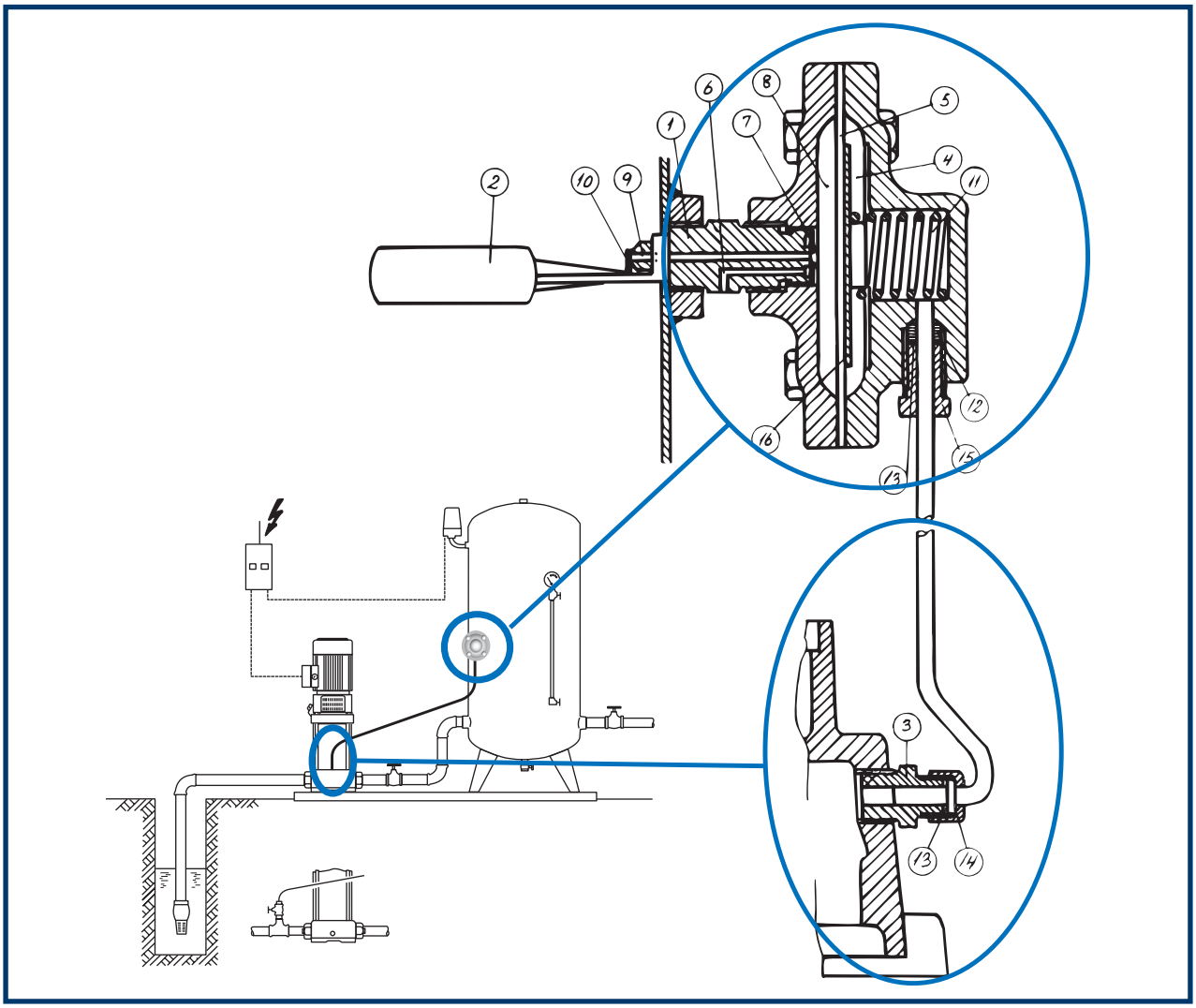


Рис.101 Устройство автоматического контроля воздуха

Устройство автоматического контроля воздуха

Принцип работы

Во время пуска насоса во всасывающей камере образуется вакуум. Вакуум передается через медную соединяющую трубку в полость, где находится пружина (4), и вытягивает мембрану (5), преодолевая сопротивление пружины. Таким образом, происходит всасывание атмосферного воздуха через форсунку (6) и щелевой клапан (7) в камеру (8).

При остановке насоса давление в баке передается во всасывающую камеру и во всасывающий клапан. Это означает, что в камерах 4 и 8 давление одинаковое. Это позволяет пружине давить на мембрану в противоположном направлении и выталкивать воздух через форсунку (9) и щелевой клапан (10) в напорный бак.

Это происходит тогда, когда в баке очень много воды и поплавок (2) находится либо в горизонтальном положении, либо поднимается вверх. Когда в бак нагнетается очень много воздуха, так, что поплавок (2) опускается ниже горизонтального положения, то открывается щелевой клапан (10), и устройство автоматического контроля воздуха втягивает воздух в форсунку (9) вместо форсунки (6). Таким образом, воздух попадает в бак и выводится из него, и в случае, если уровень воды такой низкий, что поплавок находится ниже горизонтали, воздух из атмосферы никогда в бак не попадет.

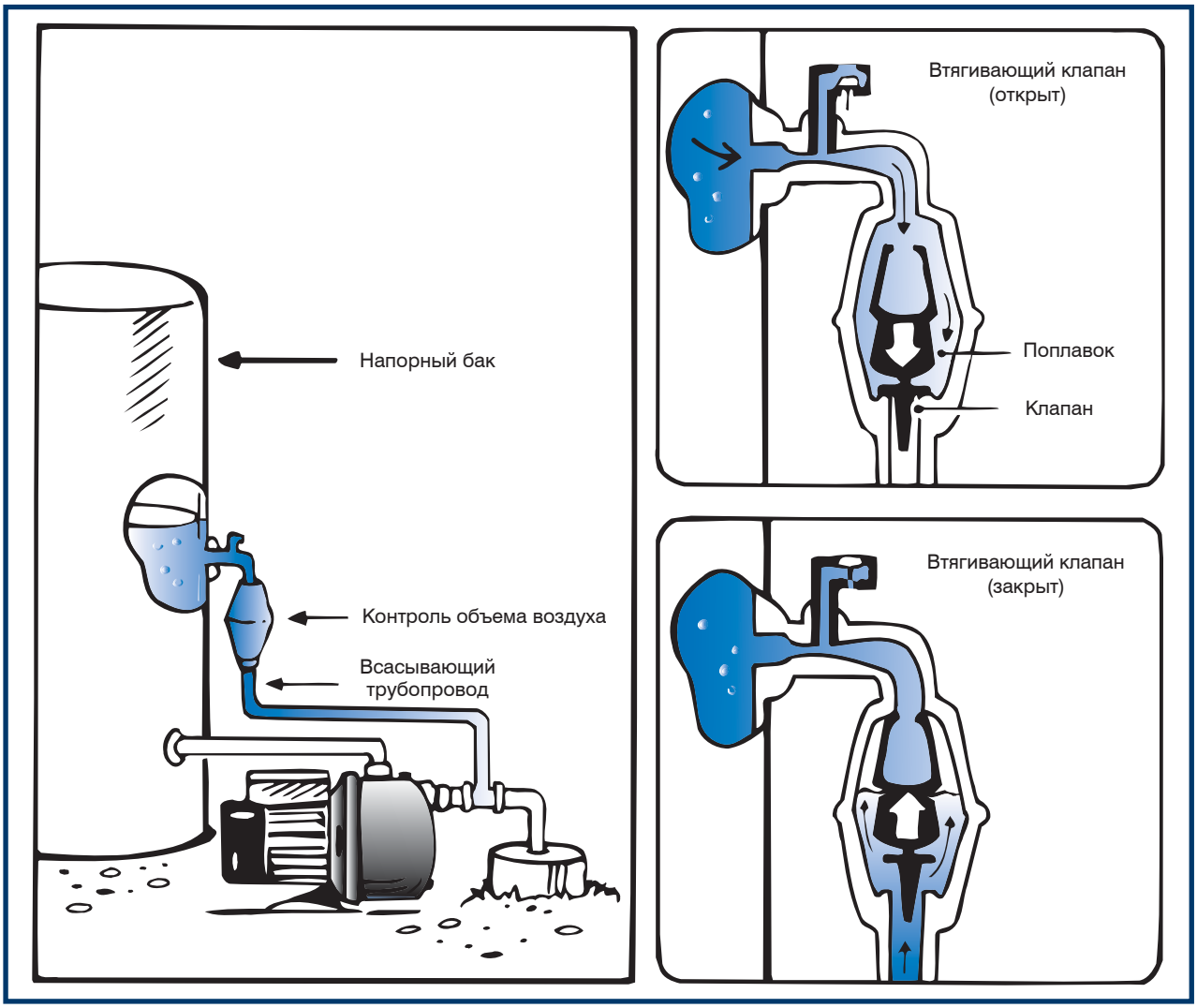


Рис.102 Альтернативное устройство контроля

Устройство автоматического контроля воздуха

Принцип работы (продолжение)

Замечание
Для того чтобы устройство автоматического контроля воздуха могло работать, между насосом и напорным баком не устанавливают обратный клапан. При этом высота всасывания должна быть около 2 метров, и необходимый подпор должен обеспечиваться закрытием клапана, установленного на всасывающем трубопроводе.

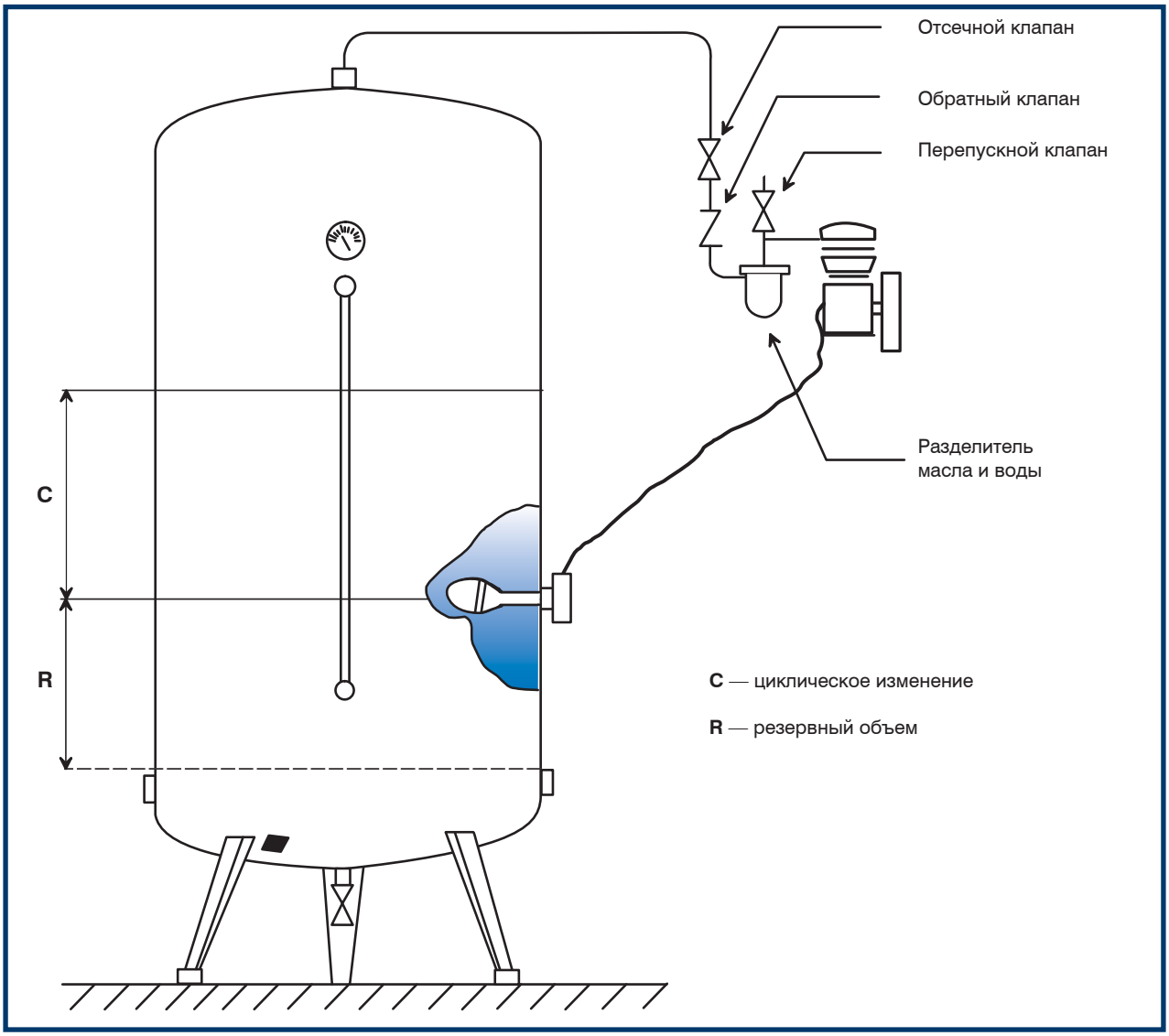


Рис.103 Электрическое устройство контроля уровня воды и воздушный компрессор

Электрический регулятор уровня воды и воздушный компрессор

Вода в напорном баке будет поглощать кислород из воздушной подушки, которая постоянно пополняется компрессором. Компрессор должен быть подсоединен таким образом, чтобы он включался только во время работы насоса, во избежание разрыва бака или трубы. Это может быть достигнуто с помощью поплавкового выключателя, указывающего на очень высокий уровень воды в баке. Электрическое подсоединение, к примеру, может быть выполнено по принципу, показанному на следующей странице.

