



Михаил Дж. Босуэл

Проект руководства по микроорошению

Это издание предназначено для обеспечения точным и информативным мнением относительно данного предмета изучения. Оно распространено с согласия авторов, издатели и дистрибьюторы не имели отношения к передачи инженерных, гидравлических, агрономических или других профессиональных советов.

Первое издание	Май 1984 года
Второе издание	Май 1985 года
Третье издание	Апрель 1986 года
Четвертое издание	Август 1990 года

Издание 1998 года, Торо Австралия

Раздел 1 Введение в микроорошение

Определения и основы

Составные части

- Системы микроорошения
- Эмиттеры
- Невстроенные и встроенные капельницы
- Поливные трубопроводы
- Ответвления от магистрального трубопровода
- Конечные точки промывки
- Узел регулирующих клапанов
- Магистральные трубопроводы
- Воздушные клапаны
- Фильтрация
- Фертигация
- Насос
- Контроллеры

История

Преимущества микроорошения

- Низкая поливная норма
- Равномерность полива водой
- Подача воды
- Контролируемая окружающая среда корневой зоны
- Улучшение борьбы с болезнями
- Местность, вызываемая затруднения
- Проблемные почвы
- Экономное использование воды
- Эффективность внесения химикатов
- Улучшенная устойчивость к солям
- Сохранение энергии
- Повышенный урожай
- Улучшенное качество
- Пониженные трудовые затраты
- Улучшенный контроль над культурой
- Резюме

Раздел 2 Взаимоотношения почвы, растения и воды

Почва

Взаимоотношения воды и почвы

- Контур увлажнения почвы
- Размещение капельницы по отношению к растению
- Опытное определение контура увлажнения

Взаимоотношения растения и воды

Раздел 3 Качество воды

Отбор пробы воды для анализа

Интерпретация анализа качества воды

- Взвешенные частицы
- Минерализация
- pH
- Кальций
- Магний
- Натрий
- Калий
- Железо
- Марганец
- Бикарбонат
- Карбонат
- Хлорид
- Сульфат

Нитрат
Бор
Сульфиды
Интерпретация анализа воды

Раздел 4 Обработка воды

Типы проблем

Наличие микрочастиц
Наличие высокого содержания ила и глины
Рост бактериальной слизи в системе
Рост водорослей в водоснабжении или системе
Виды водорослей
Борьба с водорослями в водохранилищах для ирригационного водоснабжения
Токсичность для рыбы
Дозировка
Борьба с ростом водорослей в системе

Методы физической обработки воды

Отстойники
Центробежные сепараторы песка
Напорные сетчатые фильтры
Дисковые фильтры
Песчано-гравийные фильтры

Методы химической обработки воды

Хлорирование
Гипохлорит кальция
Гипохлорит натрия
Хлорный газ
Впрыскивание хлора
Рекомендуемая концентрация хлора
Как рассчитать количество впрыскиваемого хлора
Газообразная форма Cl_2
Впрыскивание кислоты
Как рассчитать количество впрыскиваемой кислоты

Раздел 5. Внесение удобрений

Введение

Фертигация

Азот
Фосфор
Калий

Питательные микроэлементы

Методы химической инъекции

Насосы с положительным вытеснением
Устройства всасывания Вентури
Дифференциальные уравнительные резервуары
Впрыскивание сухих химических веществ

Раздел 6. Гидравлическая теория капельниц

Характеристики капельниц

Капельницы ламинарного потока
Капельницы турбулентного потока
Капельницы, компенсирующие давление

Теория капельниц ламинарного и турбулентного потока

Теория ламинарного потока
Теория турбулентного потока
Опытное определение X
Оценка качества капельницы
Коэффициент вариации (CV)
Среднее отклонение расхода (QD)
Анализ работы капельниц

Раздел 7. Эффективность и равномерность микроорошения

Коэффициент полезного использования воды при микроорошении и равномерность микроорошения

- Вариация потока
- Равномерность распределения (DU)
- Коэффициент равномерности распределения воды при поливе Кристиансена (CU)
- Равномерность расходов воды капельниц
- Коэффициент режима орошения
- Коэффициент полезного использования воды при поливе (IE)
- Оценки орошения в поле
- Измерение равномерности распределения
- Интерпретация по равномерности распределения

Раздел 8. Проектирование насосных станций

Введение

Центробежные насосы

- Максимальная высота всасывания
- Характеристические кривые
- Полный динамический напор
- Требуемая положительная вакуумметрическая высота всасывания нетто (NPSHR)
- Полезная положительная вакуумметрическая высота всасывания нетто (NPSHA)
- Входная мощность (KW)

Вихревые насосы

- Работа
- Характеристические кривые

Погружные насосы

- Работа

Насосы, приводимые в действие электродвигателем

- Потребление энергии электродвигателем
- Эксплуатационные расходы

Насосы, приводимые в действие дизельным двигателем

- Эффективность передачи
- Поправка характеристик двигателя на температуру и высоту
- Вспомогательное оборудование и паразитные нагрузки
- Коэффициент условий работы
- Расход горючего и эксплуатационные расходы для дизельных двигателей

Насосы, соединенные последовательно и параллельно

- Насосы, соединенные последовательно
- Насосы, соединенные параллельно

Проектирование и установка насосных установок

- Всасывающий водоприемник
- Всасывающий трубопровод
- Насосная станция
- Нагнетательный трубопровод

Раздел. 9 Проектирование системы фильтрации

Системы фильтрации

Схема выбора фильтрации

Песчано-гравийные фильтры

- Классификация песчано-гравийных фильтростанций
- Выбор песка
- Обратная промывка песчано-гравийных фильтров

Раздел. 10 Проектирование систем микроорошения

Гидравлические принципы

- Основы гидравлики
- Давление
- Потери на трение
- Скорость
- Инструмент для проектирования «Юниплот»

Удельный расход (SDR)

- Расчетный допуск

Потеря энергии в фитингах и клапанах

Пример расчета. Капельное орошение

Пример расчёта. Система орошения плодового сада

Раздел 11 Обсуждение других проектов

Колебание давления и скорости потока и гидравлический удар

Выпуск воздуха и снижение вакуума

Проектирование упорных подушек

Определение размера и типа упорных подушек

Направленные вверх удары о фитинги

Закрепление трубопровода на склонах

Закрепление клапанов в трубопроводе

Строительство упорных подушек

Тепловые действия поливинилхлоридные и полиэтиленовые трубы

Оценка давления

Тепловое расширение

Специальные клапаны

Редукционные клапаны

Клапаны, поддерживающие давление

Предохранительные клапаны давления

Раздел 12. Составление графика поливов

Метод водного баланса

Испаритель класса А

Применение показаний испарителя класса А

Определение коэффициента культуры

Определение покрытия листьями

Вычисление ЭТ

Преобразование ЭТ в литры на растение

Расчет продолжительности полива

Тензиометры

Принципы работы

Диапазон измерения

Размещение

Установка

Составление графика поливов

Раздел 13. Работа и техническое обслуживание

Техническое обслуживание

Техническое обслуживание систем фильтрации

Очистка сетчатых/дисковых фильтров

Обратная промывка фильтров со средой

Техническое обслуживание в конце сезона

Мониторинг работы системы

Расходомеры

Точки проверки давления

Запасные фильтры регулирующих клапанов

Профилактический осмотр и промывка ответвлений от магистрального трубопровода и поливных трубопроводов

Промывка ответвлений от магистрального трубопровода и поливных трубопроводов

Типичная программа технического обслуживания для системы микроорошения

Первый запуск в сезоне

Периодический профилактический осмотр (по меньшей мере раз в месяц в течение поливного сезона)

Отключение в конце сезона

Раздел 14. Устранение проблем в системе

Засорение капельниц

Борьба с соленостью

Бактериальное осаждение железа

Бактериальное осаждение серы

Химическое осаждение железа

Аэрация и отстаивание

Осаждение хлора

Контроль (регулирование) pH

Осаждение солей кальция

Токсичность бора

Сульфат меди и хлор для борьбы с водорослями

Повреждение животными распределительных сетей обрабатываемых сельскохозяйственных земель

Повреждение муравьями

Повреждение открытых компонентов в поле

Ультрафиолетовая деградация

Растрескивание, вызванное экологическим стрессом

Раздел 1

Ведение в микроорошение

Определения и основы

Микроорошение – термин, используемый для описания способа орошения, который характеризуется следующими свойствами:

1. Низкая норма полива.
2. Вода подаётся в течение длительного периода времени.
3. Вода подаётся с частыми интервалами.
4. Вода подается непосредственно в корневую зону растения.
5. Вода подаётся через низконапорную систему подачи.

Система микроорошения подает воду к культуре, используя сеть магистральных трубопроводов, ответвлений от магистральных трубопроводов и поливных трубопроводом с точками капельного водовыпуска, расположенными по их длине. Каждая капельница или отверстие равномерно подает небольшое, точно контролируемое количество воды, питательных элементов и другие необходимые для роста вещества непосредственно в корневую зону растения.

Вода и питательные элементы проникают в почву из капельниц, перемещаясь в корневую зону растения благодаря объединению силы тяжести и капиллярного действия. Таким образом, оттоки влаги и питательных элементов пополняются непрерывно, вследствие чего растения никогда не подвергаются стрессу, вызываемому недостатком влаги или питательных элементов. Постоянная водообеспеченность и наличие питательных элементов позволяют растению, не подвергаемому стрессу, достичь оптимального роста и высокого урожая.

Составные части и терминология

Системы микроорошения

Система микроорошения состоит из ряда основных компонентов, каждый из которых является неотъемлемой частью в обеспечении эффективной, рациональной и долгосрочной работы. Ниже приводится описание компонентов и терминологии по системе микроорошения.

Эмиттеры

Эмиттеры являются устройствами, которые эффективно обеспечивают водой растения. Устройства капельного водовыпуска могут иметь много форм и конфигураций, но имеется три основных вида:

Капельницы – капельницы являются устройствами водовыпуска, которые подают воду в определённую точку в виде капель. Имеется широкий ряд различных типов комбинаций эмиттеров, и правильный выбор зависит от применения и связи с конечным пользователем.

Капельницы делятся преимущественно на три основных типа:

- **Капельницы ламинарного потока.** Эти эмиттеры имеют долгий, узкий, прямой путь потока, который обеспечивает низкий расход воды вследствие небольших проходов в капельном водовыпуске. Примерами их являются капельницы «Ки-клик», которые некоторые фермеры всё ещё имеют тенденцию применять из-за легкости проверки и работы.

- **Капельницы турбулентного потока.** Эти эмиттеры состоят из небольшого пути извилистого потока (выглядит как лабиринт) и обеспечивают низкий расход. Обычно они имеют меньшую изменчивость потока, когда давление изменяется, и, следовательно, обеспечивают более равномерный расход, чем капельницы ламинарного потока. Так как вода непрерывно изменяет направление когда она перемещается по лабиринту, поток турбулентный, как предполагает название. Это обеспечивает для капельниц меньшую возможность засоряться, так как мусору, который может вызвать засорение, относительно трудно проникать в капельницу.

- **Капельницы, компенсирующие давление.** Эти эмиттеры имеют гибкую мембрану, встроенную внутри их, которая позволяет им обеспечивать постоянный расход в широком диапазоне давления. Так как они имеют небольшую изменчивость потока в широком диапазоне давления, где необходимы длинные трубопроводы системы капельного орошения, или там, где имеется чрезмерная неровность поверхности местности, которая влияет на давление в трубопроводе системы капельного орошения.

Невстроенные и встроенные капельницы.

Имеется также две разновидности капельниц – невстроенные и встроенные. Невстроенные капельницы представляет собой отдельный компонент и устанавливается на полиэтиленовом трубопроводе в требуемых местах.

Разновидность «встроенная капельница» – это когда капельница вставляется в полиэтиленовый трубопровод в процессе изготовления с заранее установленным шагом. Трубопровод со встроенной капельницей может иметь стенку незначительной толщины (обычно называется лентой) для полива промышленных культур с коротким вегетационным периодом, т.е. овощей, и убирается после каждого

сбора урожая или более толстую стенку (называется поливным трубопроводом системы капельного орошения) для полива более долговременных культур, т.е. винограда.

Распылительные насадки – Распылительные насадки – это статические наконечники, состоящие из отверстия и разбрызгивающей пластины. Они могут представлять собой конструкцию из одной или двух частей и обычно имеют ряд характеров распыления. Обычно они снабжены опорой, закрепляющей их в землю, и распылителя, которые устанавливаются под кроной деревьев.

Минидождеватели – Минидождеватели отличаются от распылительных насадок тем, что они содержат перемещающиеся части, которые образуют более длинный бросок, и конфигурация полива которых представляет собой полный увлажнённый круг. Они обычно состоят из отверстия и центробежного разбрасывателя, размещенного в корпусе. Обычно они снабжаются опорой, закрепляющей их в земле, и распылителя, разбрызгивающего под кроной деревьев.



Капельный полив пропашных культур



Щелчковые распылители на деревьях



Капельные эмиттеры на деревьях



Минидождеватели на деревьях

Рисунок 1-1. Капельные водовыпуски, используемые в системах микроорошения

Поливные трубопроводы

Поливные трубопроводы – это система трубопроводов, которая питает ряд эмиттеров. Система поливных трубопроводов расположена по ряду культуры. Она может быть проложена на поверхности, быть закрытой или подвешенной над культурой. Наиболее распространённым материалом для системы поливных трубопроводов является полиэтиленовая труба низкой плотности, которая гибкая, лёгкая в применении и долговечная в использовании в полевых условиях.

Ответвления от магистрального трубопровода

Ответвления от магистрального трубопровода – это система трубопроводов, которая питает ряд поливных трубопроводов. Ответвления от магистрального трубопровода, как правило, пересекают ряды. Система трубопроводов обычно изготавливается из непластифицированного поливинилхлорида или полиэтилена средней или высокой плотности. Поливные трубопроводы соединяют с ответвлением от магистрального трубопровода, используя водоводы с прокладками для уплотнения стыков трубопроводов или снабжённые резьбой фитинги.

Конечные точки промывки

В конце поливных трубопроводов и ответвлений от магистрального трубопровода находятся конечные точки промывки. Они состоят либо из клапана (ответвление от магистрального трубопровода), либо из крана/стопорного кольца (поливной трубопровод) и используется для промывки осадков и какого-либо накопившегося мусора в системе. Они крайне необходимы для обеспечения регулярной очистки системы.

Узел регулирующих клапанов

Узел регулирующих клапанов управляет блоком эмиттеров. Он размещен в ответвлении от магистрального трубопровода и служит устройством с двухпозиционным клапаном для блока. Узел регулирующих клапанов обычно состоит из двухпозиционного клапана, устройства регулирования расхода или давления, чтобы поддерживать постоянное давление, точки отбора давления для проверки по-

левого давления, воздушного/редукционного клапана вакуума и иногда фильтра, применяемого в качестве запасного для основной системы фильтрации. Регулирующие клапаны могут приводиться в действие вручную или автоматически (с помощью электрического соленоида или гидравлического сигнала).

Магистральные трубопроводы

Магистральный трубопровод – система трубопроводов, которая питает регулирующий клапаны от насоса/водоснабжения. Система трубопроводов обычно изготавливается из непластифицированного поливинилхлорида или полиэтилена высокой плотности.

Воздушные клапаны

Воздушные клапаны обычно устанавливаются на магистральном трубопроводе, чтобы дать возможность захваченному воздуху выйти из системы трубопроводов. Захваченный воздух может вызывать значительные проблемы в трубах, усиливая гидравлический удар, вызывая избыточный вакуум, когда трубопроводная сеть пустая, и снижая пропускную способность системы трубопроводов. Воздушные клапаны следует устанавливать в высоких точках трубопроводной системы или по крайней мере через каждые 500 м магистрального трубопровода.

Фильтрация

Главным компонентом системы микроорошения является система фильтрации, которая определяется как удаление органических или неорганических частиц из системы. Существует ряд различных типов фильтров:

- **Сетчатые фильтры.** Фильтры имеют сито с мелкими отверстиями, через которые проходит вода, улавливая всякие загрязняющие вещества. Отличны для удаления неорганического вещества, т.е. ила/песка и т.д. Обычно применяются для фильтрации минидождевателей и распылительных насадок.

- **Дисковые фильтры.** Фильтры, содержащие ряд дисков с пазами, вставленных слоями вместе. Вода проходит через диски, улавливая какие-либо большие частицы. Вода просачивается снаружи во внутреннюю часть дисков и очищается при разделении и промывке дисков. Хороши для удаления неорганических веществ и некоторых примесей органического вещества.

- **Песчано-гравийный фильтр.** Резервуары с фильтром, содержащие слой песка или гравия (крупного песка), через который проходит вода. Частицы задерживаются в слое песчаной среды. Песчано-гравийные фильтры обычно состоят из двух или более отдельных резервуаров, что позволяет промывать песок обратным потоком чистой воды. Чтобы очистить резервуары с песчаной средой, направление потока воды через резервуар изменяют на противоположное, флюидизируя (приводя в состояние суспензии) слой среды и выпуская какие-либо уловленные частицы. Песчано-гравийные фильтры отличны для удаления органического вещества, т.е. водорослей. Они обеспечивают более высокий уровень защиты системы микроорошения от засорения.

- **Центробежные песчаные сепараторы.** Применяются для удаления песка и осадка.

Фертигация

Поскольку системы микроорошения подают воду прямо к растениям, это значит, что они также могут эффективно вносить растворимые удобрения. Есть различные способы внесения удобрений посредством оросительной системы:

Инжекторы Вентури. Устройство Вентури устанавливается параллельно магистральному трубопроводу. Вода проходит через трубку Вентури (диффузор и скорость потока воды вызывает всасывание, образующееся при сужении). Инжектор Вентури требует разности давлений в магистральном трубопроводе около 20 %, чтобы работать эффективно, он должен быть установлен поперёк клапана магистрального трубопровода или последовательно с бустерным насосом.

Насос с положительным вытеснением. Мембранный насос, который впрыскивает химические вещества в магистральные трубопроводы. Это насосы, обычно приводимые в действие от сети, и имеют ряд размеров для изменения впрыскиваемых количеств. Количество впрыскиваемого химического вещества можно устанавливать на насосе.

Насос

Насос используется для подачи воды от точки водоснабжения в систему. Имеется много различных типов насосов, которые могут использоваться в системах капельного орошения и выбираемый тип зависит от водоснабжения и наличия энергии.

Контроллеры

Контроллеры подачи воды при орошении управляют системой микроорошения. Имеется огромный ряд различных типов, которые выполняют различные функции, но они в основном состоят из часов и ряда всходов, называемых станциями. Станции включают регулирующие клапаны на поле и могут быть запрограммированы контроллером, чтобы работать, когда потребуется. Некоторые контроллеры могут также регулировать фильтрацию и фертигацию системы микроорошения. Контроллеры

могут также основываться на расходе, когда применяются вместе с расходомером, для того чтобы подавать точное количество воды в систему. Контроллеры приводятся в действие электричеством, а регулирующие клапаны соленоидами, которые при включении тока открывают клапаны.

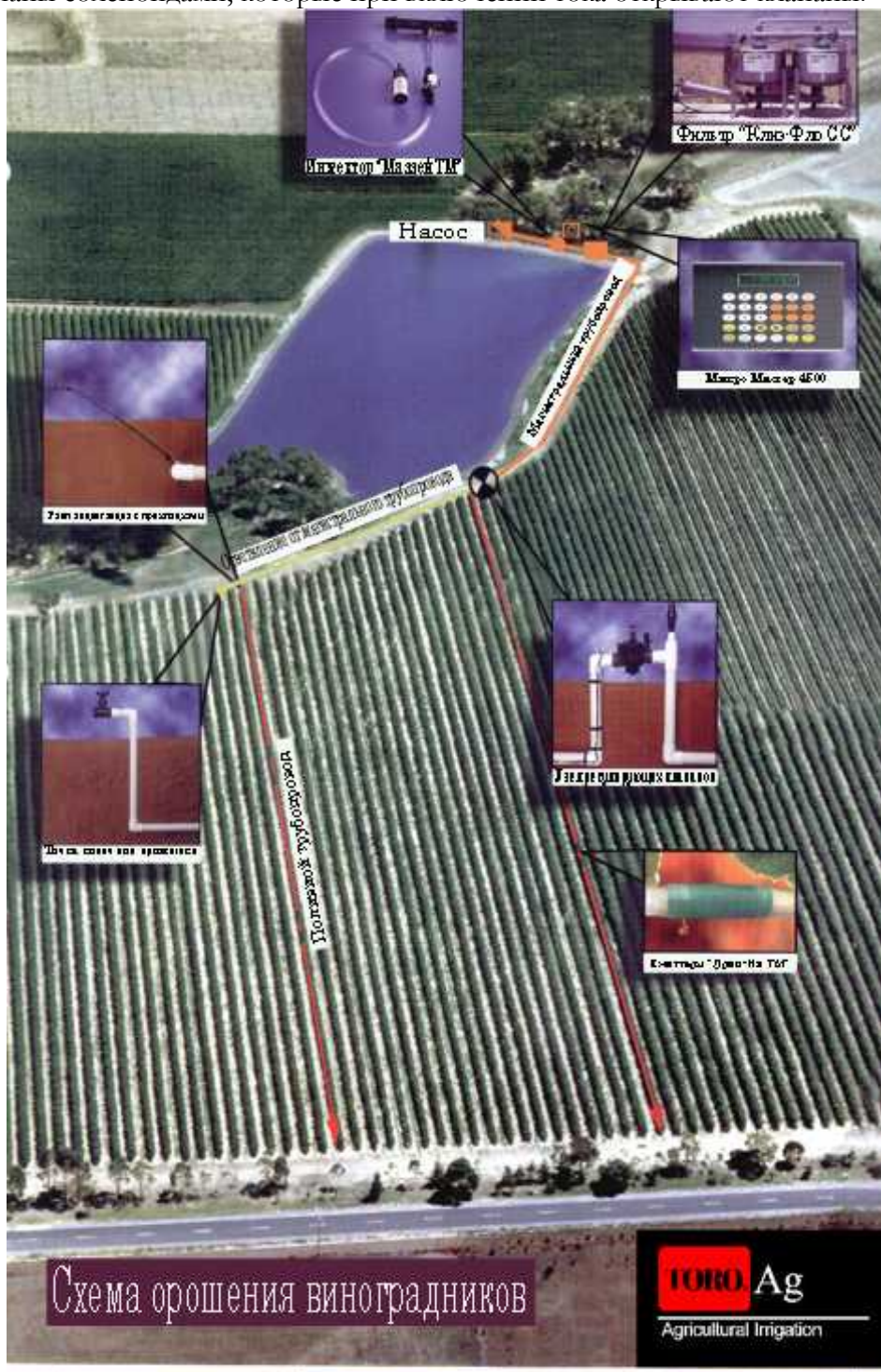


Рис. 1-2 Схема типичной системы микроорошения
История

Микроорошение, хотя и простое по своей идее, до самого последнего времени не находило широкого применения, вследствие недостатка подходящих и экономных материалов. Начиная с середины XVIII века различные исследователи проводили опыты со многими видами поверхностного и подпочвенного орошения. Раньше попытки применения непродуманной системы подпочвенного орошения были сделаны в 1860 г. немецкими исследователями, которые просто качали поливную воду в существующие подземные осушительные (дренажные) системы. В 20-30 годы XIX века рядом исследователей применялись различные типы пористых труб: в университете штата Мичиган профессор О.Е. Роби проводил опыты с трубой для капельного орошения, сделанной из пористого брезента. Как это часто случается, решающий шаг вперед был сделан в области материаловедения, когда в британской лаборатории в 1935 году был случайно произведен полиэтилен.

Полиэтилен, или ПЭ, получают подвергая нагреву и давлению мономерный этилен, компонент природного газа или других ископаемых горючих. В начальные годы разработок была известна только форма полиэтилена низкой плотности. Было установлено, что полиэтилен низкой плотности [2]

(ПЭНП), изготавливаемый при относительно высоких давлениях (до 350 000 кПа), обладает превосходной устойчивостью к большинству химических веществ и чрезвычайными электроизоляционными свойствами; и он широко применялся во время второй мировой войны в радиолокационных установках. Открытие в 1948 году полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), получаемого при низком давлении (2000 кПа), расширило сферу применения полиэтилена.

В 1977 году полиэтиленовая промышленность произвела значительный прорыв в разработке процесса производства полиэтилена низкой плотности под низким давлением, который снизил стоимость и повысил качество полиэтиленовых смол. Уровень разработки пластмасс продолжает прогрессировать: недавно был разработан линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП), который обладает значительно улучшенными прочностью и сопротивлением к растрескиванию при применении нагрузок.

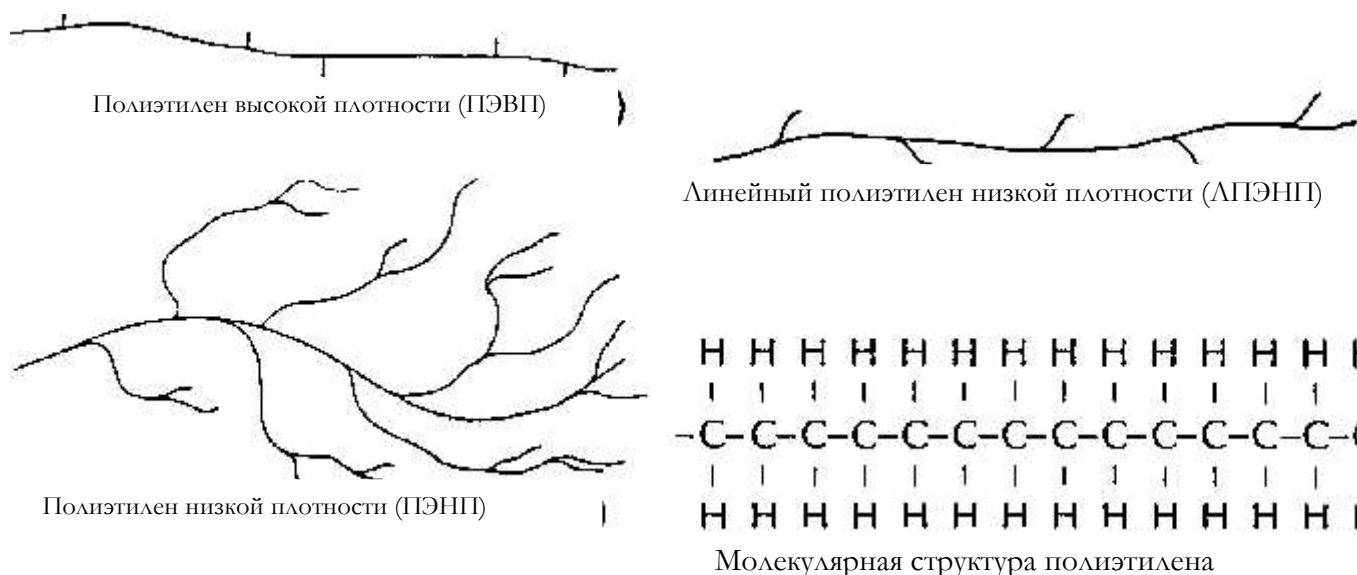


Рисунок 1-3. Полиэтилен

Полиэтилен – удивительно упругий и гибкий материал с широким диапазоном физических свойств, в зависимости от размера и расположения молекул этилена. Рисунок 1-3 иллюстрирует молекулярную структуру молекулы полиэтилена и показывает различия между полиэтиленом высокой плотности, низкой плотности и линейным полиэтиленом низкой плотности. В настоящее время изготовители полиэтилена производят полиэтиленовые смолы, которые специально приспособливают для применения изготовителями плёнки (для мешков, обшивки пластмассой), формовщиками изделий, получаемых с помощью литья под давлением (для эмиттеров, игрушек, и т.д.), и изготовителями выпрессованных изделий (например, полиэтиленового трубопровода «Aquatraxx»). Когда к чистой пластмассе добавляют соответствующие добавки, в том числе антиоксиданты, стабилизаторы и сажу, надежное и экономически выгодное изделие для микроорошения становится реальностью.

Широкомасштабное промышленное применение микроорошения началось в конце 60-х и в начале 70-х гг XIX века. Понятно, интерес к микроорошению был весьма острым в Австралии, Южной Калифорнии и Средней Азии, районах, которые традиционно страдают от недостатка поливной воды. Фермеры быстро обнаружили, что во многих случаях они могут значительно повысить урожай, одновременно снижая расход воды на 25-50%. К этим преимуществам вскоре присоединились и ещё многие другие.

Преимущества микроорошения

Какие выгоды от микроорошения? Почему многие фермеры в мире переходят от своих современных систем к системам микроорошения? Каковы преимущества, которые оправдали капиталовложения, сделанные агропредприятиями по всему миру? Перечень преимуществ действительно длинный. Некоторые из этих выгод следующие:

Низкая поливная норма

Поистине отличительной особенностью микроорошения является очень низкая поливная норма. Многие системы микроорошения предназначены для обеспечения потребности отдельного растения в воде путём полива в течение 6 часов или более в сутки. По сравнению с системой дождевания большой нормой или системой орошения по бороздам, которые могут удовлетворять недельную потребность в воде за 1 час, это действительно низкая поливная норма. Низкая поливная норма – это часто значит менее дорогая система орошения и более эффективное использование насосов, фильтров и

трубопроводов, потому что эти компоненты системы могут быть калиброваны для меньших поливных норм и использоваться в течение более длительных периодов времени. Вкратце, меньшая поливная норма – это часто значит более низкие капитальные затраты и более низкие эксплуатационные расходы.

Равномерность полива водой

Другим очень желательным свойством микроорошения является превосходная равномерность полива водой, которая достигается. Равномерный полив водой означает, что все растения получают одинаковое количество воды. В оросительных системах, имеющих плохую равномерность, надо проводить избыточный полив, чтобы те растения, которые получают наименьшее количество воды, получили её достаточно, чтобы расти как следует. Поэтому хорошая равномерность приводит к более эффективному орошению. Чрезвычайно хорошая равномерность, ставшая возможной благодаря системам микроорошения, дает экономию воды, энергии и удобрений. Равномерный непрерывный полив даёт в результате также лучшие, более равномерные урожаи, потому что каждому растению даётся точно столько воды и питательных элементов, сколько оно требует для оптимального роста.

Подача воды

Главным преимуществом микроорошения является то, что вода и питательные элементы подаются вручную, практически прямо к корням растения. Это означает, что дороги и междурядья могут оставаться сухими, и имеет основные преимущества в уборке и других полевых операциях, которые могут затрудняться влажной почвой. Это означает также, что повреждение и потери почвы, вызванные эрозией, можно снизить или исключить.

Контролируемая окружающая среда корневой зоны

Одним из наиболее важных аспектов микроорошения является то, что во многих случаях создается полностью новая и более благоприятная окружающая среда корневой зоны, в которой поддерживается относительно постоянная влажность почвы. Этот факт имеет важное значение для пользователей систем микроорошения, потому что он касается вопросов потребностей растения в воде, солеустойчивости и борьбы с болезнями.

Улучшение борьбы с болезнями

Хотя это трудно определить количественно, из ряда сообщений следует, что при режиме микроорошения борьба болезнями усиливается, так как влажность почвы и уровни химических добавок можно тщательно контролировать и легко регулировать частоту и сроки внесения химических веществ. Кроме того, распределение существующих болезнетворных организмов при перемещении воды гораздо менее вероятно, так как сток воды с поверхности исключается.

Местность, вызывающая затруднения

Микроорошение сделало обширные площади ранее неиспользованной земли полезными для сельского хозяйства. Достигнутые высокие эффективности сделали возможным водоснабжение больших площадей земли, чем когда-либо прежде. В дополнение к этому, сконструированные надлежащим образом системы микроорошения могут преодолевать трудные условия почвы и местности. Неровная или со скатом местность создает гораздо меньше проблем для системы микроорошения, чем для традиционных систем. Дорогое «лазерное выравнивание», часто необходимое для систем орошения по бороздам или затоплением, излишнее при микроорошении. В некоторых районах системы микроорошения устанавливают на очень крутых склонах, которые бы было трудно или невозможно орошать другими способами.

Проблемные почвы

Системы микроорошения часто идеально приспособлены к «проблемным» почвам. Низкая поливная норма, которую обеспечивают системы микроорошения, идеальна для плотных глинистых почв с низкими скоростями инфильтрации, так как вода может проникать в почву достаточно медленно, впитываясь в неё без поверхностного стока. С другой стороны очень песчаные почвы часто не могут накапливать большие количества воды, и при традиционных системах орошения много оросительной воды теряется на то, чтобы проникнуть глубоко. Микроорошение идеально для этих почв вследствие их способности часто обеспечивать культуру небольшими количествами воды.

Экономное использование воды

Как отмечалось ранее, системы микроорошения обычно достигают гораздо более высокой эффективности, чем традиционные системы микроорошения или дождевания. Эта высокая эффективность является частично результатом исключения потерь воды при переносе, таких как испарение или просачивание из каналов и водоёмов, а также снижения таких потерь на сельскохозяйственных угодьях, как сток, глубокое просачивание, и потерь при испарении с листьев и почвы.

Другим водосберегающим свойством систем микроорошения является способность приспособливать подачу воды и расход подаваемой воды к меняющимся потребностям растущей культуры. Потребности растения в воде и размер его корневой зоны зависят от зрелости культуры и поэтому как желаемое поступление воды, так и изменение количества поливной воды может быть изменено с течением времени. В молодых садах или в случае недавно посаженных пропашных культур системы микро-14

орошения могут обеспечивать желаемый объем воды или питательных элементов, где они необходимы, и, таким образом могут орошать культуры гораздо меньшим количеством воды, чем это возможно при поверхностном орошении или дождевании.

Эффективность внесения химикатов

Система микроорошения является эффективным средством внесения удобрения и других химических веществ в корневую зону, где они необходимы. Способность вносить удобрения часто и непосредственно под культуру способствует эффективному вегетативному росту. Улучшенный контроль внесения удобрения и его сроков дает в результате большую эффективность удобрения и меньше удобрения теряется при вымывании, росте сорняков и водосточе. Этой улучшенной эффективности можно достичь при внесении других химических веществ с помощью системы микроорошения.

Улучшенная устойчивость к солям

Растущие растения извлекают воду и отборные питательные элементы из почвы. Так как почва между поливами высыхает, оставшаяся вода в почве постепенно становится более солёной. Эта увеличивающаяся концентрация соли всё больше затрудняет поглощение растением воды из почвы.

Микроорошение снижает чувствительность большинства культур к условиям солёной почвенной воды благодаря поддержанию высоких уровней влажности в корневой зоне. Частый полив водой непрерывно пополняет влагу, вынесенную растением, и выносит соли из растения к краям корневой зоны. Эти соли осаждаются из воды на краю увлажнённого периметра. Этот процесс называется микровыносом, предупреждает вредное сочетание высокой засоленности почвы и её культуры при системах микроорошения более устойчивы к солёной воде и почвенным условиям.

Сохранение энергии

Если сравнивать с дождеванием, орошением по бороздам или затоплением, то одним из главных преимуществ микроорошения является потенциальная возможность экономии энергии при накачивании. По сравнению с системой дождевания, рабочее давление системы микроорошения значительно ниже, снижает потребности в напоре накачивания и таким образом экономит энергию накачивания. По сравнению с дождеванием, орошением по бороздам и затоплением, система микроорошения более эффективна, благодаря тому, что необходимо накачивать меньше воды и, следовательно, потребляется меньше энергии.

Повышенный урожай

При традиционных способах орошения растения извлекают воду из почвы от полевой влагоёмкости до влажности устойчивого завядания. Во время этого перехода влажности почвы растению становится всё труднее извлекать воду из почвы, и поэтому норма (безвозвратного) водопотребления снижается. Так как недостаток влаги увеличивается, физиологические изменения в растении вызывают снижение темпа роста и снижение потенциального урожая.

В идеальном случае система орошения поддерживает уровень влажности почвы немного ниже полевой влагоёмкости, чтобы достичь максимальных урожаев. Система микроорошения, с её регулируемым применением воды, делает это возможным. У большинства культур наблюдается значительное увеличение роста и урожая, когда влажность почвы поддерживается на оптимальном уровне. Во многих случаях более благоприятные условия роста, возможные благодаря системе микроорошения, способствуют вступлению плодовых или ореховых деревьев в плодоношение на год раньше, чем при традиционных способах орошения.

Улучшенное качество

Качество культуры при микроорошении улучшается во многом по тем же причинам, что и урожай. Медленное регулярное, равномерное применение воды и питательных элементов приводит к равномерному росту и созреванию, формированию более равномерного урожая более устойчивого качества. Кроме того, исключаются повреждение и потери вследствие контакта плодов или листьев с водой, как и повреждение и потери, вызываемые болезнетворными организмами, которые распространены или встречаются при традиционных системах орошения.

Пониженные трудовые затраты

Одним из преимуществ системы микроорошения является экономия рабочей силы, по сравнению с другими способами орошения. Потребности в рабочей силе для микроорошения низкие, так как низкие поливные нормы позволяют поливать большие площади за один раз и потому, что эти системы пригодны для автоматизации. Кроме прямой экономии труда часто имеется непрямая экономия труда благодаря уменьшенному количеству культиваций, исключению внесения удобрений как отдельной операции и меньшему количеству циклов уборки вследствие более равномерного созревания.

Улучшенный контроль над культурой

Главное преимущество микроорошения – контроль, который осуществляет фермер над культурой. Фермер может применять воду или воздерживаться от неё в соответствии с погодными условиями; он может применять больше или меньше удобрений, чтобы ускорить или задержать рост; он может составить график поливов и полевых операций, чтобы избежать конфликтов; он может быстро

вносить выбранные питательные элементы или пестициды в ответ на непосредственные потребности культуры.

Резюме

Фактически все основные ресурсы, необходимые для современного сельского хозяйства, сегодня становятся недостаточными. Наши природные ресурсы, включая сельскохозяйственные угодья, плодородную почву и пресную воду, продолжают истощаться под сильным давлением населения людей. Другие ресурсы такие, как топливо, рабочая сила, сельскохозяйственные химикаты и удобрения, становятся всё дороже. Системы микроорошения, надлежащим образом сконструированные и работающие, помогают защищать и сохранять эти ценные ресурсы, дают лучше урожаи при применении меньшего количества воды, энергии, рабочей силы и удобрения.