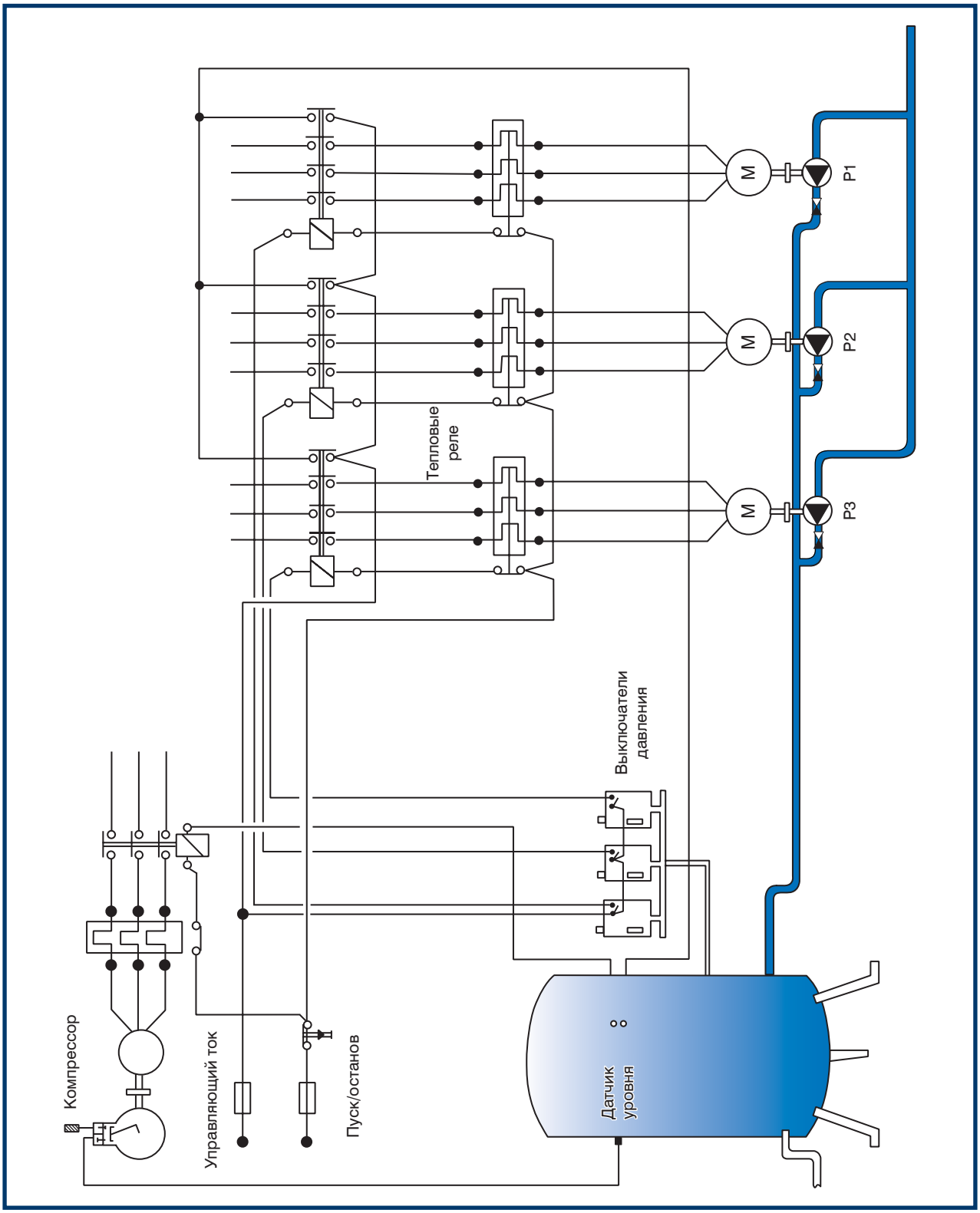


Рис.104 Упрощенная схема управления компрессором в системе напорного бака с предварительно нагнетенным давлением

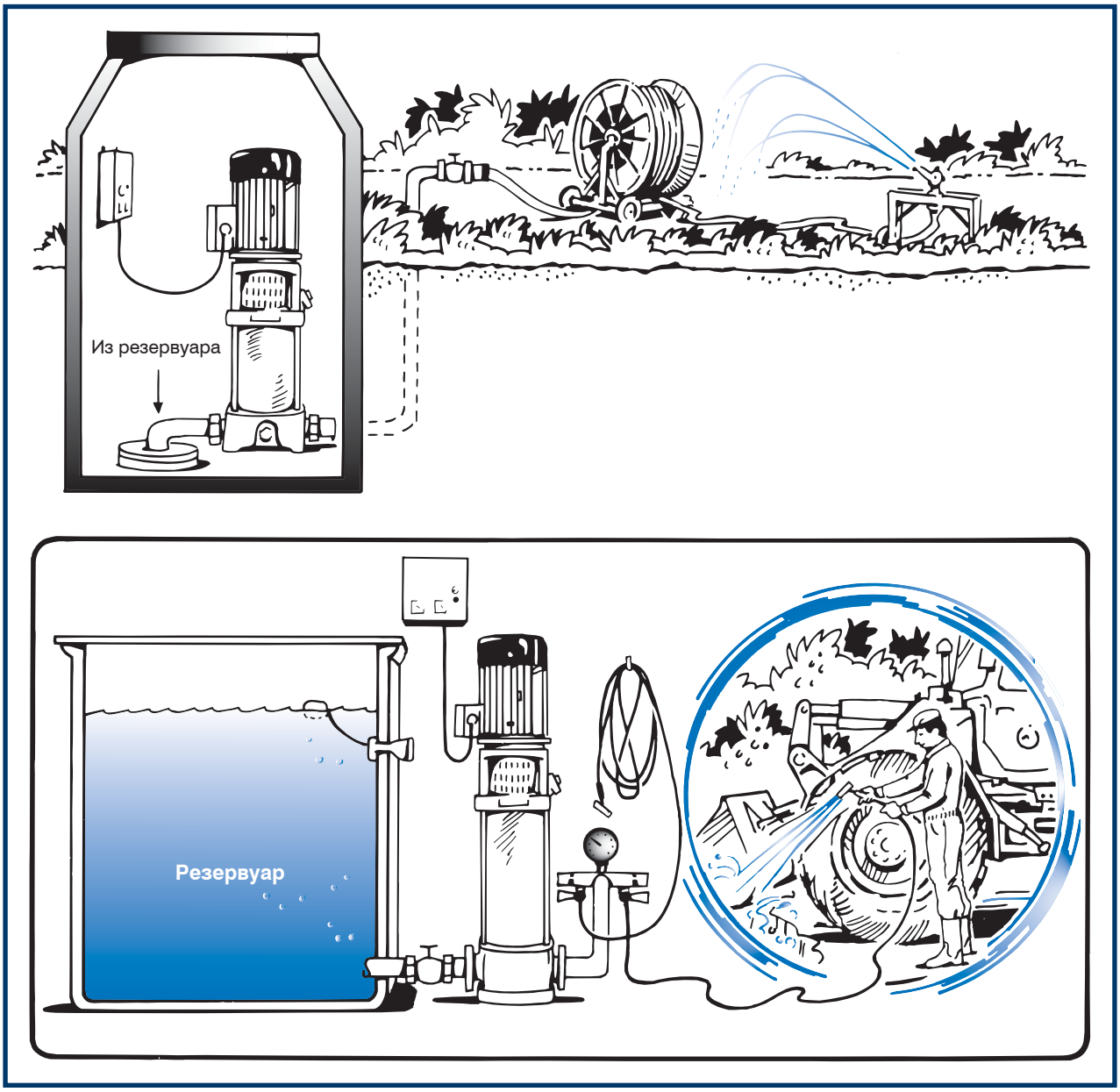


Рис.105 Резервуар

Резервуар

Если источник воды имеет производительность намного ниже максимального потребления, например, если четырехдюймовая скважина используется как для снабжения питьевой водой, так и для поливки в сухой период, необходимо установить резервуар, который сможет уравнять разницу между недостаточной производительностью источника и максимальным водопотреблением.

Объем резервуара может быть рассчитан по следующей формуле:

Объем резервуара =
= кол-во часов макс. водопотребления x ($Q_{макс. потр.} - Q_{ист. воды}$)

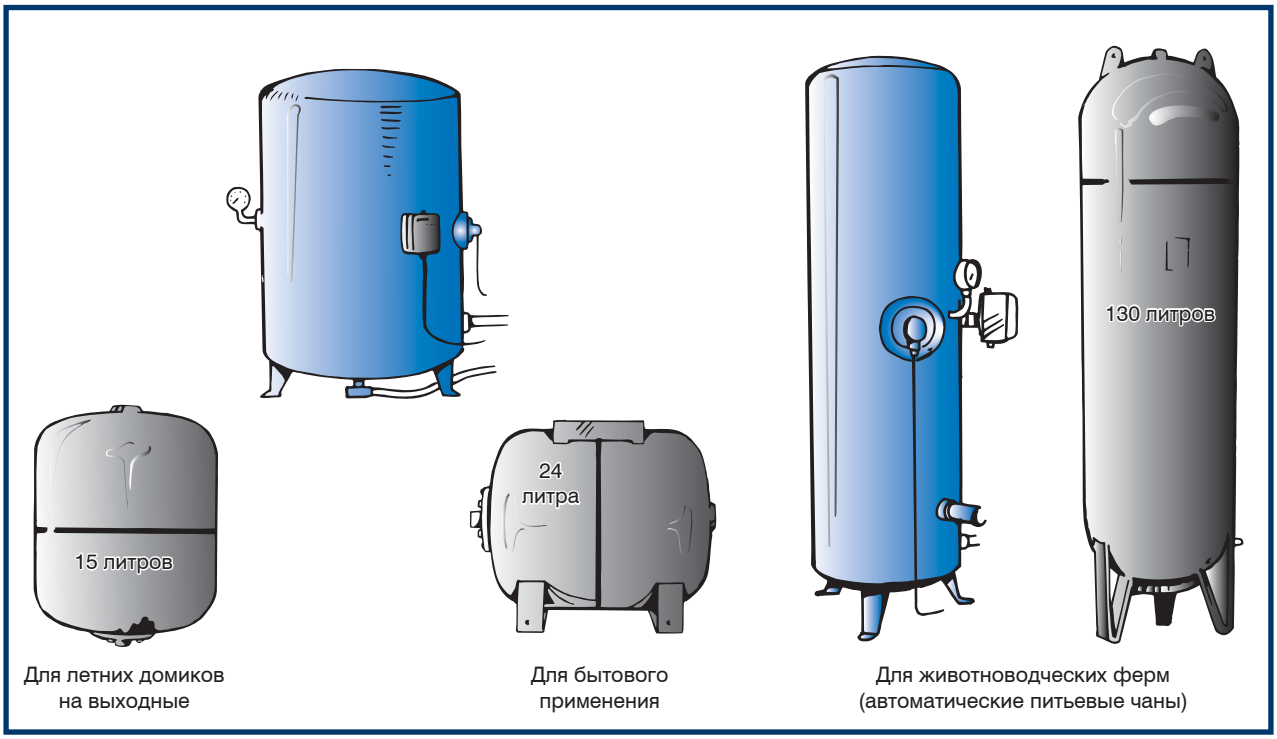


Рис.106 Различные типы баков и их размеры

2: Экономичность системы водоснабжения

Если объем источника воды соответствует максимальному водопотреблению и не требуется установки бака для воды, например, для пожаротушения, нужно только установить оборудование для регулирования количеств пусков и остановов насоса.

Для дачных участков, к примеру, требуется гидростат или небольшой 15–24-литровый мембранный бак с реле давления, чтобы обеспечить идеальное водоснабжение при непродолжительной сезонной работе.

Для бытового применения в течение года необходимо установить мембранный бак объемом 24 литра или 65–130 литров.

Для животноводческих ферм необходимо установить мембранный напорный бак с объемом не менее 130 литров.

В многоэтажных зданиях с несколькими рабочими насосами рекомендуется устанавливать частотно-регулируемые насосы со шкафом управления для точного регулирования давления в системе.

Для экономичной работы давление воды должно быть как можно более низким, но таким, при котором все потребители воды могут нормально работать. Если в определенные периоды требуется очень высокое давление, например, для мойки транспортных средств, хорошим решением будет подключение отдельного повысительного насоса (моющей установки).

Всегда следует монтировать обратный клапан в разъем, к которому обычно подключаются такие повысительные насосы. Это предотвратит загрязнение системы водоснабжения.

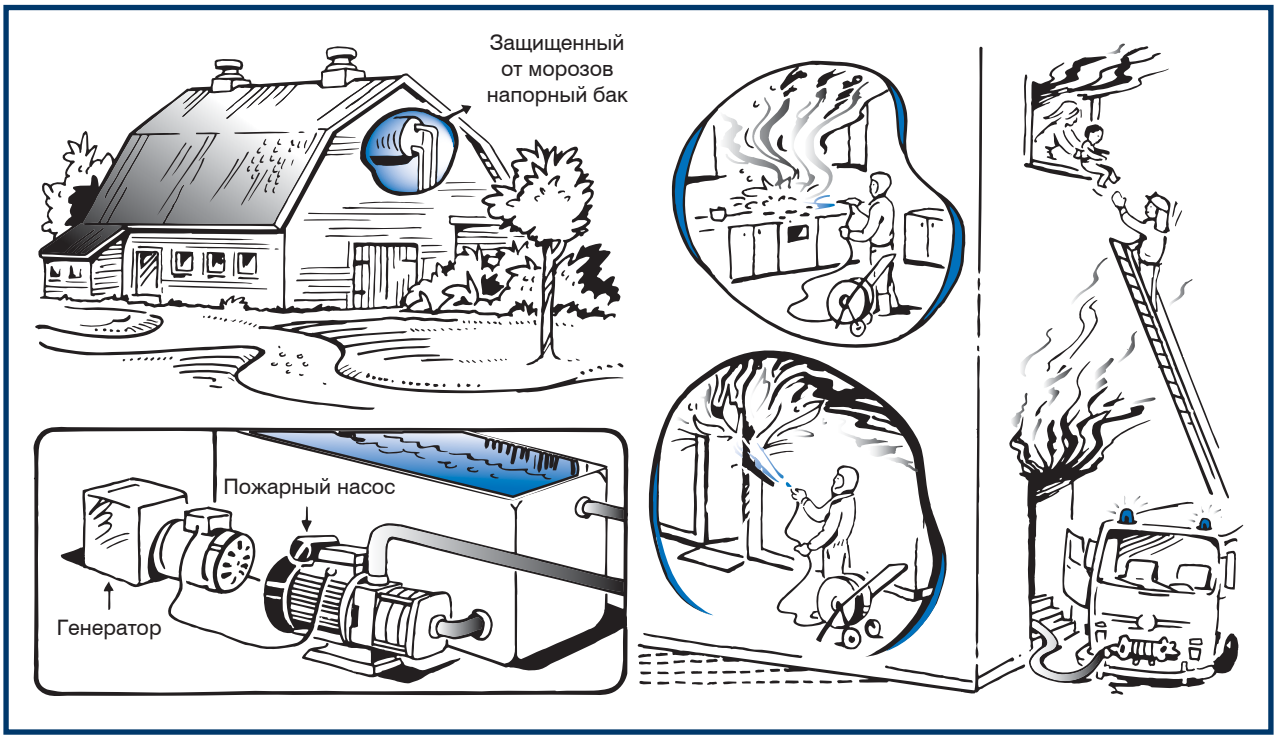


Рис.107 Водоснабжение в случае выхода из строя системы электропитания

3 и 4: Водоснабжение в случае выхода из строя системы электропитания

Если вода необходима даже в случае аварии в энергосистеме, например, для пожаротушения, нужно предварительно предпринять следующие меры:

1. Необходимо установить резервуар с водой на достаточно высоком уровне (водонапорной башне).

2. Установить насос с двигателем, работающим на горючем топливе, или от генератора, который включается автоматически, в случае перебоев электропитания.

Необходимо изолировать резервуар с водой и входные и выходные трубы, чтобы избежать их размораживания в зимний период и предотвратить от сильного перегрева в жаркий сезон.

Объем бака должен содержать такое количество воды, чтобы обеспечить пожаротушение в течение 30 минут при подключении всех шлангов.

Установка такого резервуара также необходима, когда производительности источника недостаточно при максимальном водопотреблении.