Сотни тысяч акров сельскохозяйственного угодья теряются ежегодно под действием снижения уровня грунтовых вод, эрозии, засоленности почв и общего плохого управления орошением. В процессе этого наносится серьёзный ущерб природным ресурсам и экологическим системам. Системы микроорошения сохраняют воду, исключают эрозию почвы, вносят в почву меньше соли и снижают вредные действия засоленности на культуру. Системы микроорошения улучшают управление орошением, упрощая и объединяя операции, а также обеспечивая окружающую среду, способствующую технологии и автоматизации.

В заключение следует отметить, что микроорошение гораздо больше, чем просто способ полива водой. Это система общей поддержки культуры, которая вознаграждает хорошую конструкцию и тщательный уход высоким урожаем, пониженными расходами и высшим качеством. Это эффективная система, которая может оптимизировать и сохранять ценные натуральные ресурсы. Это экологически безопасная система, которая снижает загрязнение, благоприятствует окружающей среде и помогает сделать мир лучше.

Раздел 2

**Взаимоотношения почвы,
растения и влаги**

Почва

Почва – это кладовая питательных элементов растений и среда, по которой перемещаются вода и питательные элементы. Это среда, в которой растения укореняются, и резервуар воды для роста растений. Характеристики почв широко варьируют в зависимости от их физических свойств, часто определяя тип культуры, которую можно выращивать, а также тип системы орошения, которая подходит. Системы микроорошения часто зависят от почвы, по которой перемещаются и накапливаются вода и питательные элементы. Поэтому для целей проектирования орошения важно надлежащее понимание свойств почвы.

Текстура объясняется соответственным соотношением различных размеров минеральных частиц (песков, пыли и глин), составляющих почву. Текстура почвы определяется при первом прохождении образца почвы через сито с 2-миллиметровыми отверстиями для удаления какого-либо органического вещества. Затем образец тщательно классифицируется по размеру частиц, для того чтобы определить процент содержания песка, пыли и глины. Текстура почвы играет главную роль в процессах, которые управляют перемещением воды, водоудерживающей способностью и наличием питательных элементов.

Разделение песка, пыли и глины можно осуществлять, тщательно встряхивая образец почвы в высоком цилиндре воды, давая возможность различным размерам оседать. Песок оседает через минуту или меньше, пыль оседает через 2-3 часа; глина оседает на верху слоёв пыли через 18-24 часа; размеры коллоидной глины могут оставаться в суспензии неограниченное время. Простое сравнение объёма, занимаемого каждой из фракций почвы, с известковым объёмом исходного образца, даст довольно точный процент каждой. Рисунок 2-1 показывает треугольник текстуры гранулометрического состава почвы, популярный метод определения гранулометрической классификации.

Таблица 2-1. Пределы размеров почвенных фракций

Министерство сельского хозяйства США		Международное общество почвоведов	
Классификация	Диаметр, мм	Классификация	Диаметр, мм
Очень крупный песок	2,0-1,0		
Крупный песок	1,0-0,5	Грубый песок	2,0-0,2
Средний песок	0,5-0,25		
Мелкий песок	0,2-0,1	Мелкий песок	0,2-0,02
Очень мелкий песок	0,1-0,05		
Ил	0,05-0,002	Ил	0,02-0,002
Глина	Менее 0,002	Глина	Менее 0,002

Под **структурой** подразумевают агрегаты, в которых расположены частицы почвы. Также термины, как раздельнозернистая, зернистая, пластинчатая, глыбистая, означают различные виды почвенной структуры. Структура почвы влияет на водный режим, перемещение воды, доступность питательных элементов, действие микроорганизмов, развитие корней и рост растений.

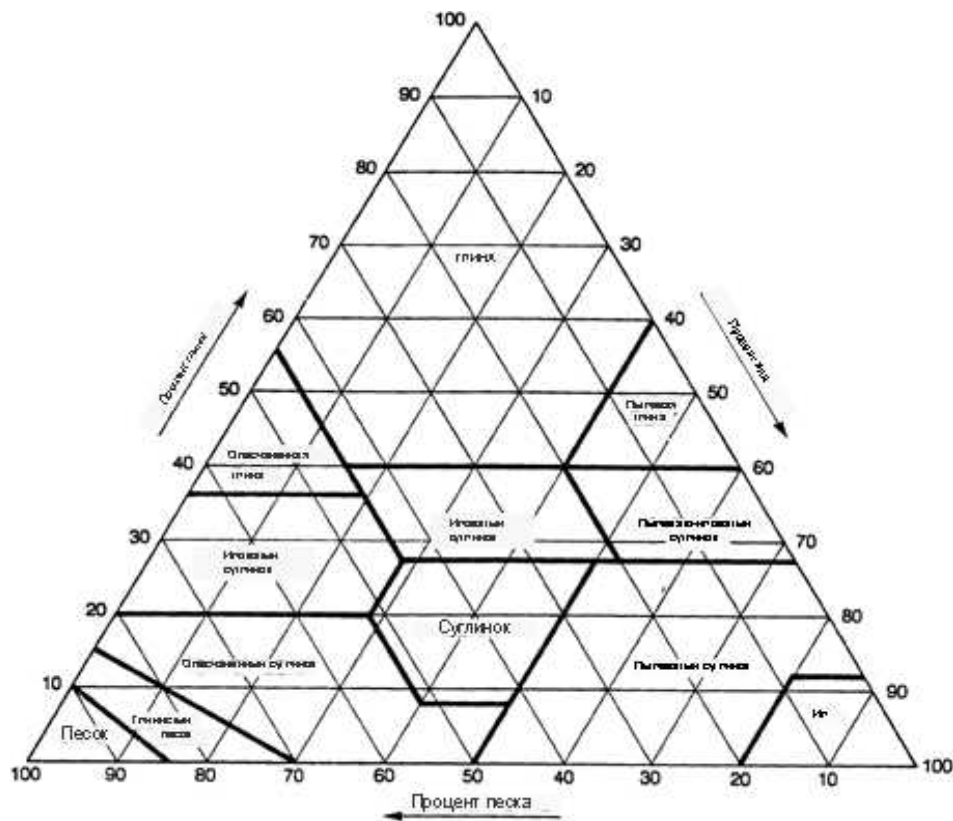


Рисунок 2-1. Треугольник механического состава почвы

Пригодность почвы к обработке обуславливается физическим состоянием почвы относительно роста растения. Почвы в хорошем состоянии рыхлые, крошащиеся, удобно обрабатываемые и легко поглощают воду. Почвы с плохой пригодностью для обработки твёрдые, комковатые, тяжело обрабатываемые, медленно поглощают воду, имеют плохую аэрацию и сливаются, когда влажно. Растения, растущие в почвах с плохой пригодностью к обработке часто страдают от проблем аэрации корней, медленного роста и слабого развития корней.

Насыпная плотность – это отношение массы почвы к объёму, выраженное в граммах на кубический сантиметр или в фунтах на кубический фут. Чтобы получить насыпную плотность почвы, собирают почвенный монолит или ком и измеряют его объём. Затем помещают его в сушильный шкаф, чтобы удалить воду, и определяют сухой вес. Сухой вес, делённый на объём образца, называется насыпной плотностью. Насыпную плотность иногда называют «очевидной» плотностью, чтобы отличить от «действительной» плотности самих минеральных частиц, которые обычно, как считается, составляют 2668,9 кг на кубический метр (удельный вес = 2,67) для минеральных почв.

Пористость, или процент объёма почвы, составляющего пористые пространства, можно вычислить на основе реальной и насыпной плотности следующим образом:

$$\% \text{ пористого пространства} = 100 (1 - A_s/R_s), \quad (\text{ур. 2.1.})$$

где A_s – насыпная плотность, кг/м³,

R_s – действительная плотность (2668,9 кг/м³ в минеральных почвах)

Скорость инфильтрации – это скорость, с которой вода поступает в почву. Инфильтрация почвы может значительно варьировать в зависимости от её структуры, пригодности к обработке, плотности, пористости и содержания влаги. Скорость инфильтрации почвы может накладывать ограничение на конструкцию системы орошения, так как норма полива, превышающая скорость инфильтрации, может привести к стоку и эрозии.

Взаимоотношения почвы и воды

Система микроорошения, по существу, является системой транспортировки, которая подает воду в корневую или близкую к ней зону. Конечным звеном в этой системе транспортировки является почва, важный, но иногда пренебрегаемый мостик между системой орошения и растением. Физико-химические свойства почвы определяют её способность транспортировать и накапливать воду и питательные элементы; таким образом, понимание почв и взаимоотношений почвы и воды является основной предпосылкой для проектировщика.

Следующие термины и их определения помогут объяснить механизмы, с помощью которых влага транспортируется и накапливается в почвенном профиле.

Гигроскопическая влага – это вода, прочно удерживаемая частицами почвы. Она не

перемещается под влиянием капиллярного действия или гравитации, и она обычно недоступна растениям.

Капиллярная влага – это вода, удерживаемая в пористых пространствах поверхностным натяжением между водой и частицами почвы. Капиллярная влага – главный источник воды для растений.

Гравитационная вода – это свободная вода в почве, которая может перемещаться вниз под влиянием силы тяжести. После того, как почва насытится, гравитационная вода может просачиваться вниз, оставляя почву в состоянии полевой влагоёмкости.

Полевая влагоёмкость – это мера воды, удерживаемой почвой под воздействием силы тяжести. Если почва насыщается дождевыми осадками или орошением и затем ей дают высохнуть свободно в течение 24 часов, то это почва в состоянии полевой влагоёмкости. Для большинства культур влажность почвы, близкая к полевой влагоёмкости, является идеальной для вегетативного роста, так как при этом сохраняется оптимальное равновесное состояние между аэрацией и поверхностным натяжением влаги.

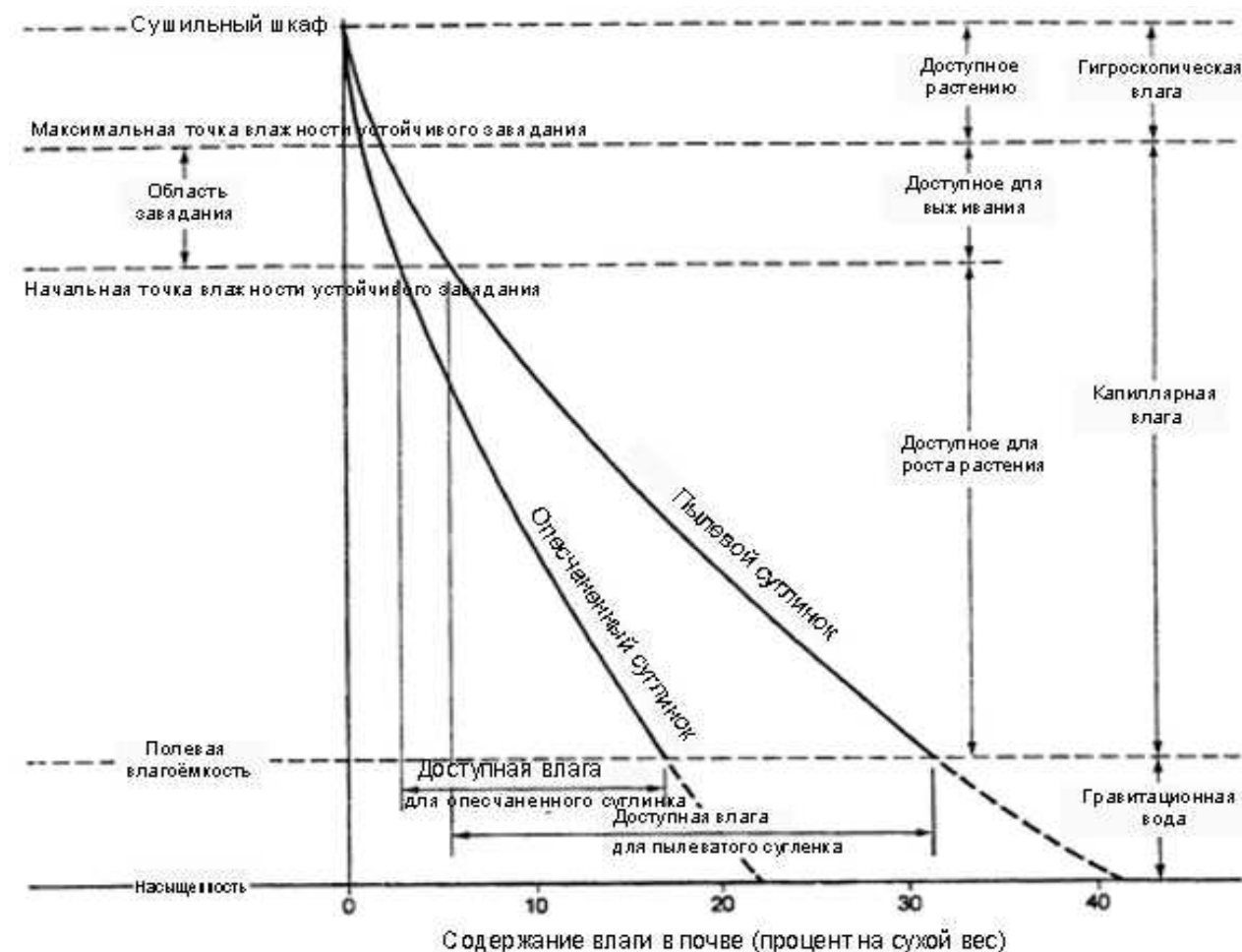


Рисунок 2-2. Диапазон влажности воды

При достижении полевой влагоёмкости, почва может терять малое количество воды, если в ней нет растительности. Растения могут выносить воду при транспирации и снижать влажность почвы постепенно. В жаркие дни растения могут потреблять воду быстрее, чем почва может обеспечивать корни водой, или быстрее чем корни могут обеспечивать остальную часть растения, и растение может завянуть. Как правило, данной влажности достаточно, чтобы растение восстановилось в течение ночи.

Влажность устойчивого завядания – это содержание влаги в почве, при котором растение увядает и остаётся в завянувшем состоянии, прекратив нормальный рост и транспирацию.

Доступная почвенная влага – это разница между количеством воды в почве при полевой влагоёмкости и количеством воды в почве при влажности устойчивого завядания. Существует широкая вариация значений полевой влагоёмкости, влажности устойчивого завядания и доступной почвенной влаги для различных разновидностей почвы по гранулометрическому составу. Песок имеет низкие значения всех трёх величин, тогда как глина имеет высокие значения полевой влагоёмкости и влажности устойчивого завядания, а также умеренно высокую доступную почвенную влагу. Суглинок, который содержит равные доли песка, ила и глины, может находиться между песком и глиной с точки зрения полевой влагоёмкости и влажности устойчивого завядания, но доступная почвенная влага для суглинка обычно наиболее высокая среди каких-либо разновидностей почвы. Количество воды, удерживаемое в

почве, можно оценить путем взвешивания, по электрическому сопротивлению, по поверхностному натяжению влаги, по наблюдению за растением и на ощупь.

Таблица 2-2 даёт некоторые цифры, которые могут быть использованы, как примерное руководство для иллюстрации колебаний водоудерживающей способности различных почв. Так как существуют большие колебания и так как каждая почва единственная в своём роде, значения для определённой почвы следует определять опытным путём.

Таблица 2-2. Водоудерживающая способность различных почв.

Содержание влаги в почве			
Гранулометрический состав почвы	Полевая влагоёмкость, %	Влажность устойчивого завядания, %	Доступная влага, %
Песок	9	2	7
Глинистый песок	14	4	10
Опесчаненный суглинок	23	9	14
Опесчаненный суглинок + органическое вещество	29	10	19
Суглинок	34	12	22
Иловатый суглинок	30	16	14
Глина	38	24	14
Хорошо насыщенная почва	50	30	20

Контур увлажнения почвы

Когда вода подаётся медленно в одну точку почвы, на неё воздействуют силы тяжести (направленные вниз) и капиллярное действие (направленное радиально наружу), создающие контур увлажнения, характерный для разновидности почвы и поливной нормы.

Песчаные почвы характеризуются большими пустотами между частицами почвы. Эти большие пустоты оказывают относительно слабое капиллярное действие и маленькое сопротивление безнапорному потоку с тем результатом, что перемещение воды вбок и вверх ограничивается, тогда как перемещение воды вниз быстрое. Поэтому контур увлажнения для песчаной почвы будет глубоким с небольшим боковым распространением, а перемещение воды вверх будет минимальным.

При другом крайнем значении тяжёлая глинистая почва оказывает сильные капиллярные действия, но препятствует перемещению воды вниз под действием силы тяжести. Контур смачивания тяжёлой глинистой почвы имеет тенденцию быть широким и иметь умеренную глубину из-за больших капиллярных сил глины и её относительно низкой проницаемости. В глинистых почвах, которые подвергались уплотнению, перемещение воды вниз даже в дальнейшем ограничено и приводит к зоне увлажнения, которая широкая и мелкая. Таким образом, контур увлажнения зависит не только от разновидности почвы, но значительно варьирует в зависимости от пригодности почвы к обработке.

Для большинства почв контуры увлажнения находятся между экстремумами, представленными лёгкими песками и тяжёлыми почвами. Кроме того, на перемещение воды в почвах влияет состояние верхнего слоя почвы, проницаемость подпахотного слоя и других слоёв почвы с изменяющимися свойствами и наличие уплотнённого подпахотного слоя. Рисунок 2-3 иллюстрирует относительные соответственные формы контура увлажнения, которые могли быть созданы капельницей при различных разновидностях почвы.

Капельница

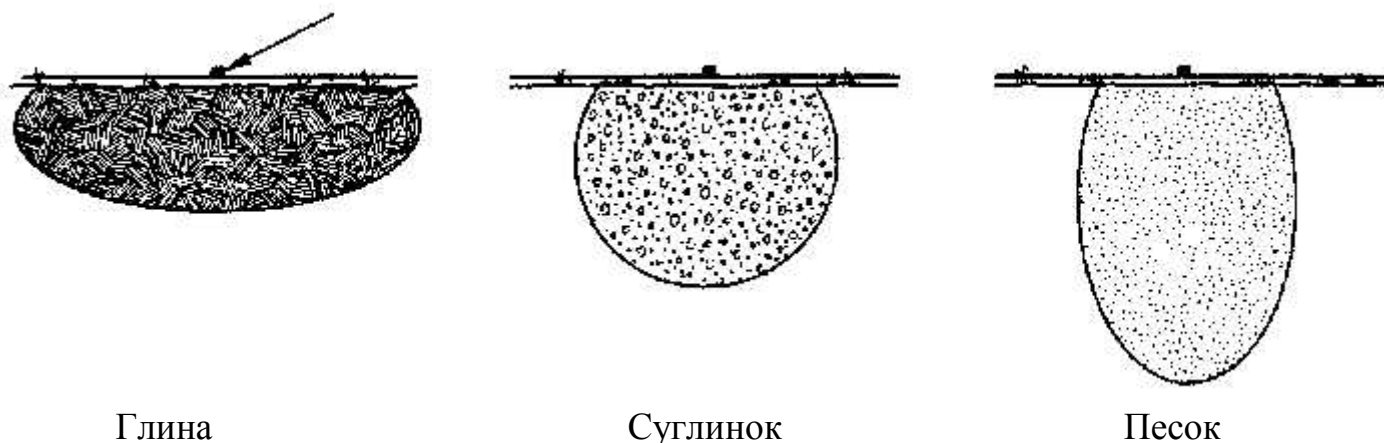


Рис. 2-3. Формы контуров увлажнения для глины, суглинка и песка.