Монтаж трубопровода и электрического оборудования

Глава 10

10. Монтаж трубопровода и электрического оборудования

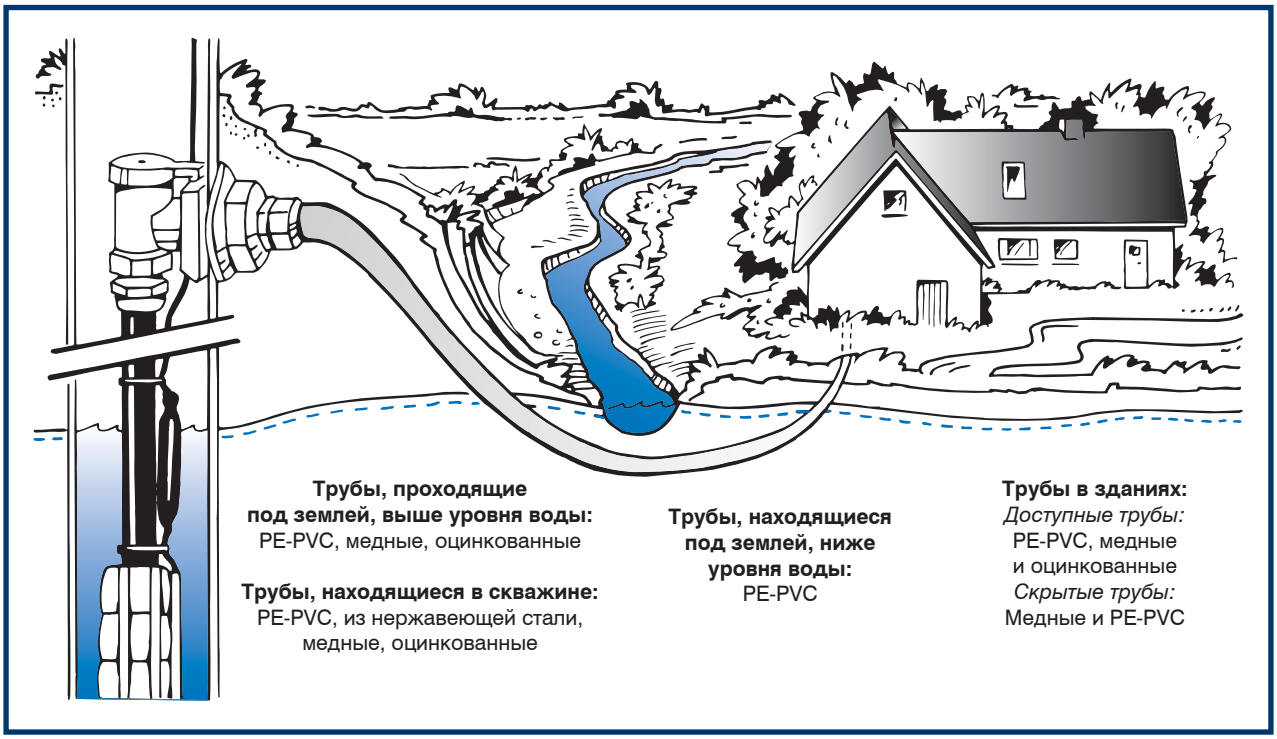


Рис.108 Какой вид труб применять

Подключение трубопровода

Определение материалов, из которых должны быть изготовлены трубы, и их диаметров является важным моментом при выборе насоса и для определения экономичности эксплуатации. При расчете системы водоснабжения очень важными являются следующие четыре фактора:

1. Статический (геодезический) напор
2. Потери на трение в трубах и соединениях
3. Перепад давления на реле давления
4. Необходимое давление в точке потребления

1. Статический (геодезический) напор

Статический напор, т. е. расстояние от уровня подземных вод до самой высокой точки водоразбора, является фактором, на который никаким образом невозможно повлиять.

2. Потери на трение

Потери на трение зависят от выбора материала трубопровода и его размеров.
Потери на трение равноценны потере денег. Удвоенные потери на трение означают удвоенную стоимость доставки воды. При расчете потерь на трение в трубопроводе очень важно использовать диаграмму, начало которой соответствует трубам с неровной поверхностью, как будто бы все трубы, через которые проходит вода, изнутри покрыты толстым слоем ржавчины, ила и т. д.

Скорость потока в трубопроводе должна быть невысокой. Если скорость потока выше 4 м/с, есть риск появления сильного шума в связи с возникновением турбулентности в коленах, отводах и клапанах трубопровода, а также гидравлического удара на протяженных участках трубопровода.

Все наружные трубы, предназначенные для доставки воды к поилкам для скота, кранам для смыва грязи, полива, а также все трубы, размещенные выше уровня земли в неотапливаемых помещениях, должны быть защищены от мороза, или во время мороза по ним должна постоянно течь вода.

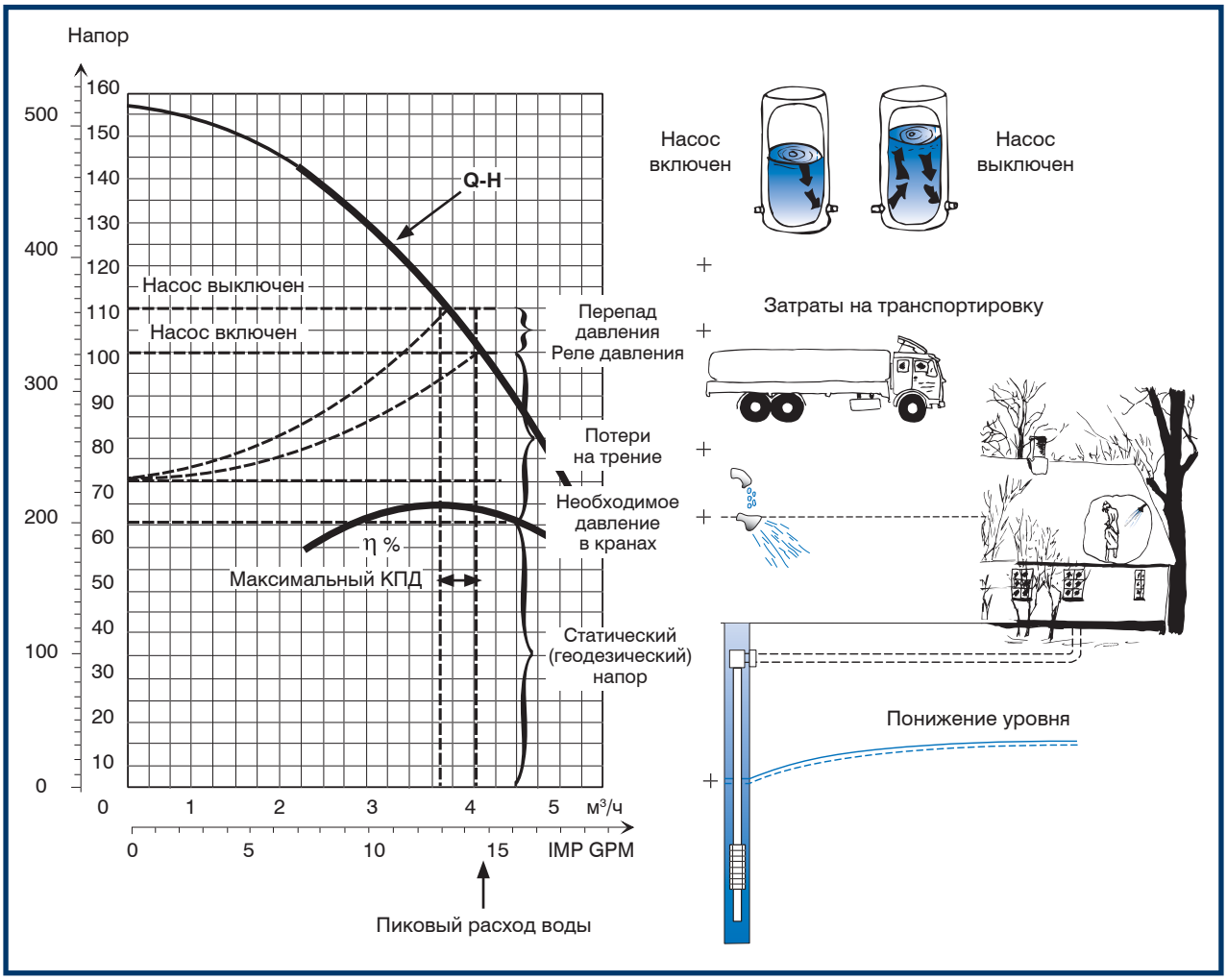


Рис.109 Необходимые требования для обеспечения давления

3. Перепад давления на реле давления

Если перепад давления на реле давления велик (разница между давлениями при включении и останове), затраты на эксплуатацию насоса увеличатся. Давление включения — минимально допустимое для оптимальной работы установки водоснабжения. Давление отключения не должно превышать давление включения более чем на 1 бар.

4. Необходимое давление в точке водоразбора

Необходимое давление в точке водоразбора зависит от выбора вентилей. Поэтому должен быть выбран такой тип вентиля, который будет надежно работать при давлении в 1 бар.

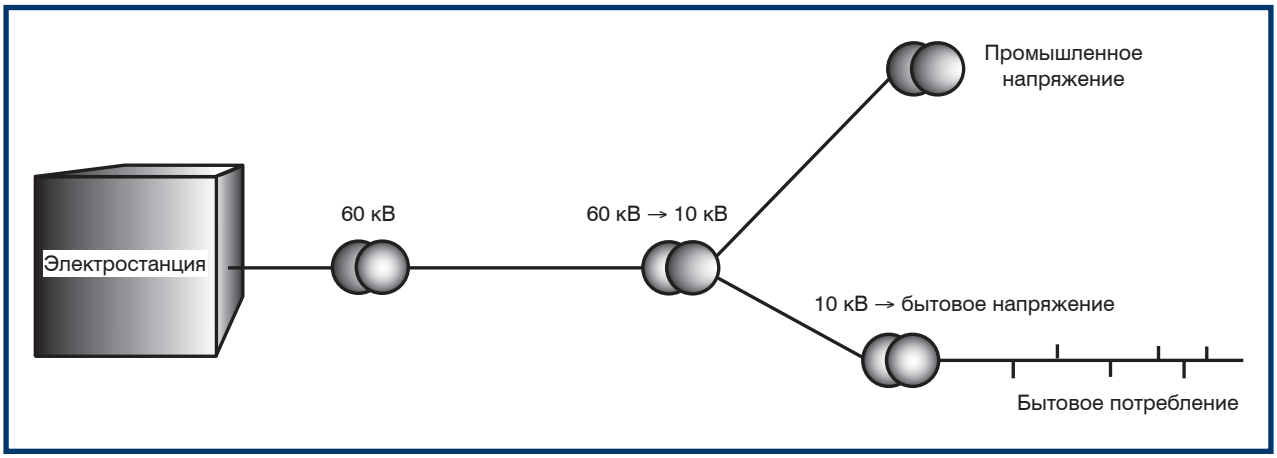


Рис.110 Подача электрической энергии от электростанции до потребителя

Необходимость стабильного электроснабжения

Создание хороших гидравлических и механических условий недостаточно для стабильной работы насоса.

Наиболее частой проблемой в работе систем водоснабжения является сбой в подаче электроэнергии.

При скачках напряжения или пониженном напряжении в сети двигатели работают с перегрузкой.

На рисунке показана схема подачи электричества от электростанции к повышающему трансформатору (60 кВ), за которым следует высоковольтная линия передачи электроэнергии. По этим линиям передачи электричество передается на большие расстояния (50–100 км). По другую сторону линии электропередачи размещается понижающий трансформатор (от 60 кВ до 10 кВ). Подача электричества в 10 кВ обычно покрывает зоны радиусом от 20 до 50 км. Ближе к местам потребления напряжение постепенно понижается до значений 3 x 380 В, 3 x 415 В, 3 x 240 В и т.д., в зависимости от района.

В зависимости от потребляемой мощности и сети электроснабжения могут возникать сбои, которые могут повредить или вывести из строя электродвигатель.

Увеличение потребляемой мощности

Если потребляемая мощность выше мощности сети, насос будет работать при пониженном напряжении питания.

При работе в таком режиме скорость вращения вала электродвигателя будет снижена, а обмотки двигателя будут перегреваться. В зависимости от типа охлаждения электродвигателя многие из них могут выдерживать падение напряжения на 10%. Стоит заметить, что при снижении скорости электродвигателя рабочие параметры насоса также снижаются.

Снижение качества электроснабжения

Если к одной из фаз трехфазной сети электрического тока подсоединено слишком много однофазных потребителей, то в результате возникает перекос напряжения/тока.

Оборудование для защиты электродвигателя должно быть подобрано с учетом стабильности электроснабжения, а также издержек, связанных с заменой сгоревшего электродвигателя.

Несмотря на это Вы должны знать, есть ли специфические требования, касающиеся подачи электроэнергии, для последующего гарантийного обслуживания насоса.

Наиболее простым способом защиты насоса (если нет встроенной защиты электродвигателя) является автоматический выключатель с биметаллической защитой от перегрузки или магнитный выключатель с тепловым реле выключения при перегрузке.

Если, несмотря ни на что, работа системы водоснабжения должна быть защищена от всевозможных помех, необходимо использовать пускатель электродвигателя со следующими уровнями защиты:

1. Главный выключатель (изолирует пускатель при обслуживании)

2. Автоматический выключатель (эффективно защищает электродвигатель в случае короткого замыкания в сети)

3. Контактор с тепловым реле. (Тепловое реле должно быть настроено на ток полной нагрузки электродвигателя).

4. Защита от пропадания фазы (эффективно защищает при падении напряжения на одной из фаз ниже чем 0,85 нормального напряжения на время более 3 секунд, а также при пропадании фазы).

5. Реле уровня воды (защищает насос от работы всухую).

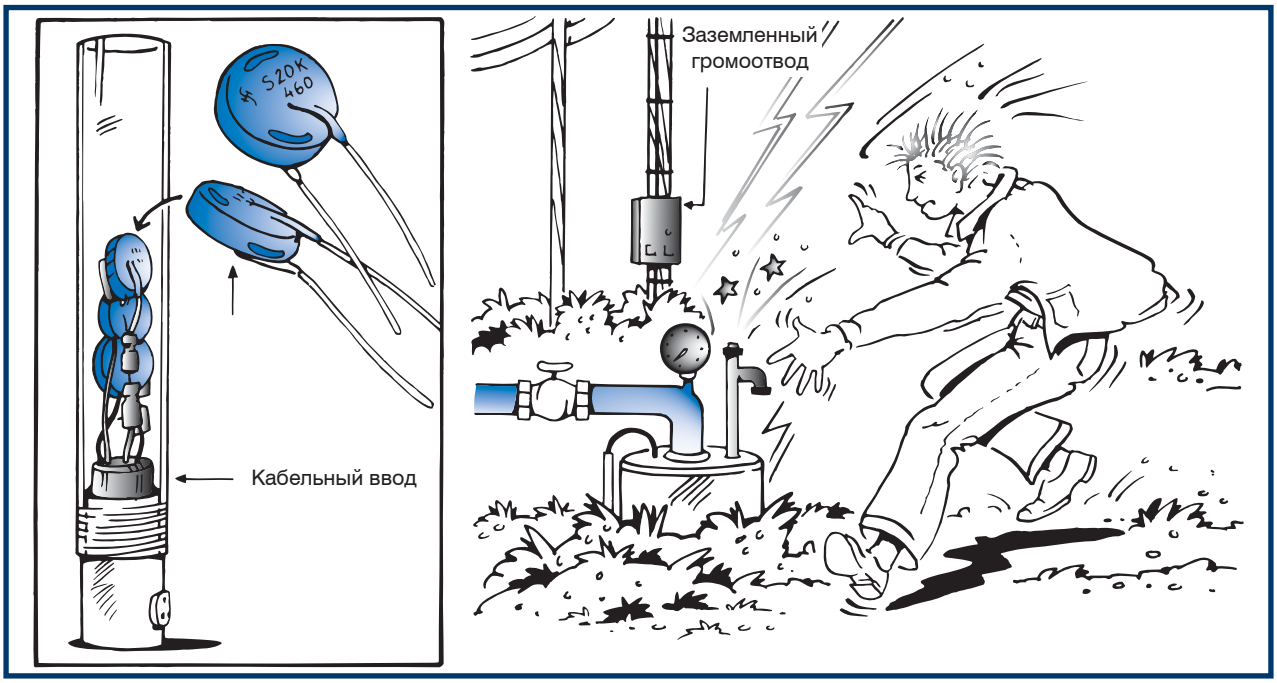


Рис.111 Громоотвод

Защитное оборудование

При подключении электродвигателя насоса к сети необходимо предусмотреть заземление.