Кроме разновидности почвы, на форму контура увлажнения может влиять поливная норма. Форму увлажнённой зоны можно изменять, варьируя поливную норму. Например, 40 литров воды, подаваемой в почву через 5 часов, вероятно, создадут более широкую, мелкую конфигурацию увлажнения, чем 40 литров, подаваемых в течение 10-часового периода. Это потому, что более высокая поливная норма имеет тенденцию образовывать более широкую зону насыщения при эмиттере, способствующей горизонтальному перемещению.

Таким образом, для усиленного бокового перемещения лёгкие песчаные почвы требуют более высоких поливных норм. С другой стороны, тяжёлые глины и иловатые суглинки часто извлекают пользу из более низкой поливной нормы. Эта низкая норма предупреждает поверхностное заполнение водой и поверхностный сток и способствует более глубокому просачиванию воды. В таблице 2-3 представлены данные по приблизительному размеру увлажнённой почвы, который можно ожидать в усреднённых условиях.

Таблица 2-3. Перемещение воды в почвах.

Разновидность почвы	Приблизительный радиус увлажнённой почвы, м
Крупный песок	0,15 – 0,45
Мелкий песок	0,3 – 0,91
Суглинок	0,9 – 1,4
Тяжёлая глинистая почва	1,2 – 1,8

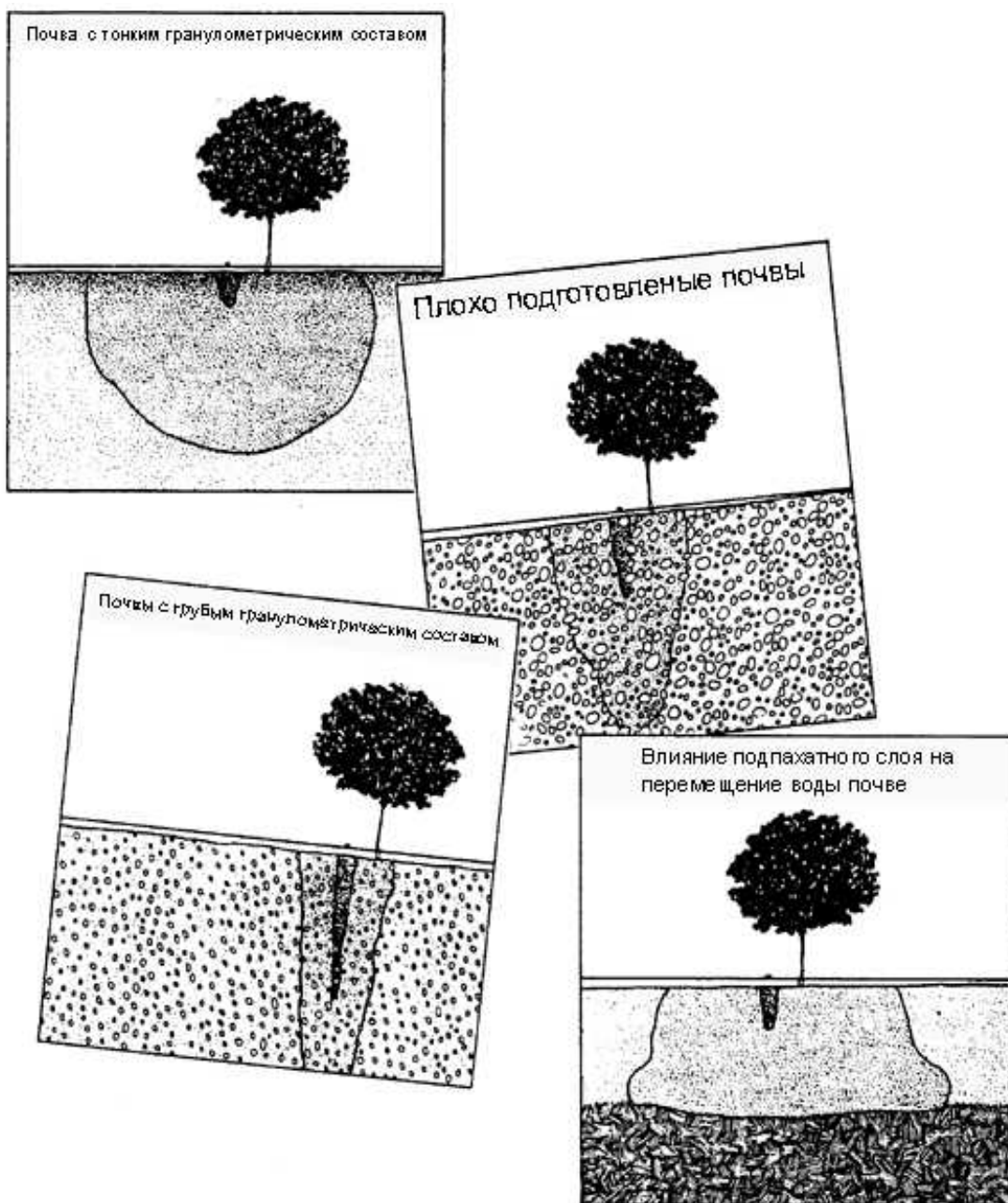


Рисунок 2-4. Перемещение воды в различных почвах.

Размещение эмиттера по отношению к растению

Размещение капельницы является важным фактором работы системы орошения и здоровья культуры. Размещение капельницы по отношению к растению влияет на всхожесть и ранний рост, закладку корневой системы, эффективное использование воды и питательных веществ и действия засоленности на растение.

Прорастание семян или начальный рост сеянцев обычно требуют, чтобы капельница была помещена очень близко (на расстоянии 45 см или менее на большинстве почв) от растения. На песчаных почвах это расстояние должно быть снижено до 30 см или менее.

Разновидность и местоположение капельницы определяют увлажненную зону и, следовательно, местоположение интенсивного развития большинства корней. Таким образом способствуют горизонтальному или вертикальному разрастанию корневой системы, или же она может ограничиваться относительно маленькой площадью. Размер и форма корневой системы важны с точки зрения устойчивости и силы роста растения, а также его способности потреблять воду и питательные вещества в почве вокруг него. Так как вода и питательные элементы, внесенные за пределами корневой зоны, тратятся попусту, точку водовыпуска лучше всего помещать возле центра корневой зоны.

Соли, присутствующие в почве или поливной воде, могут концентрироваться по периметру увлажнённой зоны, образовавшееся вокруг капельницы, как показано на рисунке 2-5. Таким образом, размещение устройства будет определять, выталкиваются ли вредные соли из корневой зоны или концентрируются в её пределах. Это явление особенно заметно у пропашных культур.

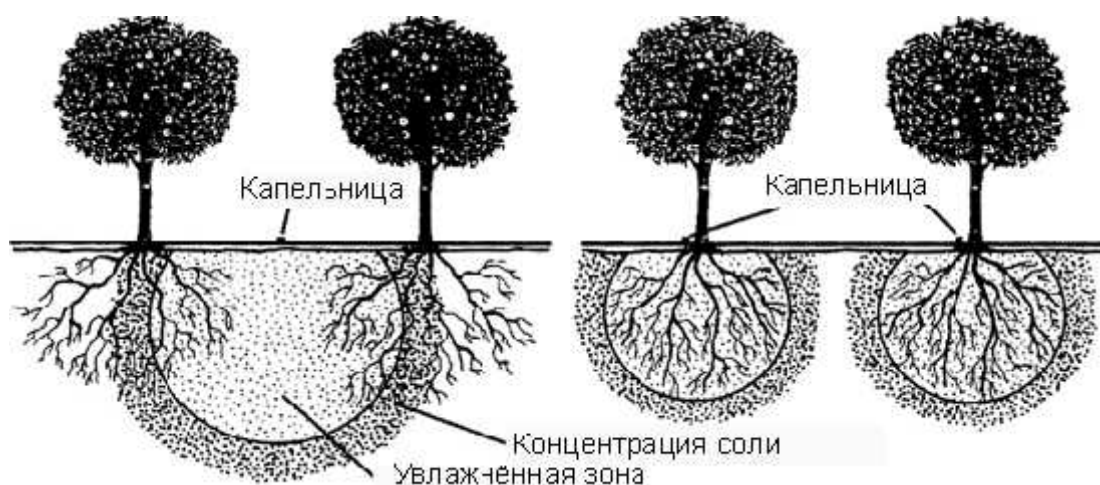


Рисунок 2-5 Влияние местоположения капельницы на соли.

Опытное определение контура (периметра) увлажнения

Контур увлажнения для любой данной почвы трудно точно предсказать на основе знания только разновидности почвы. Можно изложить общие принципы, но для практических целей следует провести анализ контура увлажнения на предложенном участке системы орошения.

Многое надо знать о взаимосвязях почвы и воды, применяя измеренные количества воды на ограниченных площадях и наблюдая боковое и направленное вниз перемещение воды и форму увлажнённой зоны с различными временными интервалами. При условии, что исследуемые почвы типичные, наблюдения могут найти практическое применение при проектировании. Такие опыты смогут обнаружить слои почвы и зоны уплотнения и смогут показать водоудерживающую способность и время, которое необходимо для достижения полевой влагоёмкости на различных глубинах почвы.

Популярный и широко применяемый метод определения контура увлажнения определённой почвы состоит из установки распределительного трубопровода, применяемой разновидности, и присоединение его к временному источнику воды, такому, как железная бочка высотой 200 метров. Бочка наполняется водой, и испытуемой системе даётся возможность работать в течение некоторого промежутка времени. Наблюдения контура увлажнения проводят, измеряя диаметр увлажнённой поверхности и копая под поверхностью, чтобы измерить степень перемещения воды в подпахотном слое. Наблюдения можно также проводить с использованием тензиометров. Это испытание обеспечит достоверной и крайне ценной информацией по контурам увлажнения и перемещению воды в определённой представляющей интерес разновидности почвы.

Взаимоотношения растения и воды

Клетки растений и межклеточные пространства поглощают воду путём осмоса и всасывания. При всасывании молекулы воды соединяются с помощью водородных связей с целлюлозой и другими веществами, притягивающими воду, в межмолекулярных пространствах в растении. При

осмосе вода перемещается от участков с более низкой концентрацией солей через полупроницаемую мембрану к участку с более высокой концентрацией солей.

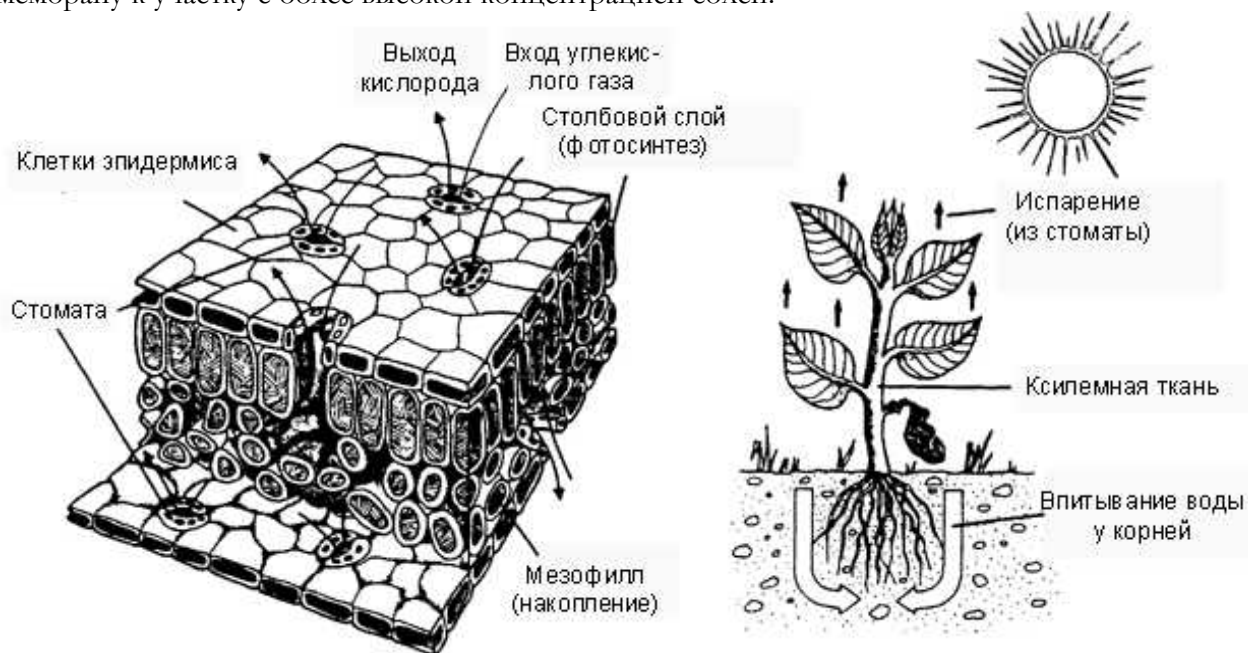


Рисунок 2-6. Взаимоотношения растения с водой

Корневые волоски являются единственными клетками слоя эпидермиса с большой площадью поверхности, и каждая имеет большую вакуоль, способствуя таким образом осмотическому процессу. Вода обычно перемещается из почвенного раствора через полупроницаемые клеточные оболочки во внутрь клетки. Растение перемещает воду и питательные вещества вверх по ксилемным тканям к листьям и, где она высвобождается в атмосферу через клетки листьев, называемые устьицами. Растение способно регулировать концентрацию молекул воды внутри клеток и содействовать перемещению воды в клетки.

Энергия для корней поступает в форме сахаров, образуемых листьями в процессе фотосинтеза. Затем эти сахара транспортируются вниз по флоэмным тканям к корням. Действующие клетки корней дышат, как животные клетки, поглощая CO_2 и выделяя O_2 . Растения задышают, когда в корневой зоне отсутствует кислорода.

Для того, чтобы удалить воду из почвы, следует выполнить работу (потребить энергию). Когда поверхностное натяжение почвенной влаги увеличивается, растением потребляется больше энергии, чтобы получить воду. Капиллярная вода перемещается в почвах медленно, и чем меньше воды в почве, тем крепче она держится. Растение простирает свои корни, чтобы перехватить дополнительную воду, удерживаемую в пористых пространствах почвы, и омолаживает свои корни на участках, где произошло укоренение.

Эти факты объясняют, почему оптимальное качество и урожай многих растений требуют, чтобы уровень влаги в корневой зоне поддерживался на уровне, близком к полевой влагоёмкости, во время вегетативной стадии роста, завязывания плодов. Большинство растений задерживают своё развитие или повреждаются при избытке воды в корневой зоне, а также в периоды недостатка влаги. Хорошие способы и режимы орошения обеспечивают адекватное снабжение водой и кислородом для достижения здоровой корневой системы и сильного роста растений.

Раздел 3

Качество воды

Отбор пробы воды для анализа

Предварительное изучение системы микроорошения может потребовать тщательного анализа воды из источника. Система микроорошения требует воды хорошего качества, свободной от мельчайших взвешенных частиц и свободной от растворимых твёрдых частиц, таких, как железа, которые могут осаждаться и вызывать проблемы в системе. Непроведение анализа качества воды источника и соответствующей обработки является одной из наиболее распространённых причин неспособности системы микроорошения функционировать надлежащим образом.

Важно взять типичную пробу воды. Если источник – колодец (скважина), пробу следует отбирать после того, как насос проработал примерно полчаса. Для крана на трубопроводе хозяйственно-бытового снабжения, водоснабжение должно осуществляться в течение нескольких минут перед взятием пробы. При отборе проб с поверхностного источника воды, такого, как канал, река или водохранилище, пробы следует брать возле центра или ниже поверхности воды. Когда поверхностные источники воды подвержены сезонным колебаниям качества, отбор проб из этих источников и их анализ следует производить, когда качество воды наихудшее.

Для отбора проб предпочтение отдается стеклянным сосудам, и они должны вмещать примерно два литра. Перед использованием сосуд следует тщательно вымыть и прополоскать, чтобы избежать загрязнения пробы воды. Следует отбирать две пробы. Первую пробу следует использовать для всех анализов, кроме анализа на железо, и не требуется никаких добавок. Вторая проба используется для анализа на железо, и после отбора воды следует добавить десять капель HCl. HCl обычно имеется в форме соляной кислоты.

Бутылки с пробами следует наполнять полностью доверху (удаляя воздух), аккуратно маркировать и плотно закрыть. Пробы следует немедленно направить в лабораторию анализа воды. В лаборатории можно сделать следующие анализы: на минерализацию, pH, на содержание кальция, магния, натрия, калия, железа, марганца, бора, бикарбонатов, карбонатов, хлоридов, сульфатов, на качество и размер взвешенных частиц и для городского водоснабжения на содержание свободного хлора.

Интерпретация анализа качества воды

Взвешенные частицы

Взвешенные частицы в водоснабжении включают частицы почвы, колеблющиеся по размеру от крупнозернистого песка до мелкозернистой глины, живые организмы, содержащие водоросли и бактерии, и широкий ряд переносимых водой веществ. Наносы из взвешенных частиц могут часто значительно изменяться изо дня в день и из сезона в сезон, особенно когда источник воды – река, озеро или водохранилище. Так как взвешенные частицы выше определённого размера должны быть отфильтрованы из воды до её вхождения в систему, хорошо получить достоверную оценку общего количества вещества, которое надо удалить.

Минерализация

Корни растений поглощают воду из почвы главным образом в результате осмотического давления, которое существует потому, что клетки растений содержат более высокую концентрацию растворённых солей, чем в почвенной воде. Это различие в концентрации солей заставляет воду перемещаться от площади с более низкой к площади с более высокой концентрацией солей через полу проницаемые плёночные оболочки растения в процессе называемого осмос.

Когда солёная вода подаётся на почвы, она повышает содержание солей в почвенной воде, снижая осмотическое давление в проницаемой оболочке корней и уменьшая таким образом поглощение воды корнями. В период между поливами, когда чистая вода удаляется из почвы, концентрация солей в почвенной воде увеличивается, понижая далее осмотическое давление.

Минерализация может выражаться как электропроводность (ЕС) в мм²/см или как общее содержание растворённых солей (TDS) в ppm (частей на миллион) при 1000 микроСим/см=640 ppm приблизительно. При традиционных способах орошения поливная вода, имеющая значение ЕС 750 мкСим/см или более (TDS=480), может представлять потенциальную проблему минерализации для светочувствительных культур (например, земляники), тогда как некоторые солеустойчивые культуры (например, хлопок) могут пышно расти, потребляя много раз солёную воду.

Правильно сконструированная и управляемая система микроорошения может значительно сократить проблемы солёности, так как система поддерживает высокую влажность почвы и также потому что вода, перемещающаяся снаружи капельниц, может перемещать соли к наружным краям корневой зоны в процессе так называемого «микровыноса».

Однако это не должно означать, что минерализацию можно игнорировать при проектировании систем микроорошения и управление ими. Наоборот, из-за отсутствия глубокого просачивания при микроорошении фактически может не быть никакого вертикального выноса солей, если инженер не включит эту способность в проектирование системы.

pH

pH источников воды, применяемой для орошения, обычно находится в пределах 6,5-8,5 и редко представляет проблему сам по себе, без связи с другими явлениями. Однако так как pH играет главную роль в ряде химических реакций в воде и в почве, это важный фактор, который нужно учитывать. pH источника воды может определять, будут осаждаться или нет в воде различные растворённые вещества, такие, как углекислое железо или углекислый кальций, вызывая засорение капельницы. pH воды может способствовать или препятствовать действию хлора, применяемого для подавления биологического роста, и он может играть роль в наличии различных питательных элементов в почве.

Кальций

Кальций (Ca) найден в некоторой степени во всех природных водах. Почва, насыщенная преимущественно кальцием, рыхлая и легко поддаётся обработке, обычно позволяет воде легко проникать, и не уплотняется или не сливается, когда влажно. По этой причине кальций в форме гипса часто вносится в «плотные» почвы, чтобы улучшить их физические свойства. Как правило, желательна вода с высоким содержанием кальция.

Магний

Магний (Mg) обычно также находят в измеримых количествах. Магний ведет себя почти так же, как кальций, в почве. Часто лаборатории не могут определить кальций и магний, а сообщают просто о Ca+Mg мг/л.

Натрий

Все соли натрия (Na) очень растворимые, и в результате этого их можно обнаружить в большинстве природных вод. Почва с большим количеством натрия, связанного с илистой фракцией, имеет плохие физические свойства для роста растений. Когда влажно, она сливается, становится вязкой и почти непроницаемой для воды. Когда она высыхает, приобретая форму твёрдых комьев, её становится трудно обрабатывать. Продолжительность применения воды с высокой долей натрия может вызвать тяжелые изменения в хорошей почве.

Калий

Калий (K) обычно находят только в небольших количествах в природных водах. Он ведет себя почти так же, как натрий, в почве. При анализе воды, как сообщают, его часто обнаруживают не отдельно, а вместе с натрием.

Железо

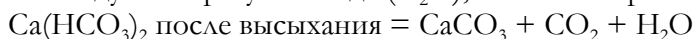
Железо (Fe) может присутствовать в растворимой (содержащей двухвалентное железо) форме и может создавать проблемы засорения капельницы при концентрации 0,1 ppm (частей на миллион). Растворённое железо может осаждаться в воде вследствие изменений температуры или давления, в ответ на повышение pH или в результате действия бактерий. Следствием является охровый или слизистая масса, способная вывести из строя всю систему орошения.

Марганец

Марганец (Mn) встречается в грунтовых водах менее часто, чем железо, и обычно в меньших количествах. Как и железо, марганец в растворе может осаждаться в результате химической или биологической активности, образуя осадок, который засоряет капельницы и другие компоненты системы. Цвет осадков колеблется от тёмно-коричневого, если имеется смесь железа, до чёрного, если окись марганца чистая. Следует соблюдать меры предосторожности, когда проводят хлорирование вод, содержащих марганец, вследствие того, что между хлорированием и осаждением существует некоторый промежуток времени.

Бикарбонат

Бикарбонат (HCO₃) широко распространён в природных водах. Бикарбонаты натрия и калия могут существовать как твёрдые соли, например, двууглекислый натрий (бикарбонат натрия). Бикарбонаты натрия существуют только в растворе. Так как когда влажность почвы уменьшается при транспирации или испарении, бикарбонат кальция расщепляется, угольный ангидрид (CO₂) улетучивается в воздух и образуется вода (H₂O), оставляя нерастворимую известь (CaCO₃):



Подобная реакция проходит с бикарбонатом магния. Большие количества ионов бикарбоната в поливной воде могут по мере того, как почва высыхает, осаждают кальций, эффективно

удаляя его таким путём из глины. Благодаря этому, натрий остаётся на своём месте. Таким образом, почва с преобладанием кальция может стать почвой с преобладанием натрия (натриевой почвой) при использовании поливной воды с высоким содержанием бикарбоната.

Карбонат

Карбонат (CO_2) обнаружен в некоторых водах. Так как карбонаты кальция и магния относительно нерастворимые, воды с высоким содержанием карбонатов означают, что катионы, связанные с ними, вероятно, являются натрием с, может быть, небольшим количеством калия. После высыхания почвы ион карбоната может удалять кальций и магний из глины в процессе, подобном процессу, связанному с бикарбонатом, и может образовывается щелочная (натриевая почва).

Хлорид

Хлорид (Cl) находят в природных водоёмах. В высоких концентрациях он токсичен для некоторых растений. Все широко распространённые хлориды растворимые и повышают общее содержание солей (засоленность) в почвах. Содержание хлоридов надо определять, чтобы оценить надлежащим образом поливную воду.

Сульфат

Сульфат (SO_4) широко распространён в природе. Сульфаты натрия, магния и калия легко растворимые. Сульфат кальция (гипс) имеет ограниченную растворимость. Сульфат не оказывает характерного действия на почву, за исключением увеличения общего содержания солей. Наличие растворимого кальция ограничивает растворимость сульфата.

Нитрат

Нитрат (NO_3) в природных водоёмах обычно не встречается в больших количествах. Будучи полезным как питательный элемент растения, нитрат может оказывать нежелательные действия на достижение потребительской или съёмной зрелости. Высокие содержания нитратов в воде могут указывать на загрязнение в результате чрезмерного использования удобрений или сточными водами. Нитраты не оказывают никакого действия на физические свойства почвы, за исключением незначительного повышения её засоленности.

Бор

Бор (B) встречается в воде в той или иной форме аниона. Небольшое количество необходимо для роста растений, но концентрация, немного выше оптимальной, токсична для растений. Некоторые растения более чувствительны к избытку бора, чем другие.

Сульфиды

Если поливная вода содержит более 0,1 ppm (частей на миллион) общих сульфидов, в системе орошения могут расти зеленые бактерии, образуя массы слизи, которые могут засорять фильтры и капельницы.

Интерпретация анализа воды

Таблица 3-1 даёт руководящие указания для интерпретации результатов анализа воды:

Таблица 3-1. Таблица интерпретации качества воды

Параметр качества воды	Никак (Слабая)	Степень увеличения проблемы	Сильная
1. Солёность Электропроводность (ЕС) (мксим/см) TDS (общее содержание растворённых солей) (xECx0,6)	0-800 0.0-500	800-3000 500-2000	3000+ 2000+
2. Проницаемость - вызванная низким содержанием соли; Электропроводность (ЕС) (мксим/см) TDS (ppm) - вызванная натрием; коэффициент поглощения натрия (SAR_2)	500+ 320+ 0.0-6.0	500-200 320-0.0 6.0-9.0	200-0 9.0+
3. Токсичность - натрий (SAR_2)	0.0-3.0	3.0-9.0	9,0+

- хлорид (мЕ/л) (ppm)x35,5 - бор (ppm)	0.0-4.0 0.0-140 0.0-0.5	4.0-10.0 140-350 0.5-2.0	10,0+ 350+ 2,0+
4. Засорение Железо (ppm) Марганец (ppm) Сероводород (ppm) Углекислый кальций (ppm) Бактерии Fe, SO ₄ , Mn (No/ML)	0.0-0.1 0.0-0.2 0.0-0.1 не было установл <10000	0.1-0.4 0.2-0.4 0.1-0.2 ено никаких соде 10000-50000	0.4+ 0.4+ 0.2+ ржаний > 50000
5. Коррозия. Коррозии можно ожидать, если будет иметь место какое-либо одно из следующих явлений: 1) Солёность более 1500 мг/л: исследуйте расходы на то, чтобы избежать биметаллических комбинаций. 2) Углекислого (CO ₂) газа на месте более 10 мг/л 3) pH ниже 6 4) Щёлочность (CaCO ₃) ниже 30 мг/л 5) Показатель Ланжелье 6) pH ₈ < 0 никакой защитной плены и коррозия 7) pH ₈ > 0 плена, защищающая от коррозии 8) pH ₈ > 0,5 незащитное образование плотной корки с локализованной коррозией			

Раздел 4
Обработка воды

Типы проблем

Системы микроорошения характеризуются большими количествами капельниц, имеющих довольно маленькие пути потока. Так как эти маленькие пути потока легко засоряются инородным веществом, большинство источников воды требуют некоторой обработки, чтобы обеспечить успешную долгосрочную работу системы. Почти все источники воды можно сделать подходящими для микроорошения с помощью соответствующей физической и/или химической обработки.

Физическая обработка представляет собой удаление органических и неорганических взвешенных частиц, которые достаточно большие, чтобы забить выходы эмиттером. Взвешенные частицы можно удалить с помощью центробежных сепараторов, отстойников, досок для снятия пены, сетчатых фильтров, песчано-гравийных фильтров или некоторых комбинаций вышеуказанного. Там, где воды источников, содержащие существенные наносы взвешенных частиц, применяются без соответствующей физической обработки, может обычно происходить засорение, приводя к неравномерному распределению воды и плохой работе системы.

Химическая обработка представляет собой добавку одного или более химических веществ в воду с целью подавления биологического роста или химических реакций. Химическую обработку можно проводить одну или в сочетании с физической обработкой. Химические обработки, обычно применяемые в системе микроорошения, включают добавку хлора и/или кислоты в воду.

Различные проблемы качества воды, встречающиеся при работе систем микроорошения, изложены ниже. В некоторых ситуациях могут присутствовать две или более этих проблем, порождающих более сложные методы обработки.

1. Наличие макрочастиц в источнике воде.
2. Наличие в источнике воды больших наносов ила и глины.
3. Рост бактериальной слизи в системе.
4. Рост водорослей в источнике воде или системе.
5. Осаждение карбонатов железа, серы или кальция.

Наличие макрочастиц

Большие частицы, содержащиеся в системе водоснабжения, обычно могут быть неорганическим песком, или илом, осадком со стенок труб или обсадных труб, или органическими веществами, такими, как семена сорняков, маленькая рыба, яйца, водоросли и так далее. Неорганические вещества обычно тяжёлые, и их можно легко удалить с помощью отстойника или центробежного сепаратора песка. С другой стороны, органические вещества легче и должны быть удалены песчаными или решетчатым фильтром некоторого типа. Плавающие материалы можно снять с поверхности воды простой доской для съёма пены.

Наличие высокого содержания ила и глины

Песок в системе водоснабжения можно удалить с помощью песчано-гравийного фильтра до размера частиц 70 микрон (0,076 мм). Однако высокое содержания ила и глины (более 200 ppm частей на миллион) могут быстро забивать песчано-гравийный фильтр, приводя к неэффективной работе и повышенной частоте обратной промывки.

Чтобы удалить тяжёлые ил и глину из воды, часто предпочитают не применять одну фильтрацию, а строить отстойник для предварительной обработки перед фильтрацией. Размер отстойника определяется расходом в системе и скоростью осаждения частиц, которые надо удалить. В свою очередь, эта скорость осаждения определяется размером, формой и плотностью частиц.

Очень мелкие частицы ила и коллоидной глины слишком малы, чтобы их было экономически выгодно удалять посредством отстойника, так как они осаждаются так медленно, что в большинстве случаев потребовался бы чрезмерно большой отстойник. К счастью, эти частицы глины имеют достаточно маленький размер, чтобы полностью проходить через систему без вредных действий, пока соблюдаются надлежащие меры предосторожности. Частицы ила и глины, которые проходят через отстойник и/или фильтр могут осаждаться из воды в поливные трубопроводы или капельницы, где они могут прочно соединяться вместе под действием бактерий, образуя большие и представляющие потенциальные проблемы массы слизи. Для борьбы с этой тенденцией часто проводится хлорирование, чтобы подавить рост каких-либо биологических организмов; и ответвления от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы регулярно промывают, чтобы удалить осадки.

Рост бактериальной слизи в системе

Бактерии могут расти в системе при присутствии света. Они могут образовывать массу слизи, или они могут заставлять железо или серу осаждаться из воды. Слизь может забивать капельницы, или она может действовать как клейкое вещество, связывая мелкие частицы ила или глины вместе,

образуя достаточно большие агрегированные частицы, чтобы вызвать засорение. Обычной обработкой для подавления роста бактериальной слизи является непрерывное хлорирование, чтобы достичь остаточной концентрации от 10 до 20 ppm (частей на миллион) в течение 30-60 минут. Если произошло сильное засорение, может возникнуть необходимость в хлорировании системы в концентрации 500 ppm

Рост водорослей в водоснабжении или системе

Одной из наиболее значительных проблем, с которыми сталкивается инженер-ирригатор, является рост водорослей и других водных растений в источниках поверхностной воды, которая используется для микроорошения. Водоросли могут обильно расти в водоёмах и могут становиться очень густыми, особенно если вода содержит питательные вещества для растений, особенно азот и/или фосфор. Водоросли могут быть большой помехой для поверхностных вод, потому что, когда условия подходящие, они могут быстро размножиться и покрывать реки, озера и водохранилища большими плавающими колониями, называемыми цветами. Водорослевые цветы обычно характерны для того, что называется «эвтрофным» озером, или озером с высоким содержанием соединений, необходимых для биологического роста. Во многих случаях водоросли могут вызывать трудность с системами первичной очистки или фильтрации из-за тенденции водорослей к сплыванию в отверстиях фильтра. При наличии в достаточных количествах водоросли могут также создавать проблемы с песчано-гравийными фильтрами, засоряя песчаную поверхность и вызывая необходимость в частой обратной промывке фильтров.

Виды водорослей

Основные группы организмов, обнаруженные в поверхностных водах, классифицируются как протисты растения и животные. Разновидность протисты включает бактерии, грибы, простейших и водоросли. Протисты являются наиболее важной группой организмов, с которыми должен быть знаком инженер-ирригатор, особенно бактерии и водоросли.

Водоросли – одноклеточные или многоклеточные, автотрофные, фотосинтетические протисты. Подобно другим организмам, водоросли для размножения требуют питательных веществ. Основными необходимыми питательными веществами являются двуокись углерода, азот и фосфор. Микроэлементы, такие, как железо, медь и молибден, также важны. Имеется четыре широких класса водорослей. Это:

1. Зелёные (Chlorophyta). Зелёные водоросли являются главным образом видом, распространённым в пресной воде, и могут быть одноклеточными или многоклеточными. Отличительной чертой этой группы является то, что хлорофилл и другие пигменты содержатся в хлоропластах, структурах, окружённых оболочкой, которые являются местами фотосинтеза. Широко распространёнными зелёными водорослями являются водоросли из группы Chlorella.

2. Подвижные зелёные (Volvocales Englenophyta). Колониальные по природе, эти водоросли ярко-зелёные, одноклеточные и жгутиковые. Euglena – член этой группы водорослей, как и Mastigophora, содержащая хлорофилл.

3. Желто-зелёные или золотисто-коричневые (Chrysophyta). Большинство форм Chrysophyta одноклеточные. Они распространены в пресной воде, и их характерный цвет обусловлен желтовато-коричневыми пигментами, которые маскируют хлорофилл. Наиболее важными из этой группы водорослей являются диатомеи. Они обнаружены как в пресной, так и солёной воде. Диатомеи имеют оболочки, которые состоят главным образом из кремнезёма. Отложения из этих оболочек известны как диатомовая земля.

4. Сине-зелёные (Cyanophyta). Сине-зелёные водоросли имеют очень простую форму и очень похожи на бактерии в нескольких отношениях. Они одноклеточные, обычно покрыты оболочкой и не имеют жгутиков. Они отличаются от других водорослей тем, что их хлорофилл содержится не в хлоропластах, а распространён по всей клетке. Они обладают способностью образовывать большие плотные плёнки на поверхности воды. Важной характеристикой является их способность к использованию азота из атмосферы в качестве питательного вещества в синтезе клеток. Таким образом, удаление азотных соединений из воды не устраняет источник азота для этих видов водорослей.

Борьба с водорослями в водохранилищах (водоёмах) для ирригационного водоснабжения.

С водорослями можно эффективно бороться в водохранилищах, добавляя медный купорос (сульфат меди). Сульфат меди можно поместить в мешки, оснащенные поплавками и закреплённые в различных точках водоема, или его можно разбросать по поверхности воды. Хелатные продукты меди могут быть более эффективными, особенно если в воде содержится много ила, но они гораздо дороже. Медный купорос не следует применять в какой-либо системе с алюминиевым трубопроводом.

Примечание. Проверьте вместе с местными властями, правильно ли используются химические вещества.

Медный купорос в большие водоёмы вносится с лодок в мешках с кристаллами, которые тянут по воде. Лодка систематически следует параллельно дорожками с расстояниями примерно 4,5 м, и действие волны зависит от дальнейшего разбрасывания. Усовершенствованный метод внесения заключается в дутье кристаллов на поверхность воды с лодки с использованием вещества, проходящего через фильтр с размером сеток 16 меш.

Токсичность для рыбы

Применение сульфата меди эффективно, но надо позаботиться о том, чтобы предупредить передозировку в водоёмах, которые поддерживают жизнь рыб, так как небольшие концентрации сульфата меди токсичны для рыбы. Более вероятно, что применение сульфата меди губит рыбу, в то время как большая популяция водорослей уничтожается сразу. В этом случае мёртвая водорослевая масса исчерпывает запасы кислорода, растворившегося в воде, когда она разлагается, и это может вызвать удушье у рыб. По этой причине лучше всего применять маленькие дозы сульфата меди для борьбы с водорослевыми популяциями.

Дозировка

Рекомендуемая концентрация сульфата меди для борьбы с водорослями колеблется от минимум 0,05 до максимум 2,0 ppm, в зависимости от вида рассматриваемой водоросли. Необходимая дозировка может быть основана на обработке верхних 2 метров воды, так как рост водорослей имеет тенденцию происходить главным образом там, где солнечное освещение интенсивно.

Борьба с ростом водорослей в системе

Зелёные водоросли могут расти только в присутствии света. Водоросли не будут расти в закрытых трубопроводах или в чёрных поливных полиэтиленовых трубах или капельницах. Однако через открытые белые поливинилхлоридные трубы или соединительные части труб может поступать достаточно света, чтобы создать возможности для роста в некоторых частях системы. Эти водоросли могут вызывать проблемы засорения, когда попадают в поливные трубопроводы или капельницы. Хлорирование – рекомендуемая обработка, для того чтобы уничтожить водоросли, растущие в оросительной системе. Концентрация хлора должна быть 10-20 ppm а течение 30-60 минут. Если произошло значительное засорение капельниц, возможно, возникнет необходимость впрыснуть более высокую концентрацию.

Где целесообразно, открытые ПВХ трубы и соединительные части труб следует красить краской, совместимой с ПВХ, чтобы снизить рост водорослей в системе.

Методы физической обработки воды

Физическая обработка источника воды необходима, когда вода содержит взвешенные частицы, которые создадут проблемы засорения, если они не удалены.

Отстойники

Отстойники служат для удаления более крупных неорганических взвешенных частиц из поверхностной воды в системе водоснабжения. Применяемые часто для турбулентных источников поверхностной воды, таких, как реки или каналы, отстойники часто функционируют как экономически выгодные сооружения для первичной обработки и могут значительно снижать количество осадков в воде. Отстойники применяются также в сочетании с аэрацией, чтобы удалить железо и другие растворённые частицы.

Центробежные сепараторы песка

Центробежные сепараторы песка используются для удаления песка, чешуи и других макрочастиц, которые значительно тяжелее, чем вода. Центробежные сепараторы песка могут удалять частицы до размера 74 микрон (200 меш) при нормальной работе. Центробежные сепараторы песка можно устанавливать на стороне всасывания насосных станций, чтобы снизить износ насоса. Они самоочищающиеся и требуют минимум ухода. Центробежные сепараторы песка не удаляют органические вещества, и они имеют тот недостаток, что потеря напора в них выше (15-60 кПа), чем у других видов фильтров. Очень важно, чтобы размеры сепараторов песка были подобраны правильно. Работа сепаратора зависит от центробежных сил в водовороте, образуемом поступающим потоком; таким образом размер сепаратора должен точно соответствовать расчётному расходу.