Для более удобного обслуживания системы очень полезно иметь вольтметр и амперметр, встроенные в панель блока управления.

Упомянутые ранее защитные функции, а также контроль за состоянием работы электродвигателя могут быть обеспечены установкой отдельного контрольного устройства CU 3.

Устройство CU 3 используется в тех случаях, когда требуется оптимальная защита при следующих событиях:

0: низкое сопротивление изоляции
1: высокая температура двигателя
2: перекос по току
3: перегрузка
4: недогрузка (работа всухую)
5: низкое напряжение
6: перенапряжение
7: пропадание фазы

Из этого списка только для пунктов 0 и 1 необходимы дополнительные пояснения.



Рис.112 Устройство контроля CU 3

Сопротивление изоляции

Контроль сопротивления изоляции, т.е. уровня ее старения, дает возможность предсказать сбой в работе электродвигателя или запланировать его замену. Из устройств контроля, имеющихся на рынке, только Grundfos CU 3 имеет такую функцию.

Температура электродвигателя

Может быть измерена, если устройство CU 3 соединено с погружным электродвигателем, например, типа MS 600.

Контроль температуры электродвигателя с помощью датчика температуры, встроенного в электродвигатель, гарантирует постоянный контроль за его состоянием, любые изменения температуры отображаются на контрольной панели до того, как устройство CU 3 отключит электропитание. Охлаждение двигателя может ухудшиться, если, например, часть скважины забьется илом, в результате чего поток воды, омывающий электродвигатель, будет недостаточным.

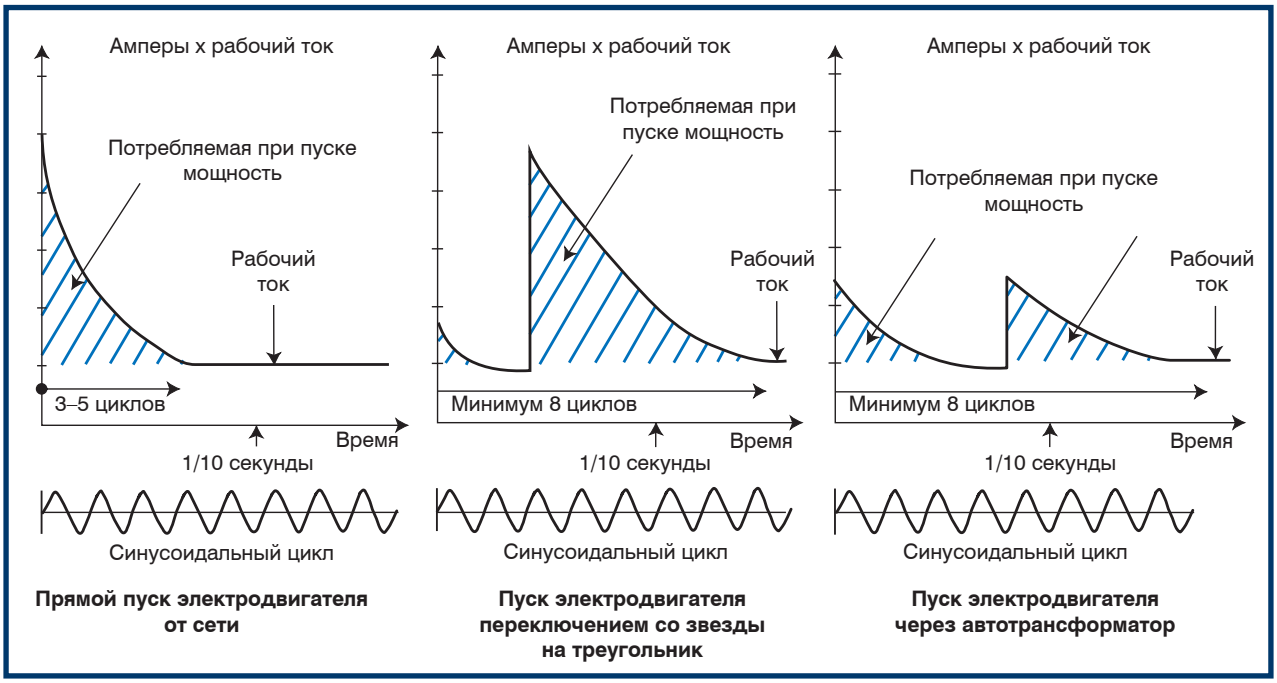


Рис.113 Способы пуска электродвигателя

Различные способы пуска электродвигателя

Существуют три способа пуска электродвигателя насоса:

1. Прямой пуск электродвигателя от сети (DOL)
2. Пуск электродвигателя переключением со звезды на треугольник (Y/Δ)
3. Пуск электродвигателя через автотрансформатор

Прямой пуск электродвигателя от сети

Пускатель DOL является наиболее простым, дешевым и надежным.

Погружные электродвигатели Grundfos имеют низкий инерционный момент, так как рабочие колеса изготавливаются из нержавеющей стали и, следовательно, пуск происходит очень легко. Пусковой ток в 4–6 раз выше, чем полный ток нагрузки. Время пуска соответствует максимум 5 циклам, что примерно равно 1/10 секунды. Поэтому во время пуска насоса Grundfos Вы не ощутите ни малейшего изменения в сети.

Пуск электродвигателя переключением со звезды на треугольник

Пускатель электродвигателя переключением со звезды на треугольник использует примерно 150% мощности при пуске в положении звезды, но при переключении на треугольник потребляемая мощность увеличивается во столько же раз, как и при прямом пуске. Поэтому Grundfos не рекомендует использовать пуск методом звезда/треугольник.

Пуск электродвигателя через автотрансформатор

Способ пуска электродвигателя через автотрансформатор увеличивает пусковой ток в 2,5 раза в сравнении с работой насоса на полную нагрузку. Потребляемая мощность также увеличивается в 2,5 раза, но только примерно на 1 цикл. Такой способ пуска должен всегда использоваться при применении электродвигателей мощностью свыше 75 кВт.

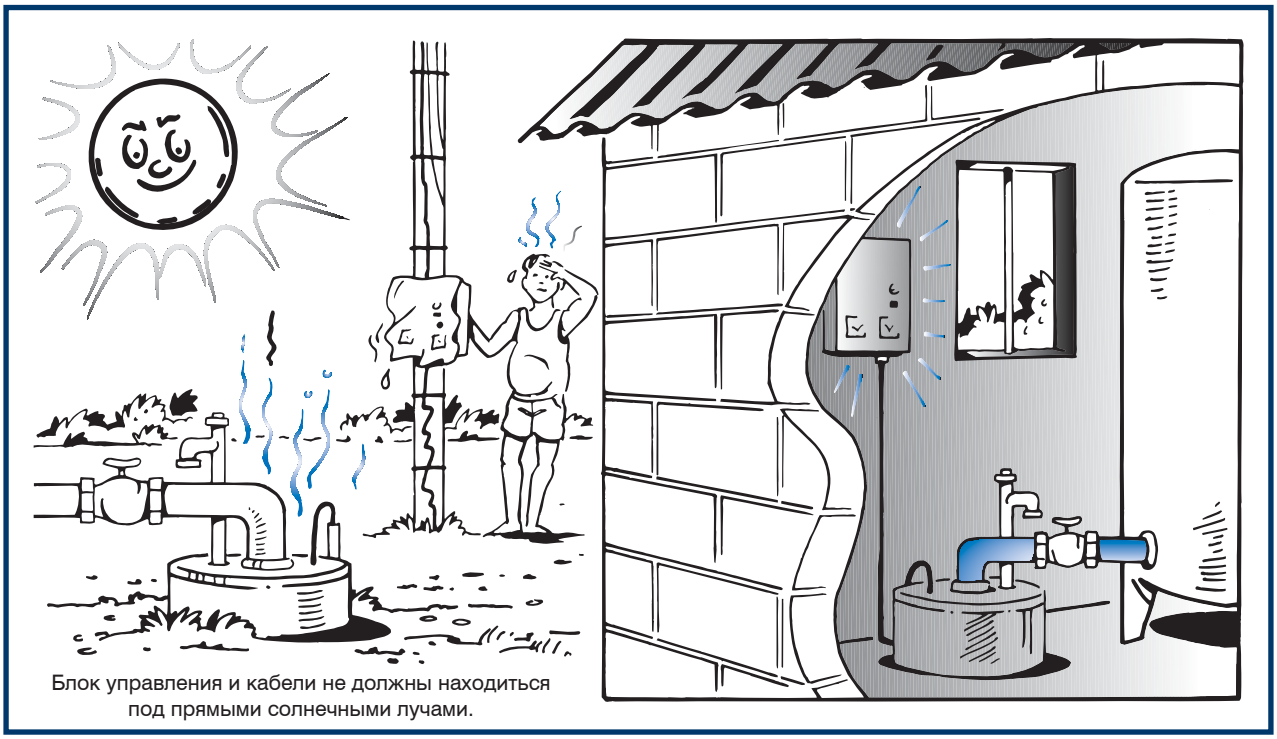


Рис.114 Защита установки

После подбора подходящего пускателя электродвигателя и способа защиты системы необходимо определить тип и размер кабеля.

Провода и кабели подходят для всех видов установок:

- в сухом месте
- во влажной среде или в погруженном положении
- во взрывоопасной среде
- под землей
- в тропиках (должны быть защищены от нашествия термитов)

Провода и кабели могут иметь как алюминиевую, так и медную сердцевину. Медь имеет самую высокую плотность электрического тока на единицу площади, следовательнно через провод с медной сердцевиной можно пропускать больший ток.

Для определения сечения проводов и кабелей, очень важно учитывать как плотность тока, так и потери напряжения в кабеле, ведущем к электродвигателю. Насос и электродвигатель будут работать в оптимальном режиме при том напряжении, на которое рассчитан электродвигатель. Следовательно, функциональные возможности будут снижены при потерях напряжения в сети.

Потери напряжения в кабеле от пускателя до электродвигателя при нормальных условиях должны быть ограничены максимум до 3–5%. Более высокие потери допустимы только в случае местного перенапряжения. Плотность тока и потери напряжения должны быть подсчитаны вручную, но проще будет обратиться к поставщикам кабеля и запросить Quick Selection Table (таблицу быстрого подбора), которая представлена на следующей странице.

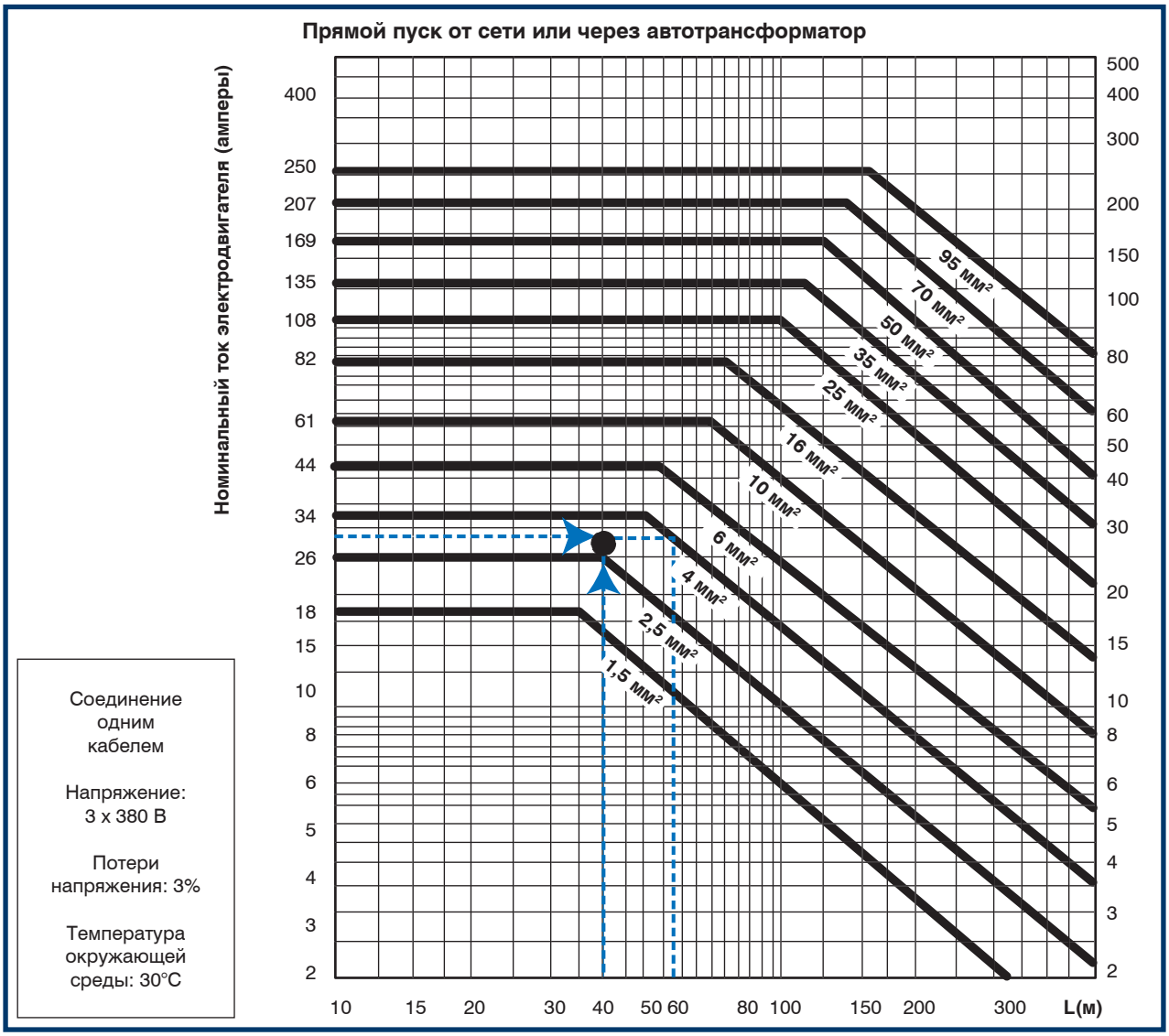


Рис.115 Таблица быстрого подбора от поставщика кабеля

Пример основан на показаниях диаграммы:

Ток, потребляемый электродвигателем	28 А
Необходимая длина кабеля	40 метров
Минимальное сечение кабеля	3x4 мм²

При токе 28 А и потерях напряжения максимум 3% кабель 3x4 мм² не может быть длиннее 57 метров.

Для электрических сетей с напряжением, отличным от 380 В, длина должна быть соответственно пересчитана.