Напорные сетчатые фильтры

Напорные сетчатые фильтры состоят из сетки с мелкими ответвлениями, помещённой в кожух в закрытом корпусе. Используемые часто как устройства первичной фильтрации воды из колодцев,

(скважин), напорные сетчатые фильтры служат для удаления неорганических загрязнителей, таких, как ил, песок и чешуя.

Имеется широкий ряд видов напорных сетчатых фильтров и расходов при размерах сеток, колеблющихся от 20 до 200 меш. Кроме первичной фильтрации источников воды, сетчатые фильтры часто действуют как запасные фильтры для улавливания песка или чешуи, которые могли случайно попасть в систему через разрывы трубопроводов, вследствие повреждений песчано-гравийных фильтров или других непредвиденных обстоятельств. Рисунок 4-1 иллюстрирует относительные размеры отверстий сетки в мешках, по сравнению с отверстием, имеющим диаметр 0,5 мм.

Большинство напорных сетчатых фильтров требуют периодической очистки сетки. Сетки ручного типа, такие, как у стандартных вертикальных моделей, необходимо периодически промывать, поливая из шланга фильтруемые вещества с поверхности сетки. Необходимо быть очень внимательным при уходе за напорными сетчатыми фильтрами и их очистке. Когда сетки засоряются, перепад давлений на сетке может ускорить движение частиц, которые обычно удерживаются сеткой. Методы очистки напорных сетчатых фильтров колеблются от ручной разборки, ручного/автоматического приведения в действие щетки на сетке, связанной с «продувкой» сетки, до развертывающего устройства (сканера) автоматического всасывания, которое автоматически «всасывает» захваченный мусор с сетки при заданном перепаде давлений.

Ручная очистка обычно неуместна, за исключением тех случаев, когда источник воды исключительно чист на фильтре, который применяется как запасной вторичный фильтр.

Отверстие 0,5 мм

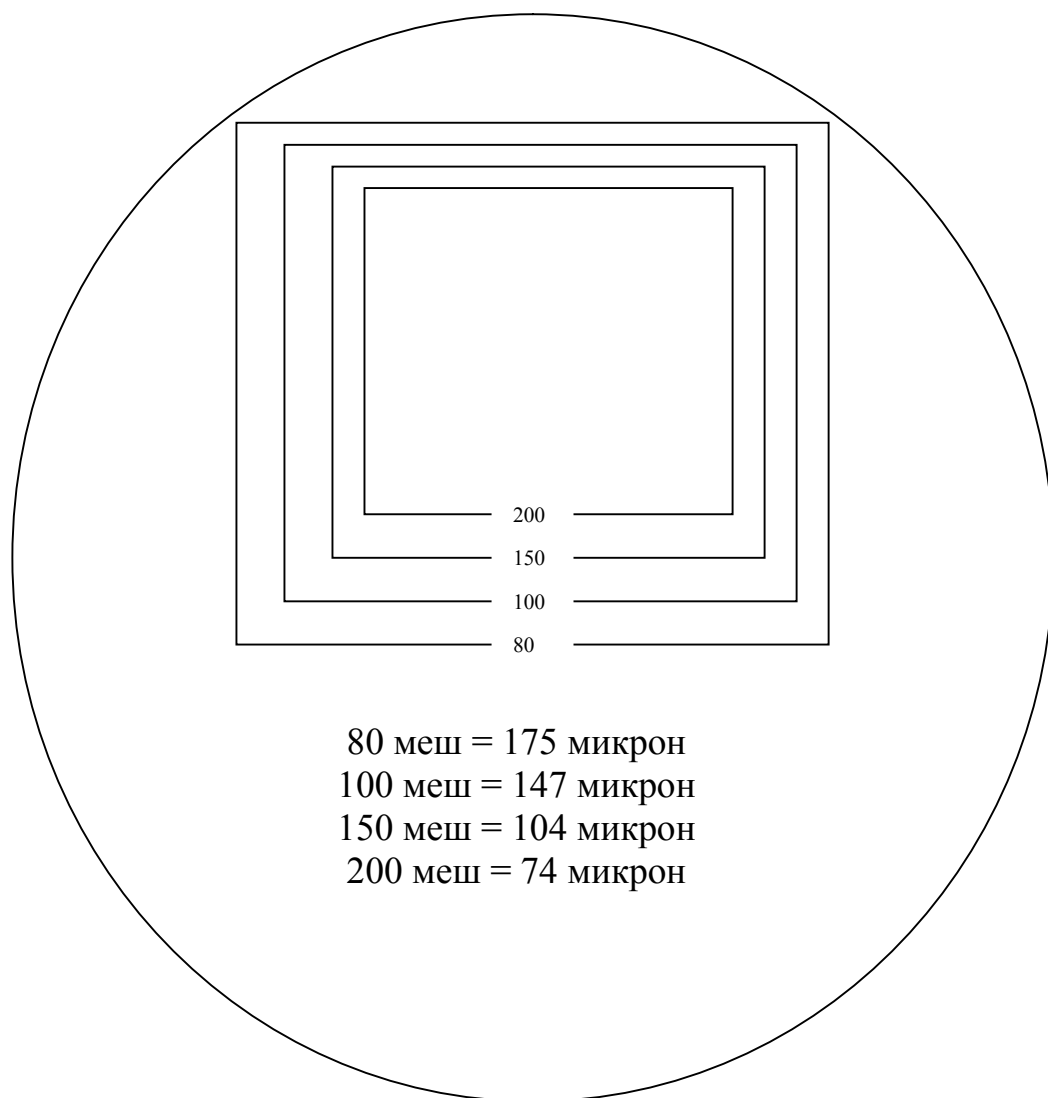


Рисунок 4-1. Размеры отверстий сетки в мешках по сравнению с отверстием 0,5 мм

Каждая система микроорошения должна включать как минимальное требование какой-нибудь вид сетчатого фильтра. Размер отверстия сетки должен быть между 1/5 для неорганического вещества и 1/10 для органического вещества размера отверстия применяемых эмиттеров.

Дисковые фильтры

Дисковые фильтры – фильтры, состоящие из ряда борозчатых дисков, помещенных по середине вместе. Вода проходит по бороздкам в диски, улавливая любые большие частицы. Вода фильтруется от наружной до внутренней стороны дисков, и они очищаются путём разделения и промывания дисков. Они пригодны для удаления неорганических веществ и некоторых легковесных масс органического вещества.

Песчано-гравийные фильтры

Песчано-гравийный фильтр – это резервуар, наполненный песком, или «средой». Песчано-гравийные фильтры особенно подходят для систем микроорошения, так как они являются трёхмерными фильтрами, улавливающими загрязнители как на поверхности, так и глубже внизу, в основании среды. Песчано-гравийные фильтры служат для удаления мелких взвешенных частиц, таких, как водоросли, частицы почв и органический детрит. Они часто необходимы там, где для орошения используются такие источники поверхностной воды, как реки или водохранилища. Качество воды, выходящей из песчано-гравийного фильтра, зависит от скорости потока через фильтр, и от вида применяемого песка. В общем, чем ниже скорость потока и чем мельче песок, тем лучше будет фильтрация. Однако более низкая скорость потока означает большее количество фильтров и более высокие затраты, а более мелкий песок может привести к большей потере напора и более частой промывке. Поэтому проектирование фильтростанции со средой должно основываться на необходимом качестве выходящей воды.

Песчано-гравийные фильтры очищают с помощью обратного промывания. Во время этого процесса нормальное направление потока воды вниз изменяется на противоположное и она проходит назад вверх через среду, образуя суспензию в основании среды и удаляя уловленные загрязнители. Скорость обратной промывки следует регулировать осторожно так, чтобы удалять только загрязнители, а среда оставалась в фильтре. За песчано-гравийным фильтром должен следовать сетчатый фильтр для защиты от возможности попадания фильтрующего песка в систему орошения.

Обработка воды



Сетчатый фильтр с развёртывающим устройством (сканером) всасывания.



Гидроциклон



Дисковый фильтр



Ряд песчаных фильтров.

Рисунок 4-2. Широко распространённые виды оборудования для фильтрации.

Методы химической обработки воды

Прежде чем принимать какое-либо решение о добавке химических веществ в поливную воду, следует указать, что существует две потенциальные опасности:

1. Первая возможная опасность связана с впрыскиванием химических веществ при непосредственном потреблении поливной воды людьми или животными. Люди, работающие в поле и привыкшие пить или мыться поливной водой, должны быть перевоспитаны, и проектировщик системы должен признать, что химически обработанная вода может быть токсичной.
2. Вторая возможная опасность – обратный поток. Обратный поток – изменение направления нормального потока, вызванное сифонированием или обратным давлением. Обратный поток может привести к загрязнению системы коммунального водоснабжения, такой, как водохранилища, колодцы, муниципальные трубопроводы и т.д., если проектировщик не включил в систему соответствующее устройство предупреждения обратного потока.
3. Никогда не смешивайте соль хлористоводородной кислоты и кислоту.

Хлорирование

Практика хлорирования, которое представляет собой добавку хлора в источник воды, применялась в течение многих десятилетий как средство очистки системы питьевого водоснабжения. Хлор, растворенный в воде, действует как мощное окисляющее средство и сильно поражает такие микроорганизмы, как водоросли, грибы и бактерии. Хлорирование – эффективное, экономически выгодное решение проблемы засорения отверстия и капельницы, где такое засорение обусловлено микроорганическими продуктами роста.

Когда хлор растворяется в воде, молекулы хлора объединяются с водой в реакции, называемой гидролизом. В результате реакции гидролиза получается хлорноватистая кислота (HOCl):



После этой реакции хлорноватистая кислота затем вступает в реакцию ионизации:



Хлорноватистая кислота (HOCl) и гипохлорит (OCl⁻), которые вместе называются «свободно доступным хлором», сосуществуют в состоянии равновесия, на которое влияет температура и pH. Там, где вода кислая (низкий pH), указанное равновесие смещается влево и приводит к высокому проценту свободно доступного хлора, находящегося в форме HOCl. Там, где вода основная (высокий pH), высокий процент свободно доступного хлора встречается в форме гипохлорита.

Так как эффективность HOCl в уничтожении микроорганизмов примерно в 40-80 раз больше, чем OCl⁻, эффективность хлорирования очень зависит от pH воды источника. Поэтому вода, имеющая низкий pH, может привести к высокой концентрации HOCl, которая является более сильнодействующим биоцидом.

Другой релевантной чертой химии хлора является то, что свободно доступный хлор сильно реагирует с легко окисляемыми веществами, такими, как полуторасернистое железо, сульфид магния и сероводород, часто образуя нерастворимые соединения, которые могут вызывать необходимость в удалении. Хлор реагирует с аммиаком, образуя соединения, называемые хлораминами, и поэтому там, где азотное удобрение должно вноситься с помощью системы микроорошения, следует принять меры для обеспечения внесения азота и хлора в разное время. Наиболее распространенными соединениями хлора, применяемыми в системах микроорошения, являются гипохлорит кальция и натрия и хлорный газ.

Гипохлорит кальция

Гипохлорит кальция продаётся в сухой форме как порошок или гранулы, спрессованные таблетки или пилюли. Гипохлорит кальция легко растворяется в воде и при надлежащих условиях хранения относительно устойчив. Гипохлорит кальция следует хранить в прохладном сухом месте, устойчивом к коррозии.

Гипохлорит натрия

Раствор гипохлорита натрия имеется в продаже в концентрации до 15 %. Гипохлорит натрия легко расщепляется при высоких концентрациях и подвержен действию света и тепла и должен храниться в прохладном месте в резервуарах, устойчивых к коррозии.

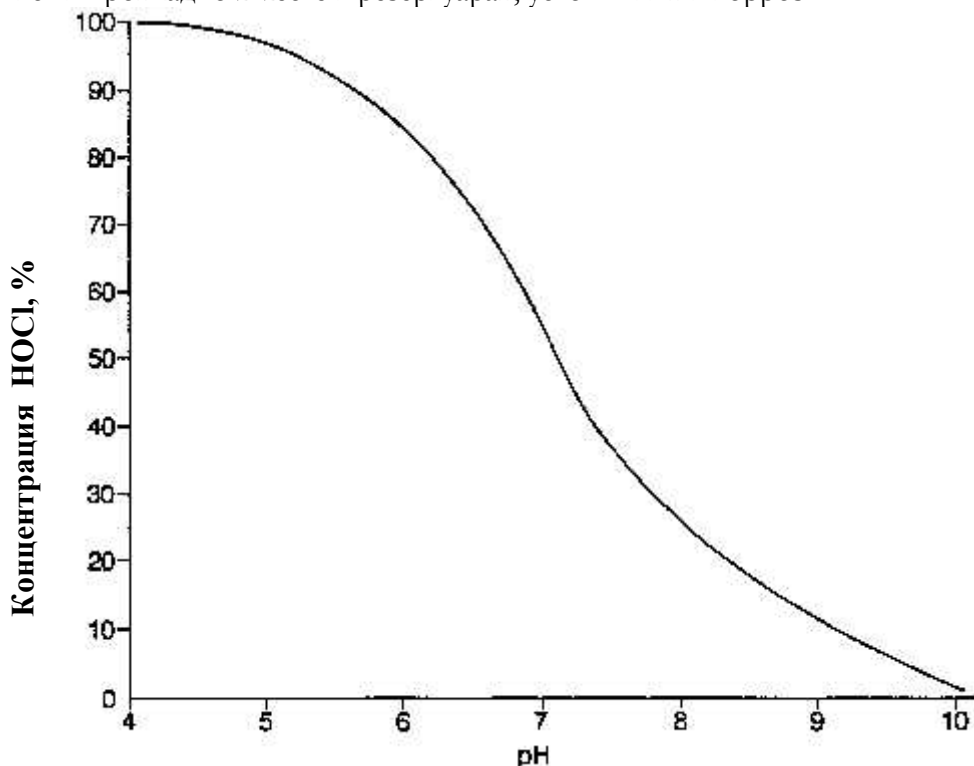


Рисунок 4-3. Концентрация HOCl как функция pH.

Хлорный газ

Хлорный газ поставляется как сжиженный газ под высоким давлением в контейнерах переменного размера, от 45-килограммовых цилиндров до 1-тонных контейнеров. Хлорный газ как очень ядовитый, так и очень коррозионный; и так как он тяжелее, чем воздух, на уровне пола хранилищ должна быть обеспечена соответствующая вытяжная вентиляция.

Впрыскивание хлора

Хлор можно вводить в систему с помощью ряда способов. Гипохлорит натрия (жидкость) или гипохлорит кальция (твердое вещество) можно вводить в систему дозированно, или хлорный газ можно растворять непосредственно в подводящем (питающем) трубопроводе, используя дозатор, называемый хлоратором. Там, где требуется хлорирование более крупных систем, газовая система может быть весьма выгодной с экономической точки зрения, но для меньших систем могут больше подходить твердые или жидкие формы. Введение хлорного газа, не смотря на потенциальную опасность в некоторых условиях, широко применяется, потому что обычно оно является наиболее дешёвым способом. Применение газа предпочтительно также на территориях, где добавление натрия или кальция в почву надо избегать.

Хлор – сильно окисляющее средство и в концентрированной жидкой или газообразной форме может быть опасным, если применяется без соблюдения инструкций изготовителя. На всех резервуарах, содержащих растворы хлора, следует установить предохранительные клапаны для защиты от создания давления.

Хлорирование системы может быть непрерывным или прерывистым, в зависимости от предполагаемых результатов. Там, где цель – подавить рост биологических культур в поливных трубопроводах, капельницах или других частях системы, как правило, оказалась удовлетворительной прерывистая обработка. Непрерывная обработка будет необходимой в тех случаях, когда целью является обработка самой воды, как в случае, где хлор впрыскивается для осаждения растворившегося железа. Непрерывное автоматическое хлорирование можно также рекомендовать в ситуациях, когда умение операторов системы надёжно выполнять непрерывную обработку подвергается сомнению. Общие рекомендации по впрыскиванию хлора даются ниже:

1. Впрыскивайте хлор в точку вверх по течению фильтра. Это предупреждает рост бактерий или водорослей в фильтре, который снижает эффективность фильтрации. Это позволяет также удалять какие-либо осадки, вызванные впрыскиванием хлора, и исключает фильтр как потенциальный инкубатор, для роста органических соединений.
2. Вычислите количество хлора, которое надо впрыскивать. Необходима следующая информация: объём обрабатываемой воды, действующее активное вещество применяемого хлорсодержащего химического вещества и требуемая концентрация обрабатываемой воды.
3. Впрыскивание следует начинать с включением системы.
4. Возьмите пробу воды, выходящей из капельницы на ближайшем поливном трубопроводе и определите уровень свободного хлора, используя набор приборов для анализа хлора. Пусть пройдет достаточно времени, чтобы получить устойчивое показание.
5. Настройте дозу впрыскивания. Повторите шаги 4 и 5 пока не достигнете желаемой концентрации.
6. Отберите пробу воды, выходящей из капельницы, в конце наиболее отдаленного поливного трубопровода и определите содержание свободного хлора. Если имеет место заметное снижение концентрации, увеличьте дозу впрыскивания, чтобы компенсировать поглощение хлора в системе.
7. После хлорирования Вам следует тщательно промыть систему поливной водой.

Рекомендуемая концентрация хлора

Вам могут понадобиться следующие руководящие указания по концентрациям. Эти концентрации отбирают в конце наиболее отдаленного поливного трубопровода.

1. Непрерывная обработка для предупреждения роста водорослей или бактерий: 1-2 ppm (части на миллион).
2. Периодическая обработка для уничтожения образовавшихся водорослей, или бактерий: 10-20 ppm в течение 30-60 минут. В большинстве случаев, где требуется борьба с микро органическими слизями или продуктами роста, рекомендуется периодическая обработка. Частота периодической обработки будет зависеть от уровня загрязнения водоснабжения. Проводите обработки вначале часто, а затем постепенно реже, если это позволяют условия.
3. Дополнительное хлорирование, чтобы растворить органическое вещество, ограничивающее расход капельницы. Впрыскивайте хлор в концентрации 500 ppm. Отключайте систему, оставьте максимум на 24 часа и затем промойте все ответвления от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы. Эта высокая концентрация хлора сильно разрушает органическое вещество и помогает устранить засорение.

Как рассчитать количество впрыскиваемого хлора

ГИПОХЛОРИТ НАТРИЯ В ЖИДКОЙ ФОРМЕ NaOCl

$$\text{Общая формула: } IR = \frac{Q * C * 0.36}{S},$$

где IR – доза впрыскивания, л/ч;

Q – расход в системе, л/с;

C –требуемая концентрация хлора, ppm (частей на миллион);

S – концентрация раствора NaOCl, %

ПРИМЕР № 1

Фермер желает применить бытовую хлорную известь (NaOCl 5.25% активный хлор), чтобы достичь в точке впрыскивания содержания хлора 2 ppm (2 ч/млн.). Расход в его системе составляет 9,8 л/с. С каким расходом следует впрыскивать хлорную известь?