Пример

Для сети с напряжением в 500 В допустимая длина кабеля будет равна:

$$L = \frac{500}{380} \times \text{длина, взятая из диаграммы}$$

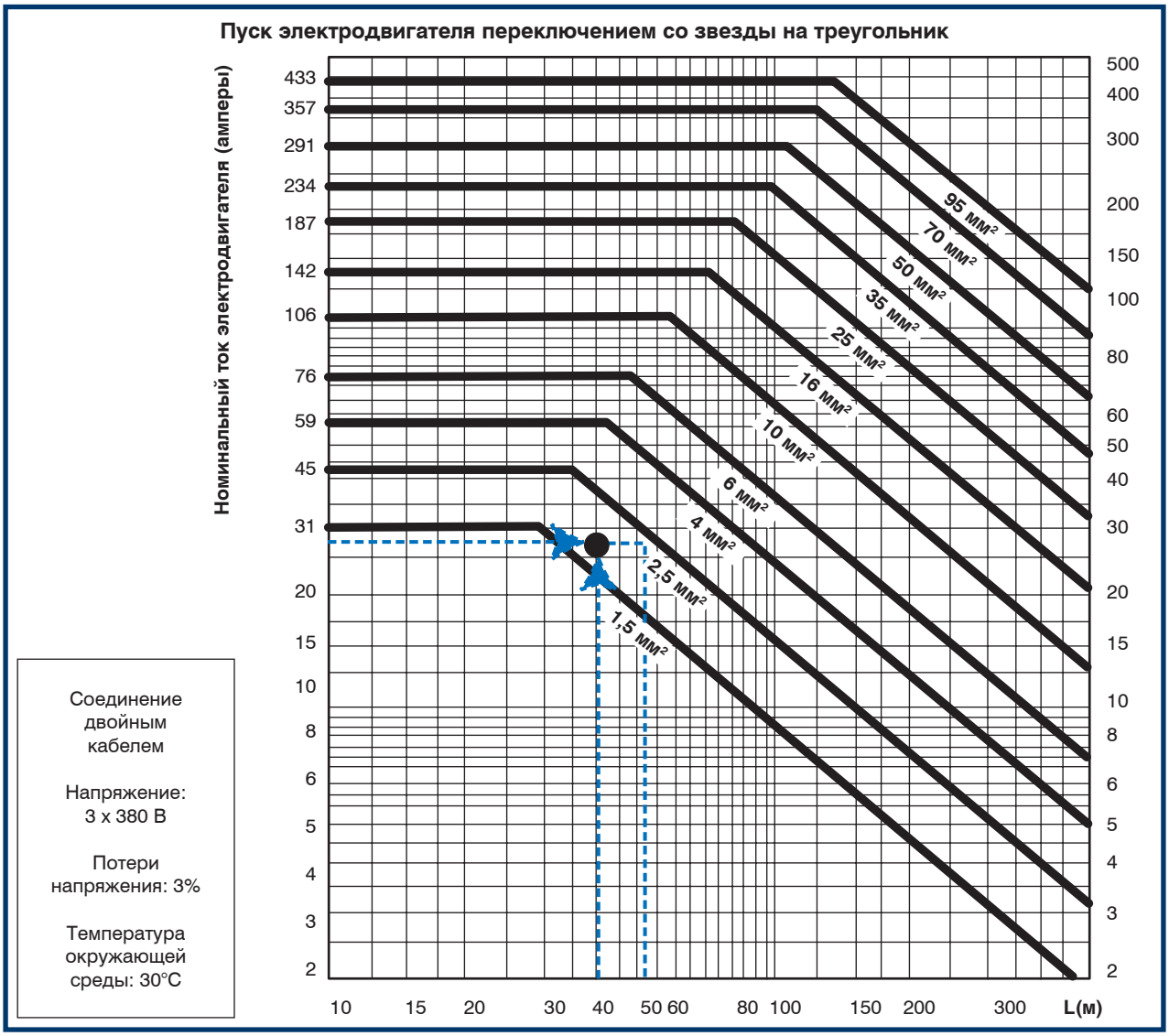


Рис.116 Таблица быстрого подбора от поставщика кабеля

Пример основан на показаниях диаграммы:

Ток, потребляемый электродвигателем	28 A
Необходимая длина кабеля	40 метров
Минимальное требование к кабелю	3x2,5 мм²

При потребляемом токе 28 A и потерях напряжения максимум 3% два кабеля 3x2,5 мм² не могут быть длиннее 53 метров.

Для электрических сетей с напряжением, отличным от 380 В, длина должна быть соответственно пересчитана.

Пример

Для сети с напряжением в 500 В, допустимая длина кабеля будет равна:

$$L = \frac{500}{380} \times \text{длина, взятая из диаграммы}$$

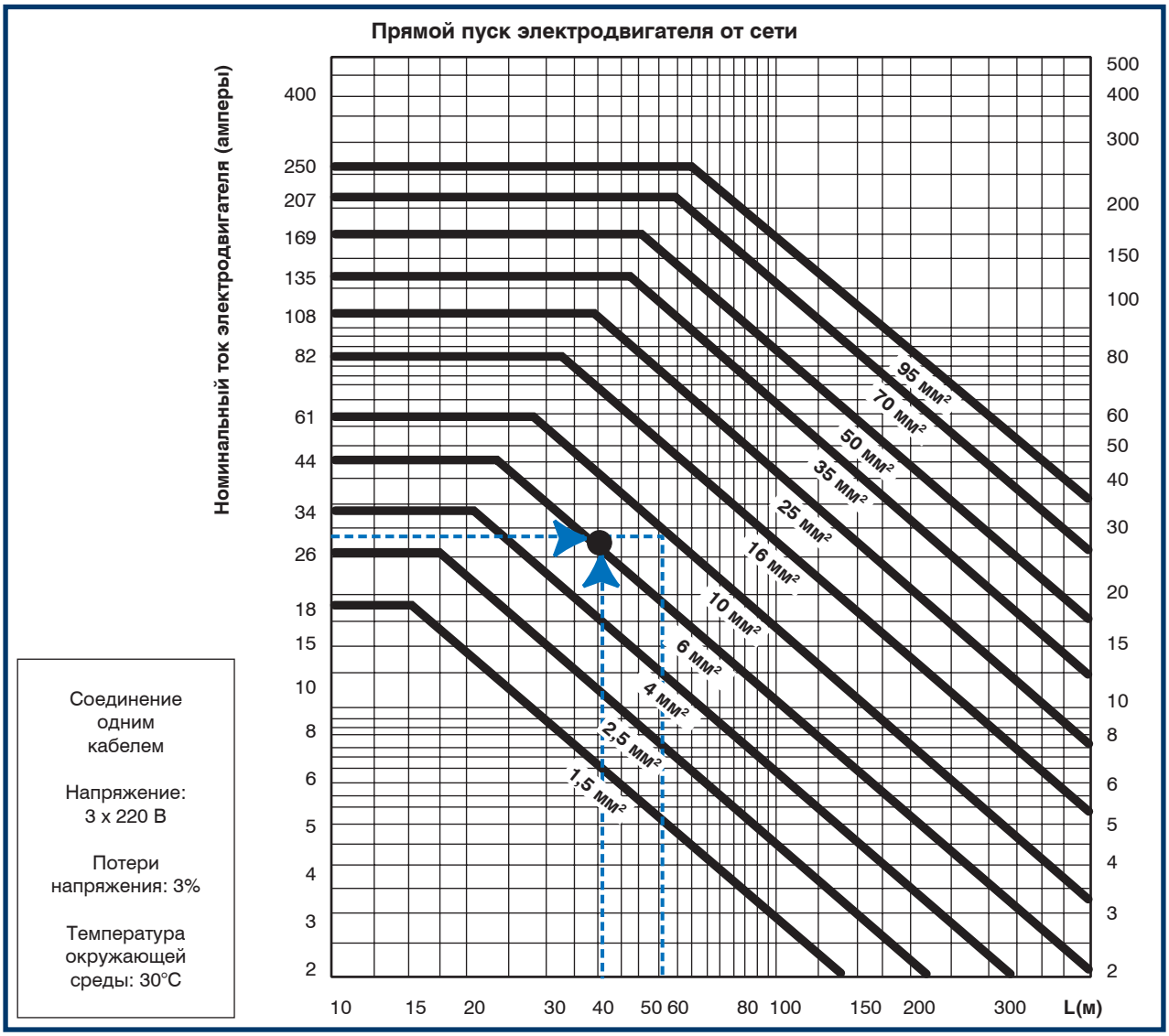


Рис.117 Таблица быстрого подбора от поставщика кабеля

Пример основан на показаниях диаграммы:

Ток, потребляемый электродвигателем	28 А
Необходимая длина кабеля	40 метров
Размер кабеля	3x10 мм²

При потребляемом токе 28 А и потерях напряжения максимум 3% кабель 3x10 мм² не может быть длиннее 56 метров.

Для электрических сетей с напряжением, отличным от 220 В, длина должна быть соответственно пересчитана.

Пример

Для сети с напряжением в 240 В допустимая длина кабеля будет равна:

$$L = \frac{240}{220} \times \text{длина, взятая из диаграммы}$$

Устранение неисправностей

Глава 11

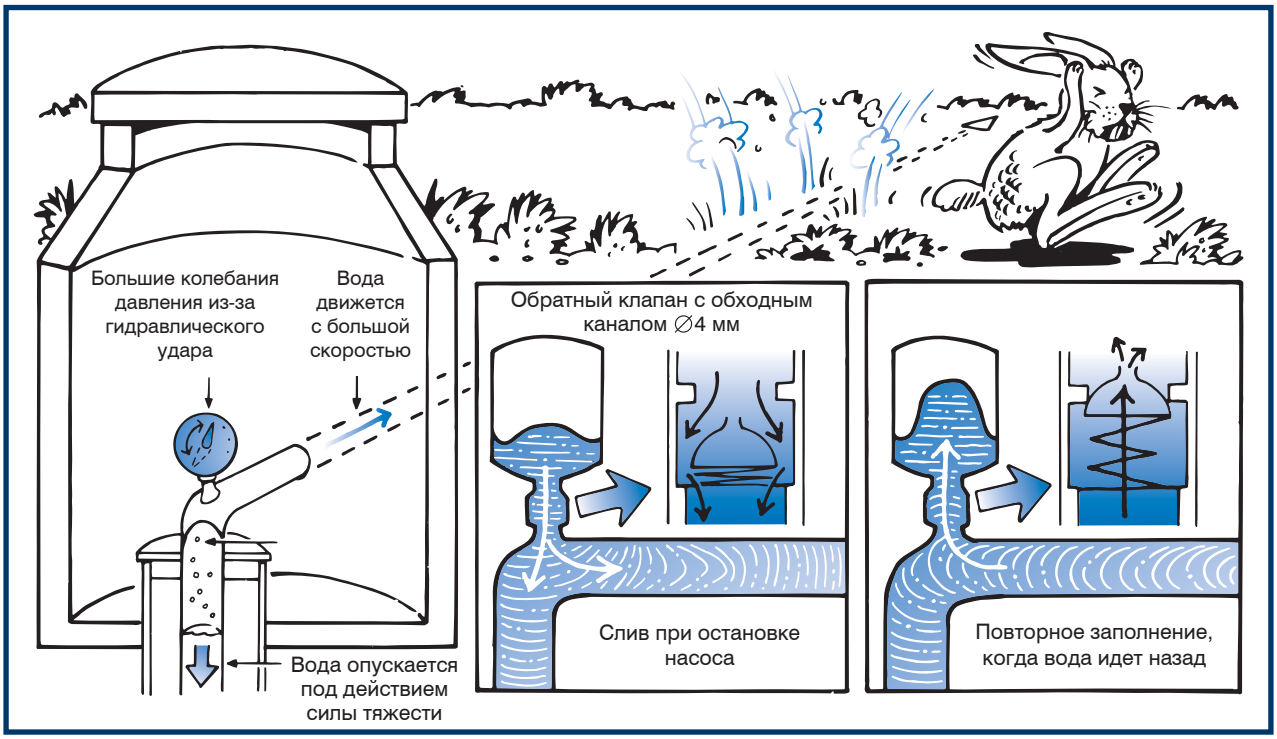


Рис.118 Гидравлический удар

Гидравлический удар

Если горизонтальный напорный трубопровод из скважины протяженный и малого диаметра, это приводит к увеличению скорости воды, и при остановке насоса может возникнуть гидравлический удар.

При остановке насоса вода, текущая по его вертикальной трубе, быстро остановится вследствие гравитации.

Поток воды, находящийся в горизонтальном трубопроводе, будет останавливаться постепенно из-за потерь на трение. Это создаст вакуум в вертикальной трубе, что приведет к разделению водяного столба, и вода будет переходить в состояние пара. Когда поток воды в горизонтальном трубопроводе потеряет скорость, вследствие создания вакуума в вертикальной трубе вода начнет всасываться обратно в скважину.

Когда обратный поток воды встретится с уже находящейся в вертикальном трубопроводе водой, произойдет гидравлический удар. Гидравлический удар производит сильный шум и иногда может нанести повреждения установке.

Решение проблемы

Эта проблема может быть решена установкой 50-литрового мембранного бака, в котором вертикальный трубопровод будет соединен с горизонтальным. При остановке насоса вода из бака начнет сливаться, и таким образом будет предотвращено возникновение вакуума. Бак будет наполняться снова, когда вода из горизонтальной трубы потечет в обратном направлении.

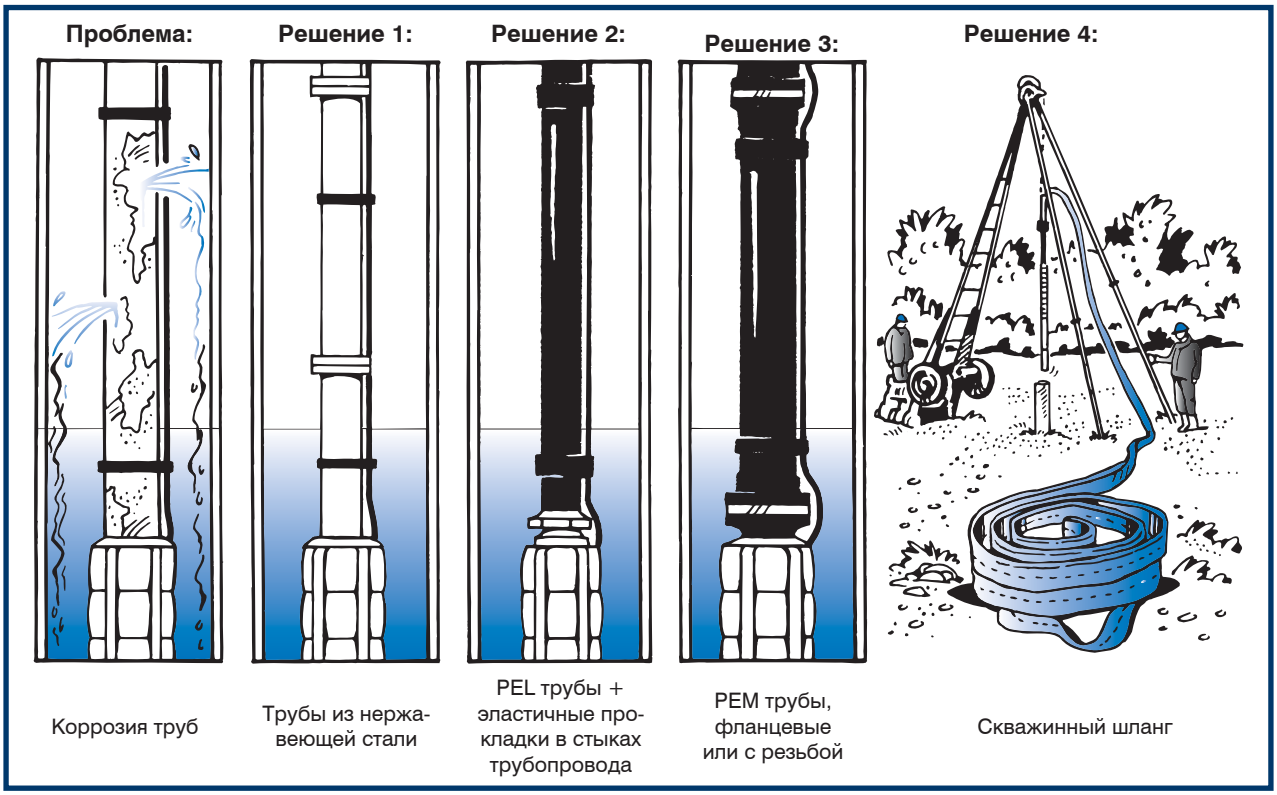


Рис.119 Различные методы предотвращения или уменьшения коррозии труб

Коррозия труб

В некоторых скважинах вода имеет такое плохое качество, что вертикальный трубопровод, находящийся в скважине, может быть подвержен коррозии, независимо от того, имеется ли какое-либо покрытие или он оцинкованный. Вероятнее всего, что основной причиной такой коррозийной агрессии является высокое содержание угольной кислоты в воде.