Решение

$$IR = \frac{9,8L/s * 2ppm * 0.36}{5.25} = 1.34 \text{ л/час}$$

ПРИМЕР № 2

Фермер желает использовать 10.0% NaOCl, чтобы достичь содержания хлора 10 ppm в точке впрыскивания. Расход в его системе составляет 39 л/с. С каким расходом следует впрыскивать NaOCl?

Решение

$$IR = \frac{39,1л/с * 10ppm * 0.36}{10,0} = 14,08 \text{ л/час}$$

Газообразная форма Cl₂

$$\text{Общая формула: } Cl = \frac{C * Q * T}{10^6}$$

Где Cl – хлор/полив, кг,
C –требуемая концентрация, ppm (частей на миллион);
Q – расход в системе, л/м;
T – время полива, мин.

Чтобы рассчитать дозу хлора, которую надо впрыснуть в день, используйте следующую формулу:

$$C = \frac{1440 * Cl(кг)}{T(мин)}, \text{ где}$$

C – впрыскиваемая доза хлор, кг/день)

Cl – хлор/полив, кг;

T – время полива, мин.

ПРИМЕР:

Фермер хочет впрыскивать хлорный газ в систему, чтобы достичь концентрации хлора 15 ppm (частей на миллион) при впрыскивании в магистральный трубопровод. Если расход в магистральном трубопроводе 8500 л/мин, а время полива – 120 мин, какова доза впрыскивания газа?

Решение

$$Cl = \frac{15 * 8500 * 120}{10^6} = 15.3 \text{ кг}$$

$$C = \frac{1440 * 15.3}{120} = 183,6 \text{ кг/день}$$

Впрыскивание кислоты

Впрыскивание кислоты, как правило, проводится для снижения pH как механизма решения различных проблем качества воды. Обработка кислотой часто применяется для предупреждения осаждения таких растворившихся твёрдых веществ, как карбонаты и железо. Кислота может также применяться для подавления роста микроорганизмов в системе и может использоваться в сочетании с хлором для повышения концентрации НОСl, которая усиливает биоцидное действие хлора. Впрыскивание кислоты, как правило, проводится периодически и не влияет на рост большинства многолетних растений. Обращаясь к кислотам, следует быть осторожным, так как многие компоненты системы и инжекторные насосы неустойчивы к кислоте. Поэтому следует позаботиться о том, чтобы применялись только насосы из материалов, устойчивых к кислоте.

* Проверяйте, находится ли магистральный трубопровод в состоянии, подходящем для использования таких химических веществ, как кислота.

К различным широко применяемым кислотам относятся фосфорная кислота (которая добавляет также фосфат в корневую зону), соляная кислота (хлористоводородная кислота) и серная кислота (серный ангидрид). Все кислоты опасны, если применяются неверно.

Предостережение: всегда добавляйте кислоту в воду, никогда не добавляйте воду в кислоту.

Методика применения кислоты следующая:

1. Рассчитайте количество впрыскиваемой кислоты. Вам необходимо знать объем обрабатываемой воды, концентрацию и вид используемой кислоты, pH воды и требуемую величину pH после обработки.
2. Впрыскивание следует начинать при включении системы.
3. Перейдите к эмиттеру на ближайшем поливном трубопроводе и определите pH, применяя комплект приборов для анализа pH или индикаторную бумагу для определения pH. Предоставьте достаточно времени для получения устойчивого показания.
4. Настройте дозу впрыскивания.
5. Повторяйте шаги 3 и 4 до тех пор, пока не получите требуемую концентрацию.

Как рассчитать количество впрыскиваемой кислоты

Для того, чтобы рассчитать количество кислоты, добавляемой в поливную воду, для достижения требуемой величины pH, необходима кривая титрования, и для этого требуется лаборатория с соответствующим оборудованием. В поле легче всего взять 200-литровую железную бочку и наполнить её поливной водой. Затем медленно добавляйте кислоту той разновидности, которую Вы желаете впрыскивать, в железную бочку, и размешивайте с водой, чтобы получить надлежащую смесь. Измерьте pH воды и повторяйте до тех пор, пока не будет получена требуемая величина pH. Количество требуемой кислоты может быть весьма маленьким, и при использовании серной кислоты для снижения pH от 7 до 4 может потребоваться 30 миллилитров.

Когда количество необходимой кислоты для поправки рН воды было измерено, расчет количества кислоты, впрыскиваемой в систему при известном расходе системы представляет собой простую операцию.

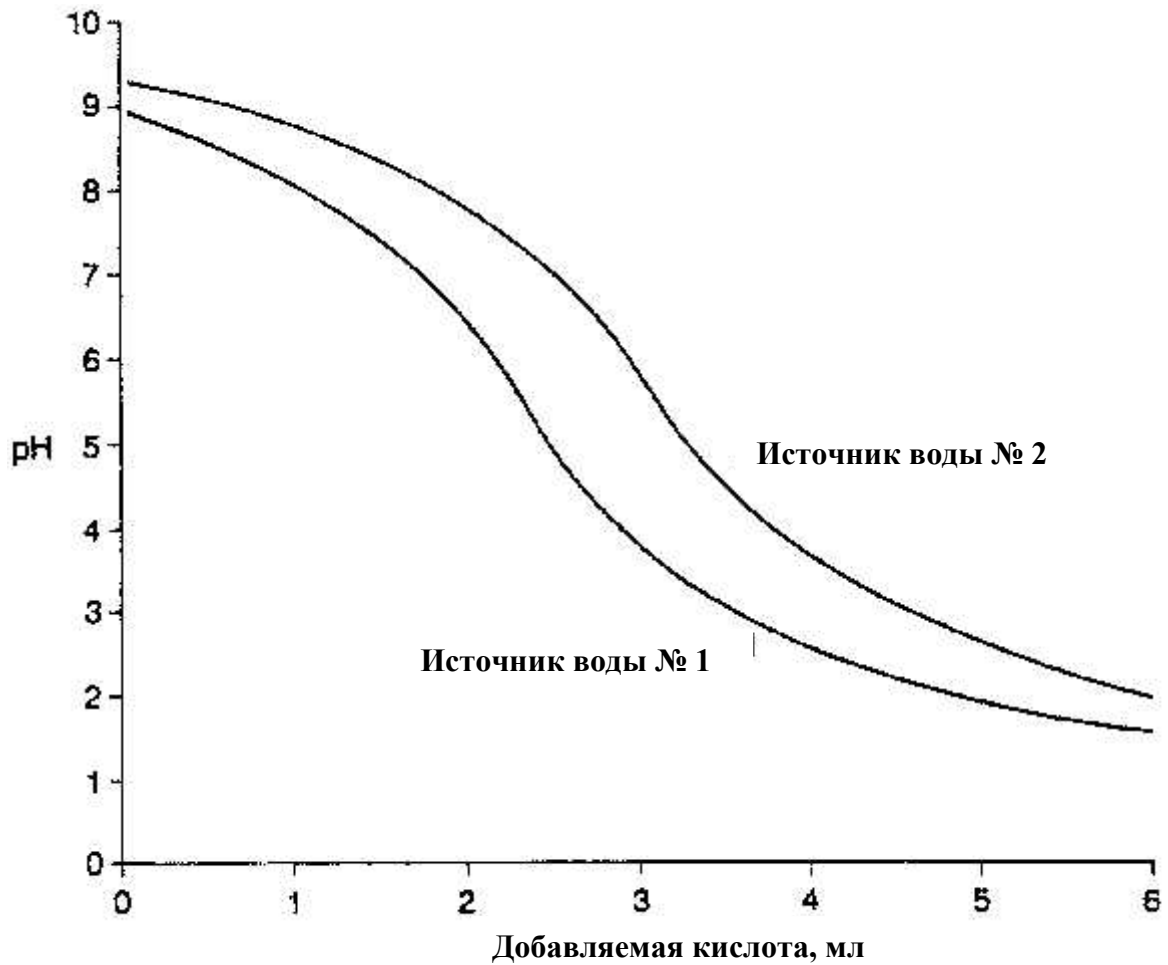


Рисунок 4-4. Кривая титрования для различных источников воды
ПРИМЕР

В случае 200-литровой железной бочки для снижения рН до 4 необходимо добавить 150 мл. соляной кислоты. Расход в системе = 12 л/с. Какое впрыскивание кислоты требуется?

Решение

$$1. \text{ Соотношение} = \frac{150}{200} = 0,75 \text{ мл/л.}$$

$$\text{Расход кислоты} = 12 \times 0,75 = 9 \text{ мл/с} = 32,4 \text{ л/ч}$$

Раздел 5

Внесение удобрений

Введение

Микроорошение открыло новые захватывающие возможности для точного внесения удобрений и других химических веществ. Полное использование этих возможностей вскоре признается как опыт и научный прогресс. Действительно, способность системы микроорошения применяется в качестве системы транспортировки удобрений, пестицидов и других с/х химикатов породило полностью новую технологию, широко известную как «химигация/фертигация». Было получено несколько следующих результатов наблюдений:

1. Развитие корней интенсивное на ограниченном участке почвы, увлажнённой системами микроорошения. Системы микроорошения поставляют питательные вещества для растений и другие химические вещества непосредственно в увлажняемую зону, обеспечивая максимальную доступность и эффективность использования химических веществ культурой.
2. Впрыскивание удобрений с помощью системы орошения даёт большую экономию рабочей силы, машинного оборудования и топлива, по сравнению с традиционными способами внесения химических веществ.
3. Предельно высокая эффективность внесения, присуща для хорошо сконструированных систем микроорошения, обеспечивает одинаковое, равномерное внесение удобрений и других сельскохозяйственных веществ под культуру.
4. Было установлено, что химические вещества, которые, как считали, плохо перемещаются по почве, такие, как калий, имеют значительно большую подвижность, когда вносятся из точечного источника с помощью систем микроорошения.

С помощью системы микроорошения можно вносить ряд сельскохозяйственных удобрений. Проверьте со специалистами, зарегистрированы ли они для внесения с помощью системы микроорошения. Однако надо позаботиться о том, чтобы эти химические вещества не вступали в реакцию со встречающимися в природе растворившимися твердыми веществами, такими, как кальций, или друг с другом таким образом, что происходит осаждение или отложение. Осаждение растворившихся твердых частиц может вызвать засорение капельниц или отверстий, и в некоторых случаях может быть необходимым добавление химических веществ для регулирования рН или же для предупреждения осаждения.

Для того чтобы избежать засорения и других потенциальных проблем, были разработаны следующие рекомендации во внесении сельскохозяйственных химикатов с помощью системы микроорошения:

1. Химические вещества должны быть достаточно растворимыми.
2. Если для приготовления маточного раствора для последующего впрыскивания применяется более одного химиката, химикаты должны реагировать друг с другом, образуя осадок.
3. Химикаты должны быть совместимыми с элементами, с которыми они вступают в контакт после впрыскивания в поливную воду.
4. При растворении в воде химические вещества не должны образовывать пены или осадков, которые попадут в систему орошения, создавая проблемы.
5. Применяемые химические вещества не должны разъедать, вызывать ржавчину или, другими словами, повреждать материалы или компоненты, используемые в системе микроорошения. Особенно повреждать могут некоторые химические вещества; хлор, например, может повреждать составные части из латуни, применяемые в манометрах, счетчиках или рабочих колесах насосов, а некоторые наметициды могут разъедать поливинилхлоридные эластомеры и некоторые другие пластмассы.
6. Точка впрыскивания химического вещества должна быть размещена вверх по течению фильтра системы таким образом, чтобы какие-либо загрязняющие вещества или осадки, полученные в результате впрыскивания химического вещества, удалялись.

Источники воды варьируют по своему химическому составу, и их реакция на добавление химических веществ не всегда предсказуема. Например, системы снабжения водой для коммунальных нужд часто хлорируются для подавления болезнетворных организмов и могут содержать как свободный хлор, так и химические продукты реакций хлора с органическими веществами. Впрыскивание удобрений в воду, содержащую хлор или его химические побочные продукты, может привести к осаждению нерастворимых соединений, которые могут засорять капельницы или отверстия.

До того, как в систему впрыскивать какое-либо химическое вещество, в том числе удобрение, следует провести простой тест на совместимость. Возьмите чистую бутылку и наполните водой из системы водоснабжения. Добавьте небольшое количество химического вещества, которое надо впрыскивать так, чтобы концентрация была незначительно выше, чем ожидаемая в системе, и хорошо

встряхните. Дайте постоять спокойно в течение 24 часов и затем проверьте на какие-либо осадки на дне и пену на поверхности воды. Если протекает какая-нибудь реакция, впрыскивание этого химического вещества не рекомендуется. В какое-либо одно время предпочитают впрыскивать только одно химическое вещество.

Фертигация

Внесение удобрений посредством систем микроорошения широко распространено и представляет одно из главных преимуществ микроорошения. Так как эффективность применения систем микроорошения обычно может достигать 90%, экономия удобрений может быть существенной, и некоторые потенциальные проблемы, обычно связанные с применением химических веществ на листьях, такие, как опасность ожога листьев и вдыхания, могут быть исключены при применении микроорошения.

Азот – это элемент, весьма часто вносимый с помощью систем микроорошения. Однако нередко удобрение фосфором и калием овощных культур, которые имеют высокие потребности в удобрении. Имеется ограниченный опыт, но возрастает интерес к удобрению фосфором, калием и цинком деревьев по средствам микроорошения в тех случаях, когда анализ листьев указывает на необходимость.

В общем большинство необходимых удобрений можно вносить с помощью системы орошения. Однако могут быть еще необходимыми предпосадочные подкормки, особенно фосфатом. В идеальном случае удобрение следует вносить постоянно в соответствии с потребностями растений. Непрерывное внесение небольших количеств обеспечит растениям надлежащим образом питательными веществами при очень маленькой потере удобрений.

Полные удобрения можно купить как жидкости или растворимые твердые вещества. При использовании растворимых твердых веществ следует позаботиться о том, чтобы выяснить, подходят ли они для систем микроорошения. Полное сухое удобрение должно быть высоко растворимым и образовывать устойчивый раствор для безопасного применения в системе микроорошения. Жидкие удобрения NPK, как правило, пригодны для систем микроорошения, и их можно купить с разнообразными соотношениями NPK для большинства культур и стадий роста.

Частицы некоторых твердых гигроскопических (поглощающих воду) удобрений, которые отвечают вышеуказанным требованиям, покрывают глиной или воском, чтобы предотвратить поглощение воды и спекание при хранении. Покрытия могут вызывать пену, которая образуется на поверхности, или осадок, скапливающийся в нижней части основных растворов. Несколько мер предосторожности могут предупредить попадание таких осадков в систему, в том числе помещение выпускной трубки на высоте нескольких дюймов над дном резервуара с маточным раствором и периодическое удаление какой-либо пены или ила. В эмульсировании восковых покрытий и предупреждении образования пены могут быть полезными смачивающие средства. Размещение точки впрыскивания перед фильтром в узлоловителе также минимизирует засорение капельницы.

Растворы концентрированных удобрений или удобрения с очень низким или высоким рН могут разъесть сплавы меди, цинка, алюминия и бронзы и другие металлические части системы орошения. Поэтому компоненты (узлы) системы, которые контактируют с коррозионными растворами, должны состоять из нержавеющей стали, пластмассы или других устойчивых к коррозии материалов.

Азот

Эффективность удобрения азотом с помощью систем микроорошения часто больше, чем при удобрении другими способами, так как точное размещение ограничивает удобрение корневой зоной. Азотное удобрение имеется в жидкой и сухой форме. Всё более и более предусматриваются жидкие удобрения, содержащие азот в сочетании с другими питательными элементами растений, особенно для внесения с помощью систем микроорошения.

Большинство сухих азотных удобрений обладают высокой растворимостью и, поэтому пригодны для приготовления концентрированных основных растворов для впрыскивания. Все азотные удобрения, перечисленные в таблице 5-1, – хорошие источники азота. Они содержат нитрат или аммоний, или же они содержат азот в форме, которая быстро превращается в аммоний в почвах. Конечным продуктом всех этих удобрений после реакции в почвах является нитрат.

Килограмм на килограмм действующего азота теоретически можно получить одинаковые результаты, используя любое из многочисленных имеющихся азотных удобрений. Однако надо учитывать некоторые различия в химических характеристиках. Например, при традиционных способах орошения мочевины и нитрат могут свободно перемещаться по почве с водой, тогда как аммоний удерживается частицами в почвенном профиле, и не перемещается так далеко, как мочевина или нитрат.

Однако при микроорошении содержание азота под капельницей обычно достаточно высокое, чтобы насытить места закрепления почвой и дать возможность аммонию переместиться в корневую зону.

Аммоний затем превращается в нитрат почвенными микроорганизмами и может перемещаться как вносимые нитраты, при последующих поливах.

Кислотность, образуемая различными источниками азота, заметно колеблется. Серноокислый аммоний образует значительно больше кислоты, чем другие формы азота. Поэтому он менее подходит для использования на почвах, которые кислые от природы, из-за возможности чрезмерного снижения рН почвенного раствора (величина рН ниже примерно 5,0 избыточна для большинства культур).

Азотные удобрения с меньшей окисляющей способностью, чем у серноокислого аммония, могут также повышать кислотность почв, которые не содержат извести. Когда удобрение распределяется посредством системы микроорошения, вещество вносится в локализованные зоны. В результате этого возможность окисления несколько выше, чем когда удобрение разбрасывается. Желательно время от времени осуществлять контроль рН почвы в корневой зоне, когда физиологически кислые удобрения вносятся с помощью систем микроорошения на песчаных почвах, особенно тех, которые кислые уже по природе.

Безводный аммиак или водоаммиачный раствор при впрыскивании в поливную воду, которая содержит ощутимые количества кальция и магния, может вызывать осаждение этих элементов из-за увеличения рН воды. Другие азотные удобрения, в том числе мочевины, вероятно, не вызывают неблагоприятного сдвига в рН оросительной воды. Может происходить улетучивание азота в форме NH_3 из безводного аммиака или нашатырного спирта.

Хотя проблемы засорения обычно не связаны с азотом, росту микробов, которые могут засорять капельницы, способствует раствор азота, остающийся в оросительных трубопроводах между поливами. Проблемы можно избежать, эксплуатируя систему по крайней мере один час после внесения удобрения, для того чтобы промыть трубопроводы. В тех случаях, в которых проблема серьезная, для борьбы может быть необходимым впрыскивание биоцида.

Большинство фермеров вносят рекомендуемое годовое количество с помощью системы орошения, деля годовую норму на количество поливов. Например, дерево, норма удобрений которого составляет 100 килограммов азота на гектар в год, получит за один месяц норму азота, равную 100 килограммам, деленным на количество месяцев, в течение которых проводится орошение.

Так как скорости роста изменяются в зависимости от времени года, потребность культуры в азоте также изменится. Поэтому в тех случаях, когда сезонная потребность в азоте известна для данной культуры, нормы внесения азота можно рассчитать и вносить его, когда необходимо.

Культуры с коротким вегетационным периодом требуют относительно высоких норм внесения удобрений; такие, как овощные культуры, требуют более высоких концентраций азота в оросительной воде, чем культуры, орошаемые в течение более длительных периодов и/или удобряемые в более низких дозах. Исследование промышленных овощных культур показывает, что концентрация азота в оросительной воде в результате впрыскивания удобрения может составлять 2500 мг/л, очевидно не вызывая неблагоприятного действия.