Решение проблемы

В настоящее время имеется несколько решений настоящей проблемы. Одним из них является использование вертикальной скважинной трубы из нержавеющей стали, которая имеет такую же коррозийную стойкость, как и сам насос. Но лучше всего использовать трубы, сделанные из непроводящих материалов. Для относительно небольших насосов, с диаметром напорной трубы до 50 мм (2''), будет экономичнее и практичнее, с целью предотвращения коррозии, использовать PEL и PEM трубы. Такие типы труб применяются при длине трубопровода до 100 метров. Эти трубы соединяются с насосом и устьем скважины с помощью эластичных прокладок в стыках трубопроводов. Используйте типы с внутренними поддерживающими втулками. Более того, обезопасьте насос с помощью проводов из нейлона или нержавеющей стали. Для больших насосов, с диаметром напорной трубы от 50 мм (2'') до 150 мм (6''), должны применяться шланги из PEM полимера или специальные, типа «Well Master®». На рынке широко представлена соединительная арматура для этих типов шлангов. При использовании пластиковых труб кабель, уходящий в скважину, должен быть на 4% длиннее вертикальной трубы насоса, так как она имеет свойство вытягиваться под нагрузкой.

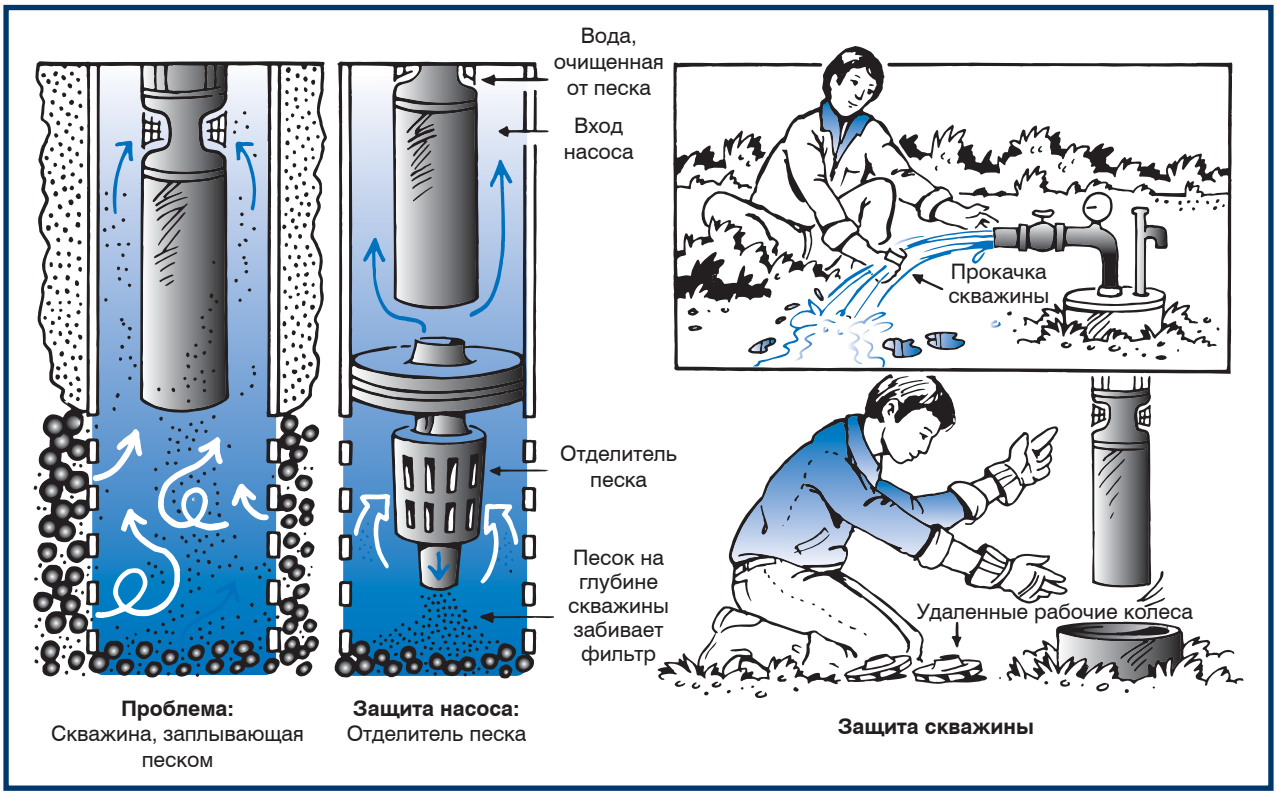


Рис.120 Проблемы с песком и способы их разрешения

Скважины, заплывающие песком

Некоторые скважины снабжены фильтрами, которые не могут препятствовать проникновению песчаных частиц.

Чтобы предотвратить повреждение насоса, ниже него иногда устанавливают отделитель песка.

Отделитель песка работает по принципу циклона, отделяющего песок от воды, где песчаные частицы падают вниз, на дно скважинного фильтра. Это не является оптимальным решением проблемы, так как песок будет забивать фильтр скважины и, следовательно, потребуется регулярная его очистка.

Решение проблемы

Наилучшим решением будет прокачать скважину, используя максимальные рабочие параметры насоса. После того как песчаные частицы будут удалены из фильтра (стакан с водой должен выглядеть кристально чистым), насос необходимо отрегулировать на работу по самым низким параметрам и установить напорный бак двойного объема, чтобы уменьшить максимальную потребную производительность насоса, удалить одно или два рабочих колеса из насоса (или подобрать меньший насос).

Количество песка, проходящего через фильтр, увеличивается пропорционально квадрату расхода воды.

Если песок проник сквозь фильтр, то лучше удалить этот песок из скважины, чем позволить ему осесть на дно.

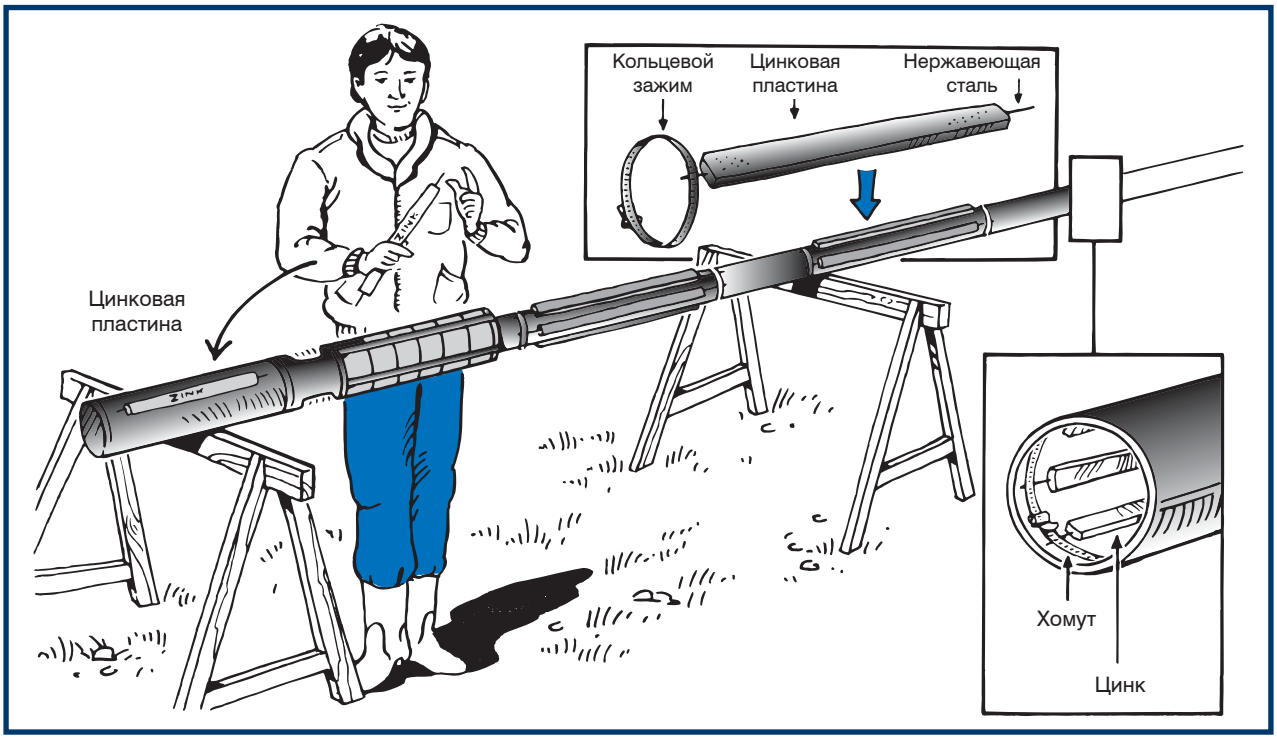


Рис.121 Защита насоса и подающей трубы от коррозии

Коррозия насоса и труб

В определенных скважинах, содержащих горячую или агрессивную воду, таких как геотермальные или шахтные скважины, может возникнуть коррозия как насоса, так и трубы.

Решение проблемы

В таких скважинах должна применяться катодная защита насоса и напорной трубы, путем закрепления цинковых анодных пластин ниже уровня подземных вод на расстоянии друг от друга максимум 3 метра. Цинковая пластина должна быть закреплена таким образом, чтобы между ней и сталью, которую требуется защитить, существовало электрическое соединение. Количество таких пластин определяется агрессивностью перекачиваемой жидкости и площадью поверхности, которой необходима защита. Количество цинка, составляющее 20% чистого веса электродвигателя, насоса и вертикальной трубы, обычно достаточно для продолжительной защиты.

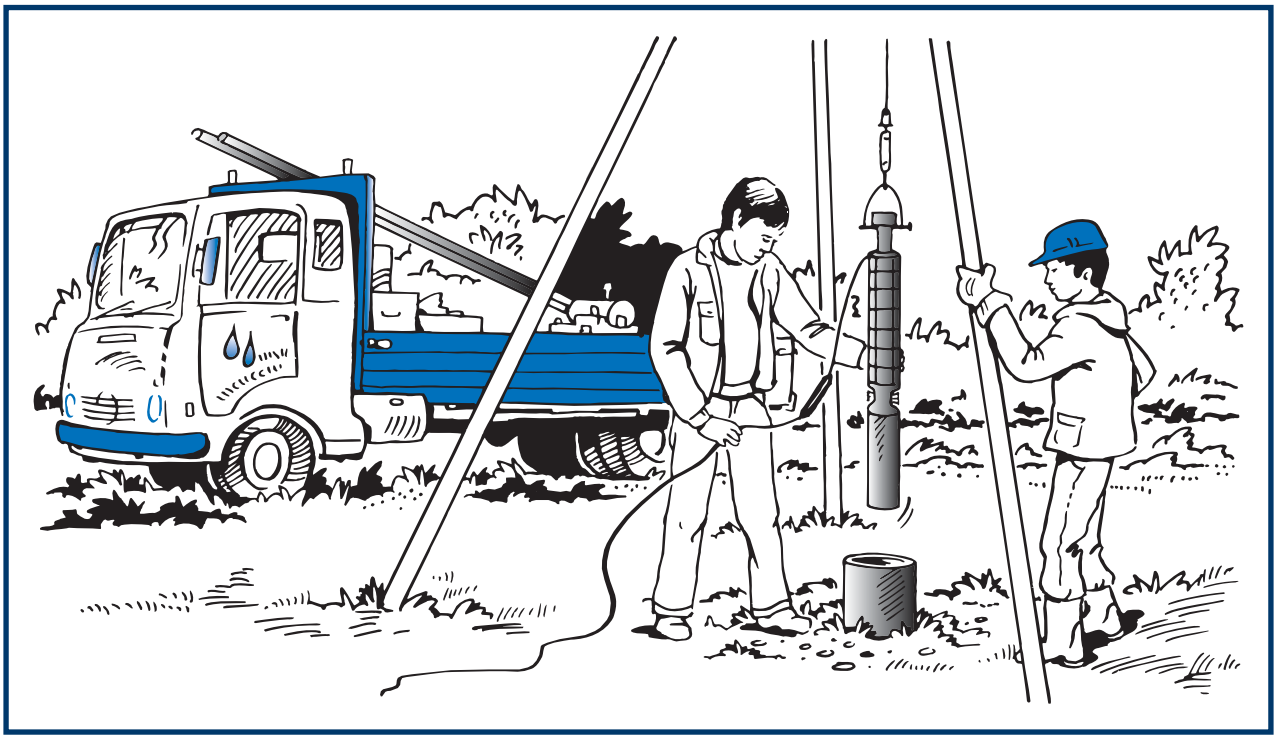


Рис.122 Полное техническое обслуживание скважин

Техническое обслуживание простых систем водоснабжения

В зависимости от характеристик отдельных систем водоснабжения, оптимальные периоды технического обслуживания скважин могут значительно отличаться.

В системах водоснабжения для небольших домов, со средним потреблением воды 1 м^3/день, среднесуточное рабочее время типичного насоса со встроенным электродвигателем мощностью 0,75 кВт будет составлять максимум 1 час, соответственно потребляемая мощность за год будет — 300 кВтч.

При таком потреблении, с точки зрения экономичности, нет смысла в проведении тщательного технического обслуживания, даже если потребляемая мощность удвоится, так как стоимость такого обслуживания намного превысит экономию.

Тщательное техническое обслуживание такой системы имеет смысл проводить только при возникновении следующих проблем:

- повреждение электрических компонентов при ударе молнии
- наличие значительных отложений в системе, блокирующих прохождение воды
- протечка воды сквозь коррозийные дыры
- уменьшение уровня воды в скважине, ограничивающее рабочие параметры насоса

Уменьшение уровня воды с течением времени может быть следствием нескольких факторов. Одной из причин может быть использование большого количества воды из скважины в засушливое время года. Другой причиной может стать образование минеральных отложений и зарастание коркой скважинного или гравийного фильтров.

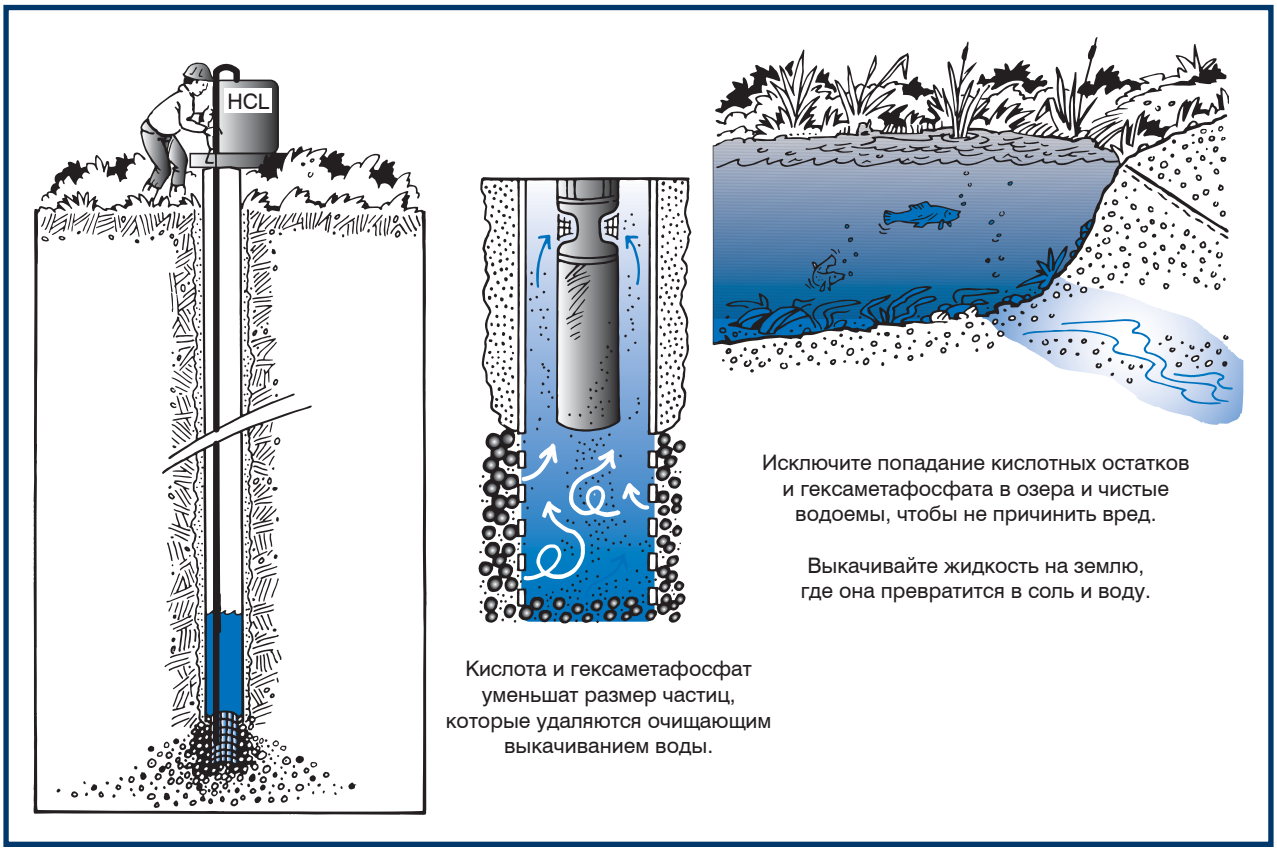


Рис.123 Восстановление скважины

Восстановление скважины

Падение уровня воды в скважине, обусловленное образованием отложений и зарастанием коркой скважинного и гравийного фильтров, может быть устранено путем окисления. С помощью шланга, такой же длины, как и длина скважины, в фильтр заливается соляная кислота (HCl). Количество соляной кислоты должно быть равно или больше объема фильтра. Этот раствор кислоты должен быть оставлен в скважине примерно на четыре часа.

Затем на дно скважины опускается насос и работает в течение часа при максимальных параметрах. Этот процесс повторяется до тех пор, пока характеристики скважины нормализуются. Если после двух или трех повторов скважина не придет в нормальное состояние, необходимо применить гексаметафосфат.

10 кг гексаметафосфата растворяют примерно в 500 литрах воды при температуре 60°C. С помощью шланга раствор заливается в фильтр. Далее в скважину заливается 500 литров воды. Этот раствор оставляют там примерно на 2 часа.

Затем в течение часа скважина очищается выкачиванием жидкости при максимальных параметрах насоса. После этого производительность скважины станет такой, как изначально, или даже выше. Если скважинная труба или фильтр сделаны из стали, то лучше использовать гексаметафосфат.

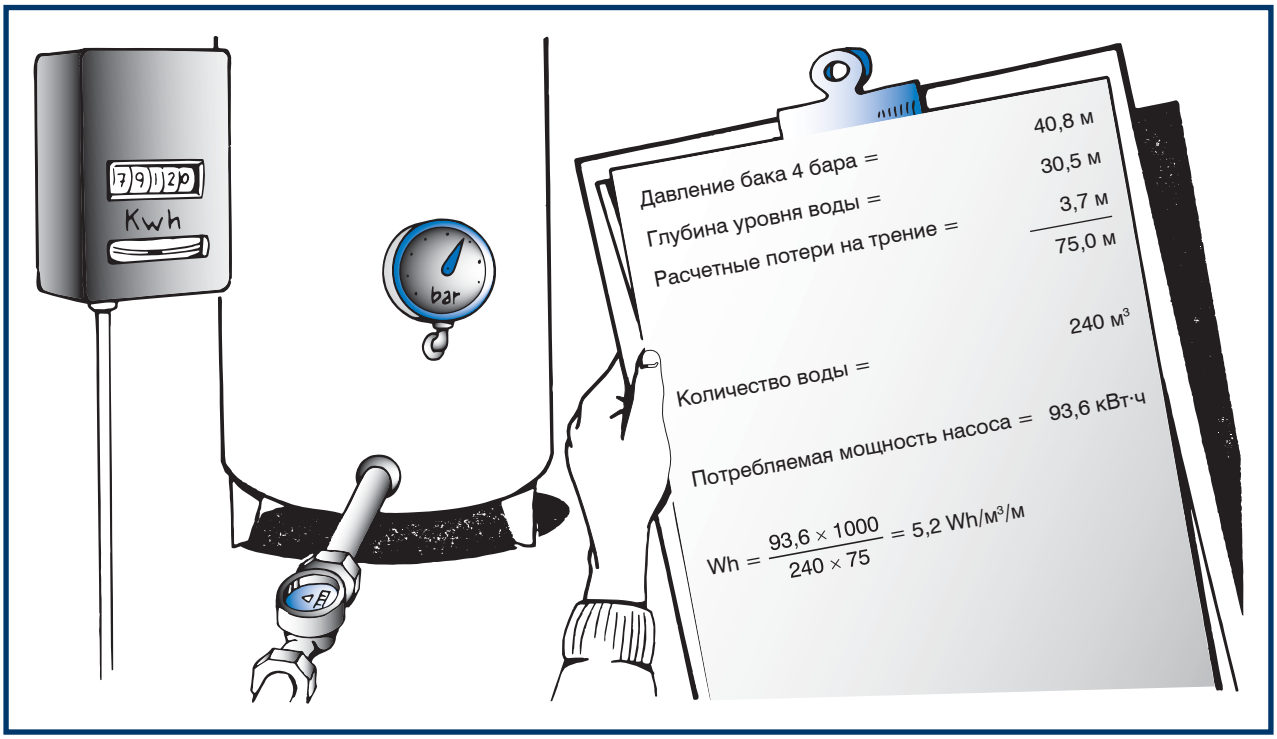


Рис.124 Рабочие параметры системы

Состояние системы

В больших системах водоснабжения, в которых суточное рабочее время перекачивания воды находится в пределах от 4 до 18 часов, должны быть произведены следующие измерения:

- количество перекачиваемой воды
- полный напор
- потребляемая мощность насосов

На базе этих измерений можно установить рабочее состояние станции, называемое потребляемой мощностью в час и измеряемое в ваттах на кубический метр перекачиваемой воды на метр напора от уровня подземных вод до верхней точки водоразбора, включая потери на трение в трубопроводе и преодолеваемое давление.

Фактор времени потребляемой мощности Wh рассчитывается следующим образом:

$$Wh = \frac{\text{Потребление (кВт·ч)} \times 1000}{\text{Перекаченная вода (м}^3\text{)} \times \text{Полный напор (м)}}$$

$$Wh = \frac{93,6 \times 1000}{240 \times 75} = 5,2 \text{ кВт·ч/м}^3\text{/м}$$

Для хорошо работающей системы данный фактор Wh обычно находится в пределах от 5 до 6 кВт·ч/м³/м. Если фильтр скважины забит, то Wh фактор увеличится. То же самое произойдет и в случае забивки труб ржавчиной или илом. Таким образом, Wh фактор показывает состояние системы водоснабжения.

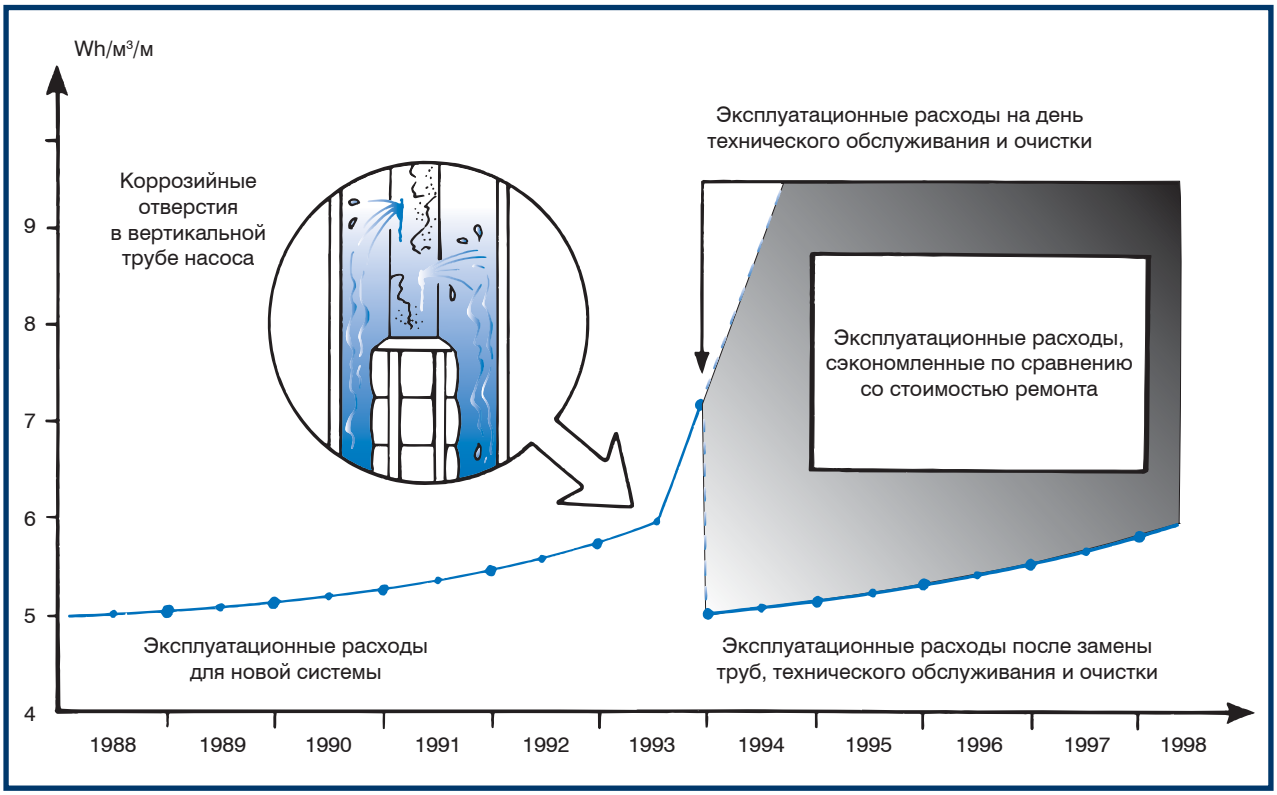


Рис.125 Влияние полного технического обслуживания на эксплуатационные расходы

Периодическая очистка и полное техническое обслуживание

Планирование даты, когда наиболее выгодно производить очистку и техническое обслуживание больших систем, может быть произведено с помощью расчета Wh фактора, т.е. времени потребляемой мощности в ваттах на 1 м³ расхода и на 1 м напора.

Как только новая система отрегулирована и вступает в действие, должны быть определены необходимые рабочие параметры для подсчета Wh фактора на первый месяц работы.

Пример:

Расчет Wh фактора

Первый месяц работы

- 10 800 м³ — объем перекачиваемой сырой воды
- 77 м — полный средний напор
- 4 211 кВт·ч — мощность, потребляемая насосами

$$Wh = \frac{4\,211 \times 1\,000}{10\,800 \times 77} = 5{,}06$$

Как видно из рисунка, этот расчет сделан в начале работы скважины.

Первые два месяца работы

- 20 520 м³ — объем перекачиваемой сырой воды
- 77,5 м — полный средний напор
- 8 055 кВт·ч — мощность, потребляемая насосами

$$Wh = \frac{8\,055 \times 1\,000}{20\,520 \times 77{,}5} = 5{,}065$$

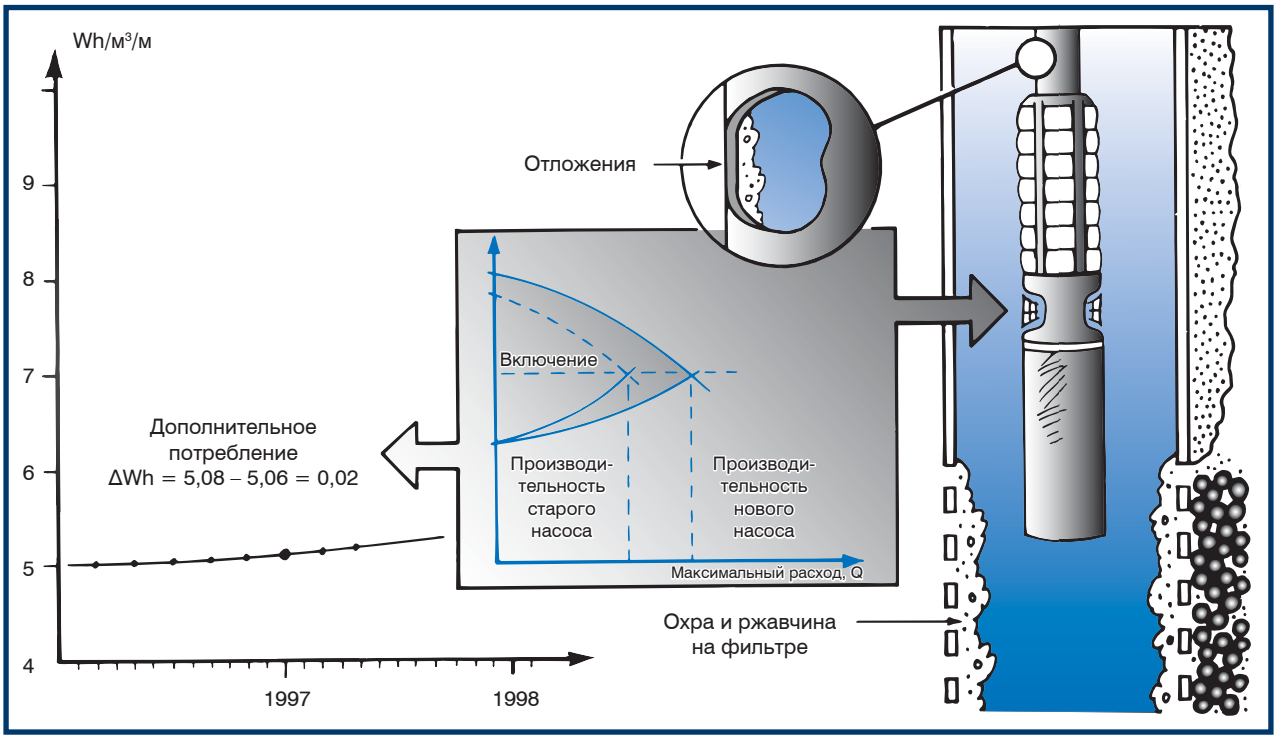


Рис.126 Планирование полного технического обслуживания

Периодическая очистка и полное техническое обслуживание (продолжение)

Первый год работы:

- 168 480 м³ — объем перекачиваемой сырой воды
- 77 м — полный средний напор
- 65 700 кВт·ч — мощность, потребляемая насосами

$$Wh = \frac{65\,700 \times 1\,000}{168\,480 \times 77} = 5{,}08$$

Дополнительное потребление составляет:

ΔWh = 5,08 – 5,06 = 0,02 кВт·ч/м³/м

после одного года работы.

Это дополнительное потребление может возникнуть вследствие:

1. Понижения уровня скважины по причине закупорки фильтра.

2. Износа и поломки насоса, снижающих его КПД.

3. Отложения охры, ила и т. д. в вертикальной трубе и в других трубах с водой, что увеличивает потери на трение в трубопроводе и, следовательно, снижает рабочие характеристики насоса.

4. Того, что вертикальная труба и другие трубы, поврежденные коррозией, приводят к потере воды, и, следовательно, увеличивают время работы насоса.

5. Повышенной сопротивляемости фильтра при установке напорного фильтра.

При перекачивании сырой (холодной) воды дополнительное потребление будет развиваться соответственно параболической кривой $\Delta y = C \times x^2$. Δy — это кВт·ч/м³/м,

C — это постоянный фактор, **x** — это время работы, выраженное в годах. Эта кривая не является абсолютной, так как меняющиеся условия, касающиеся химического состава подземной воды и географического положения скважины, со временем меняют характер отложений. Поэтому Вы должны использовать накопленные рабочие параметры для расчета факторов **Wh** и **C**.

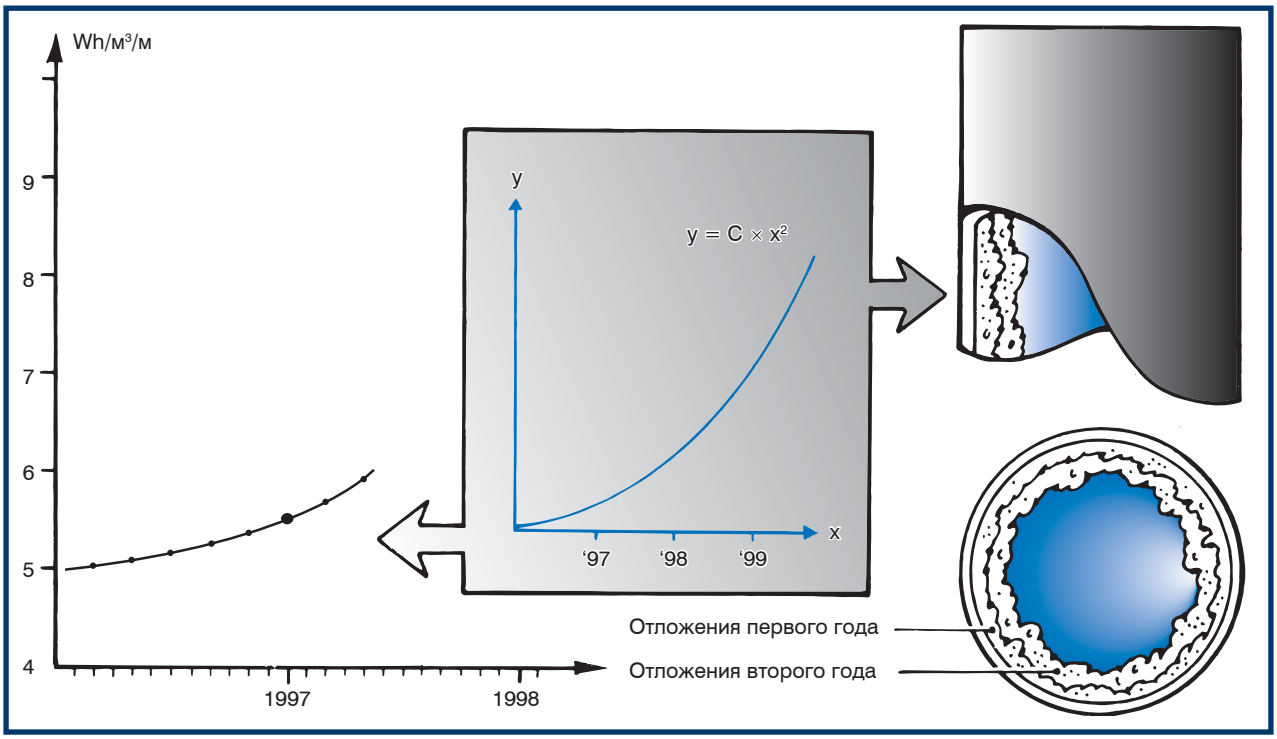


Рис.127 Расчет постоянной

Расчет постоянной (C)

Постоянная **C** рассчитывается следующим образом:

Δy = Wh (после x лет работы) – Wh (новая установка)

В примере выше:

Δy = 5,08 – 5,06 = 0,02

$$C = \frac{\Delta y}{x^2} = \frac{0{,}02}{1^2} = 0{,}02$$

где x — количество лет (в данном примере 1 год)

Диаграмма на следующей странице используется для нахождения характеристики приблизительного дополнительного потребления.
Эта диаграмма показывает, что самой приблизительной кривой дополнительного потребления является кривая для постоянной **C**, равной 0,02.

На диаграмме используются ранее упомянутые параметры, как начальная точка:

Q	= 168 480 м³/год
H	= 77 м
Цена 1 кВт·ч	= 0,15 US$
C	= 0,02

Начинаем с годового объема перекачиваемой воды = 168 480 м³/год, находим точку на горизонтальной оси.

Из этой точки выводим вертикальную прямую до точки фактического напора 77 метров. Поворачиваем влево и следуем по горизонтали, пока не достигнем цены за 1 кВтч электроэнергии. Опуститесь вниз по вертикали до кривой, соответствующей постоянной C = 0,02 (она может быть найдена немного выше кривой для C = 0,025). Из этой точки поверните направо и двигайтесь горизонтально до пересечения с линией, которая соответствует ожидаемой цене обновления.

Как видно из диаграммы, наиболее экономически целесообразная дата полного технического обслуживания скважины зависит от стоимости работ по восстановлению ее первоначальной эффективности.

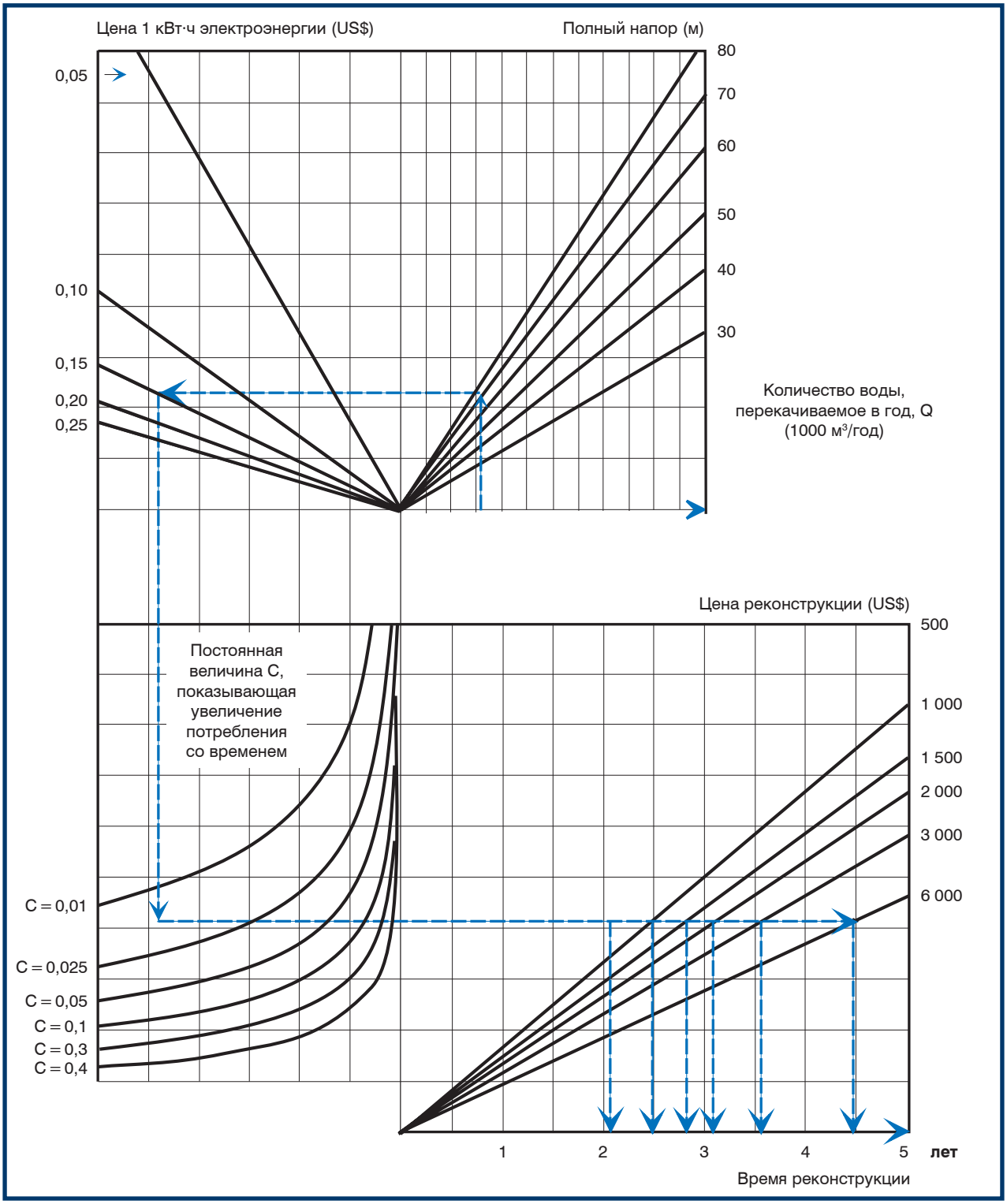


Рис.128 Диаграмма показывает количество лет работы, пока кумулятивная стоимость увеличенного потребления энергии не сравняется со стоимостью реконструкции.
***Замечание:** в диаграмме не учитывается инфляция и проценты на капитал.*

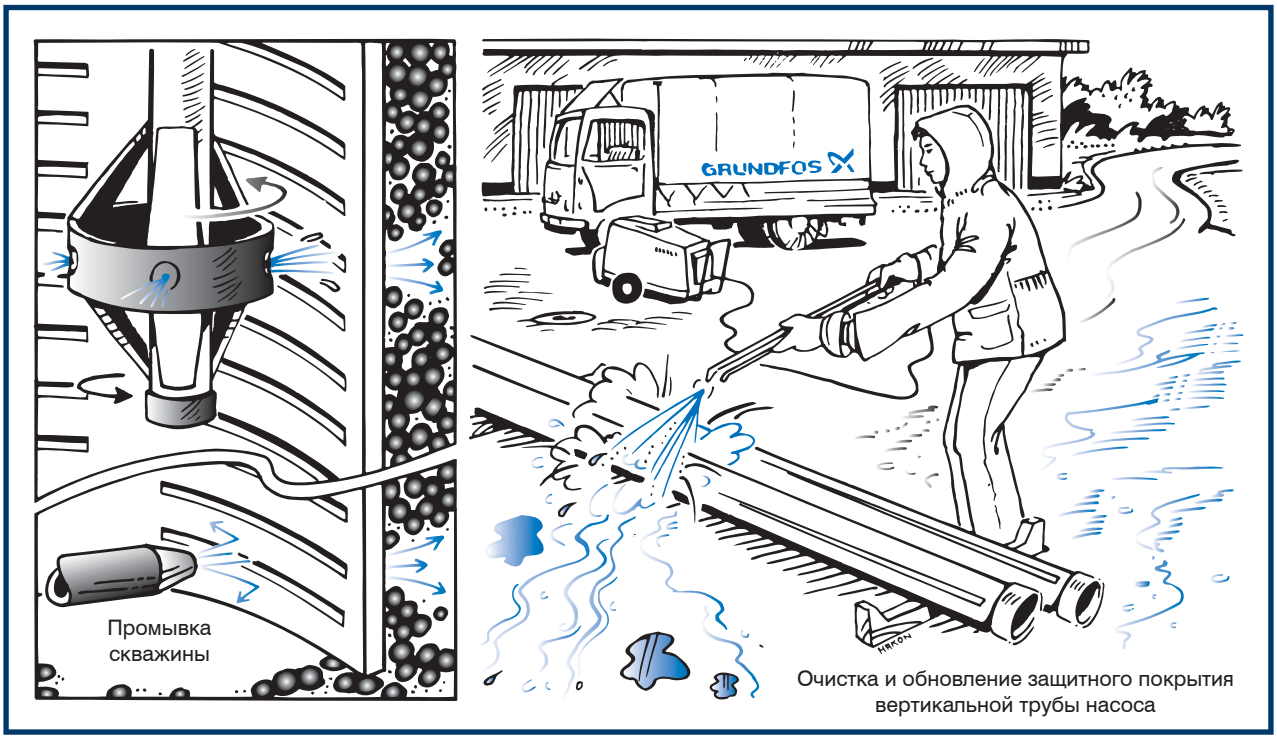


Рис.129 Очистка и промывка установки

Расчет постоянной (C)
(продолжение)

Теперь можно установить причину повышенного дополнительного потребления и одновременно определить, сколько будет стоить восстановление скважины. До даты проведения полного технического обслуживания продолжайте подсчет фактора **Wh** и постоянной **C**, так как они могут радикально измениться, если процесс образования отложений в трубах изменится или вертикальные трубы будут повреждены коррозией.

С новым значением коэффициента **C** можно более точно определить дату восстановления.