Фосфор

Фосфатные удобрения, впрыскиваемые в системы микроорошения, могут реагировать с кальцием или магнием в оросительной воде, образуя нерастворимый осадок, который может засорять капельницы. Однако полевые опыты дали большее понимание использования фосфорных удобрений и показали, что надлежащее управление может предупредить проблемы осаждения. Чтобы достичь этого, маточный раствор подкисляют, или впрыскивая серную кислоту непосредственно после впрыскивания фосфора. Впрыскивание раствора слегка подкисляет оросительную воду и предупреждает осаждение фосфора, не вызывая каких-либо неблагоприятных действий в почве. Еще один способ, который был успешным, это применение фосфорной кислоты в высококонцентрированной слабой дозе. При этой концентрированной дозе впрыскивается желаемое количество фосфора, способствующее снижению рН в достаточной степени, чтобы предупредить осаждение калия или магния.

Имеется ряд жидких удобрений, содержащих фосфор и предназначенных специально для микроорошения. В большинстве случаев фермерам, которым надо вносить фосфор с помощью систем микроорошения, рекомендуют применять специально приготовленные удобрения, а не пытаться создавать свои собственные. Потребителя предупреждают от поддержания низкого рН в оросительной воде, чтобы избежать проблем осаждения.

Перемещение фосфора в почвах такое ограниченное, что его внесение на поверхность почвы с помощью систем орошения не рекомендовалось. Однако недавние исследования показывают, что микроорошение является исключением. Было установлено, что фосфор обладает значительной мобильностью в почве при внесении с помощью систем микроорошения в низких дозах. Например, фосфор, внесенный с помощью системы микроорошения в форме ортофосфора в дозе 40 килограммов

на гектар, перемещается на расстояние 30 сантиметров вертикально и 25 сантиметров горизонтально в тяжёлом суглинке (5-10-кратное увеличение в перемещении фосфора). Увеличение вызвано внесением фосфора на очень маленькой площади поверхности, что приводит к насыщению участков закрепления фосфора почвой возле капельницы. Как только эти места закрепления занимаются, становится возможным дальнейшее перемещение фосфора с почвенной водой.

Вышеприведенная информация свидетельствует о том, что дозы фосфорного удобрения не должны быть такими высокими при внесении его с помощью систем микроорошения, хотя необходимы дальнейшие опыты для установления рекомендуемых доз для различных культур и почв.

В отличие от азота, фосфор необходимо вносить редко в период вегетации. Растения обычно требуют фосфора рано, поэтому важно, чтобы элемент, если его не достает в почве, вносили перед посадкой, во время посадки или очень скоро после посадки. Если симптомы недостатка фосфора развиваются в период вегетации, то системы микроорошения дают возможность вести поправки на поздней стадии.

Калий

Потребности большинства культур в калии удовлетворяются рассчитанными на длительное время запасами доступного калия в большинстве почв. Заметные исключения представляют некоторые овощные культуры, земляника и чернослив, которые могут требовать удобрения калием, чтобы пополнить недостаток или поддержать послеуборочную твердость.

В системах микроорошения может использоваться любой из широко распространённых источников калия, т.е. хлоридные, сульфатные или нитратные формы. Засорение при их применении не было проблемой. Подогрев маточного раствора может быть необходимым, чтобы полностью растворить сульфат калия. Эту форму и нитрат калия предпочитают хлориду калия для применения на культурах, которые чувствительны к хлориду. К ним относится большинство плодовых культур и земляника, но не овощи.

Подобно фосфору, калий обычно перемещается в почвах в очень ограниченной степени. Внесённый калий поглощается на обменном комплексе почвы. Однако исследование показало, что калий может перемещаться на расстояния от 60 до 90 см в почве в течение одного сезона при внесении с помощью системы микроорошения.

При удобрении культур в тех случаях, когда не были разработаны директивы по дозам для микроорошения, фермерам рекомендуется применять традиционную дозу в качестве отправной точки. Эту дозу можно затем снизить при полевых испытаниях, чтобы определить дозу внесения для оптимальной отзывчивости. Информация, полученная по срокам внесения фосфора, может быть также применима к калию.

Таблица 5-1. Состав и кислотность распространённых удобрений.

Удобрение	% N	% H ₂ O	% P ₂ O ₅	Эквивалентная кислотность
Аммиачная селитра	33,5			62
Сульфат аммония	21			110
Нашатырный спирт	20			36
Кальциевая селитра	15,5			-20
Мочевина	45-46			71
Хлорид калия		60-62		Нейтральная
Калиевая селитра		44-46		23
Сульфат калия	13	50-53		Нейтральная
Диаммоний фосфат	16-18		46-48	70
Моноаммонийфосфат	11		48	58
Фосфатная кислота			52-54	110

*Килограммов CaCO₃ на 100 кг. Удобрение, необходимое для нейтрализации.

Таблица 5-2. Распространенны удобрения, состав и свойства.

1. Аммиачная селитра, NH₄NO₃, 33,5-34% N. Гигроскопическая, может покрывать глиной и другими материалами. Взрывоопасная при смеси с углеводородами (т.е. дизельным топливом). Несовместима с мочевиной. Сильно растворимая.
2. Сульфат аммония, (NH₄)₂SO₄, 21% N, 24%S Безопасный и легко хранится. Высококоррозийный. Довольно растворимый. Рекомендуется для щелочных почв.

3. Кальциевая селитра, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 15,5% N, 21% Ca. Сильно гигроскопическая. Высокорастворимая. Не следует впрыскивать с фосфор содержащими веществами, так как может произойти осаждение. Слабо основная, рекомендуется для кислых почв.
4. Мочевина, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 45-46% N. Гигроскопическая. Довольно растворимая и недорогая. Может подкислять почвы. Перед добавлением к каким-либо другим удобрениям мочевины надо тщательно растворить.
5. Безводный аммиак, NH_3 , 82% N. Потенциально опасный, следует соблюдать соответствующие меры безопасности. Поглощается в воде до концентраций 30-40%. Хранится в напорных баках.
6. Нашатырный спирт, NH_4OH , 20% N. Безводный аммиак, который был растворен в воде. Обычно выпускается как 20%-ный азот. Нашатырный спирт легко транспортировать и можно хранить в баках под низким давлением.
7. Диаммонийфосфат, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, 46-48% P_2O_5 , 16-18% N.
8. Моноаммонийфосфат, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, P_2O_5 , 11% N.
9. Фосфорная кислота, H_3PO_4 , 52-54% P_2O_5 . Жидкость. Не рекомендуется, если есть высокая доля кальция в воде.
10. Хлорид калия, KCl (хлористый калий), 60-62% K_2O . Растворимый. Имеет недостаточно высокую долю хлорида.
11. Нитрат калия, (калиевая селитра), KNO_3 (селитра), 44-46% K_2O , 13% N.
12. Сульфат калия, K_2SO_4 , 50-53% K_2O . Не высоко растворимый. Альтернатива хлористому калию, если Cl представляет проблему.

Питательные микроэлементы

Соли питательных микроэлементов – хелаты или сульфаты – можно предварительно растворять и, дозируя, вводить в системы микроорошения, но было проведено недостаточно исследований по эффективности применения питательных микроэлементов, для того чтобы давать рекомендации.

Фермеры столкнулись с некоторыми проблемами, связанными с выпадением осадка и засорением капельниц, когда цинк применялся в форме сульфата. Имеются также некоторые трудности в растворении сульфата цинка для приготовления маточных растворов. Хелаты обычно высоко растворимы в воде, и не должны вызывать проблем, связанных с выпадением осадка или засорением. Однако относительно высокая стоимость хелатов ограничила их применение.

Методы химической инъекции

Химические вещества можно впрыскивать в систему микроорошения, используя насосы, устройства всасывания Вентури или дифференциальные уравнительные резервуары, как иллюстрируется на рисунке 5-1.

Важно, что впрыскивание какого-либо химического вещества происходит после того, как на систему орошения подали давление и дали достичь стабильного равновесия. Химические вещества, впрыскиваемые в систему во время включения или выключения, имеют тенденцию к плохому распределению, приводя к излишней трате химических веществ и/или нанесению ущерба урожаю.

Насосы с положительным вытеснением

Поршневые или мембранные насосы весьма популярные и дают гораздо большую точность, чем другие насосы. Их недостаток заключается в том, что они дороже и некоторые требуют больше ухода, чем другие, а также источника энергии.

Впрыскивающий насос приводят в действие внешним источником питания, как электричество, переносный бензиновый двигатель или энергия воды, используя давление воды в системе орошения. При хорошем впрыскивающем насосе впрыскивание можно точно регулировать и химические вещества можно впрыскивать с постоянной концентрацией до тех пор, пока не будет применено необходимое количество.

Устройство всасывания Вентури

Устройство Вентури популярны из-за их простоты и низкой стоимости и потому, что они не требуют источника энергии. Устройства Вентури можно устанавливать непосредственно на магистральном трубопроводе, или их можно соединять последовательно с небольшим центробежным насосом в параллельной цепи. Инжектор Вентури можно также соединять параллельно с клапаном или фильтром, чтобы воспользоваться перепадом давлений на этих компонентах системы.

Благодаря своей простоте, системы впрыскивания Вентури высоко надежные, имеется широкий ряд размеров, которые пригодны для большинства систем. Переносные блоки впрыскивания, приводимые в действие бензиновыми насосами, удобны для обычного применения, а также для ряда специальных применений.

Дифференциальные уравнильные резервуары

Дифференциальные уравнильные резервуары – простые, эффективные и надёжные впрыскивающие устройства. Они используются там, где необходимо массовое применение химических веществ без учёта их концентраций.

Дифференциальный уравнильный резервуар имеет впускное и выпускное отверстия, соединённые с магистральным трубопроводом в двух точках, имеющих различные давления воды, как через редуктор давления. Это заставляет воду течь через инжектор, постоянно вытесняя химическое вещество, которое она содержит. Таким образом, концентрация вносимого химического вещества постоянно снижается, и химическое вещество постепенно разбавляется до тех пор, пока оно всё не выбросится в систему орошения.

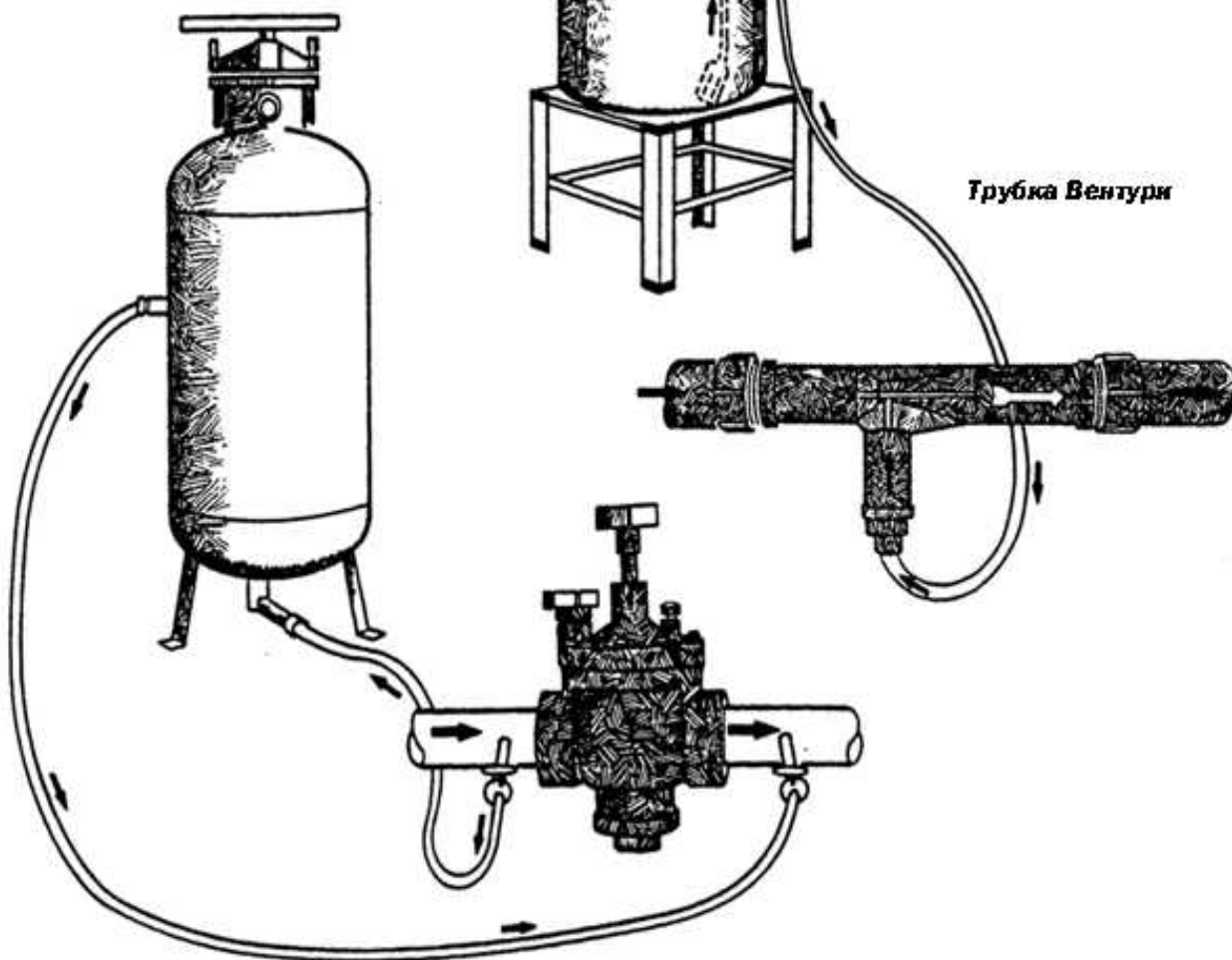
Дифференциальные уравнильные резервуары могут оказывать адекватную услугу, если понимать их преимущества и недостаток. Они часто являются наилучшими средствами внесения химических веществ, если нет источника энергии. Их главный недостаток тот, что концентрация химических веществ со временем снижается. Там, где дифференциальный уравнильный резервуар должен обслуживать только один блок, снижение концентрации может быть неважным. Там, где надо орошать несколько блоков полей друг за другом, равномерное распределение впрыскиваемого химического вещества требует тщательного планирования и управления.

Впрыскивание сухих химических веществ

Жидкие химические вещества можно впрыскивать непосредственно в систему с помощью впрыскивающего инжекторного насоса, устройства Вентури или дифференциального уравнильного резервуара. Сухие химические вещества и порошковидные удобрения можно добавлять несколькими способами:

1. Сухие химические вещества можно просто помещать в дифференциальный уравнильный резервуар. Когда система орошения начинает работать, вода течёт в резервуар через впускное отверстие с более высоким давлением, наполняя резервуар водой и растворяя некоторое количество сухого химического вещества. Как только резервуар заполнится, вода вытечет через выпускное отверстие, вынося с собой некоторое количество растворённого химического вещества.
2. Сухие химические вещества можно поместить в открытую камеру равновесия, в которой уровень воды концентрируется поплавковым клапаном. Если имеется больше химического вещества, чем может быть растворено, и если обеспечено надлежащее размешивание, можно поддерживать фактически постоянную концентрацию, когда твёрдые частицы растворяются в воде и впрыскиваются в систему.
3. Сухое химическое вещество можно полностью растворить в сборном резервуаре, а раствор впрыскивать впрыскивающим насосом.

Резервуар с перепадом давления



Трубка Вентури

Инжекторный насос

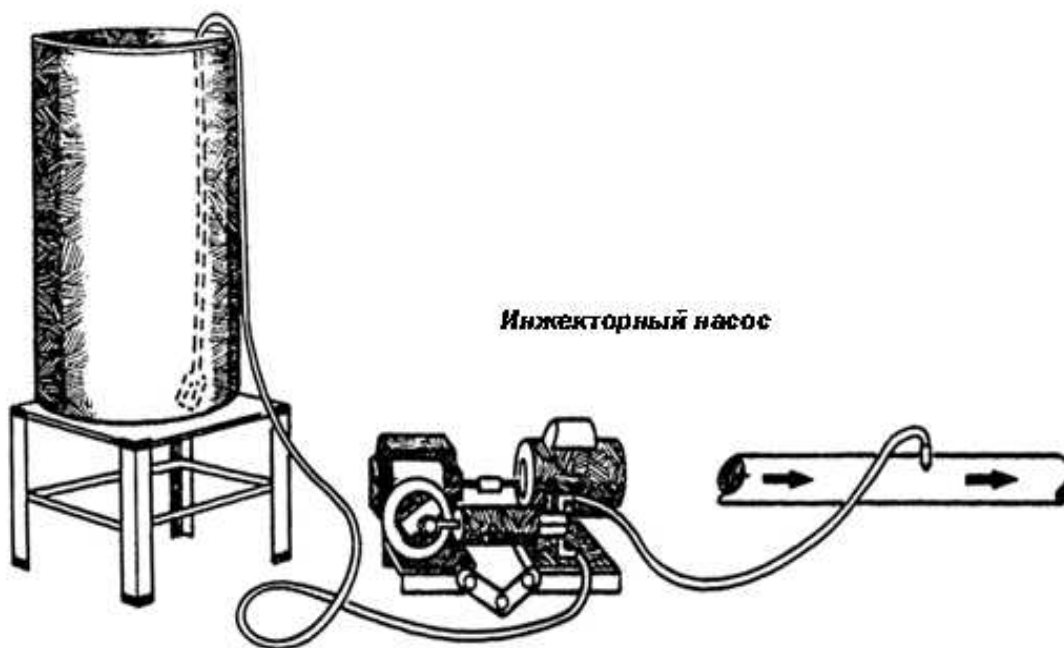


Рис. 5-1. Устройство впрыскивания химических веществ

Раздел 6
Гидравлическая теория
капельниц

Характеристики капельниц

Перед началом обслуживания капельниц хорошо бы было рассмотреть качества, которым могло бы обладать идеальное устройство. Идеальное устройство обладало бы рядом желательных качеств. Оно могло бы быть:

1. недорогим;
2. легким для изготовления;
3. лёгким для установки;
4. устойчивым к засорению;
5. полностью компенсирующим давление;
6. не меняющим своей производительности в течение времени;
7. надёжным;
8. точным.

На практике большинство капельниц обладают лишь несколькими из этих признаков, и поэтому необходимо рассмотреть, какие из этих качеств необходимы, а какие нет, для определённой системы. Например, устойчивость к засорению может быть крайне желательной при загрязнённой поверхности источников воды и относительно не важной при чистой воде из скважин. Компенсация выравнивания давления может быть также полезной на крутой или волнообразной местности, но даёт менее реальных преимуществ в спроектированной надлежащим образом системе микроорошения на средней однородной местности.

Капельницы ламинарного потока

В ламинарном потоке жидкие частицы перемещаются медленно и спокойно, на низкой скорости. Устройства ламинарного потока регулируют поток воды, рассеивая энергию с помощью трения о стенки водовода. Чем меньше или длиннее водовод, тем больше сопротивления трению о поток воды. Поэтому в устройстве ламинарного потока обычно используются длинные и узкие пути потока. Микротрубки, капиллярные трубки и капельницы со спиральным путём являются хорошими примерами устройств ламинарного потока.

Устройства ламинарного потока простые, надёжные и недорогие, и при надлежащем проектировании и управлении эти устройства работают хорошо. Недостатком этих устройств является то, что они относительно чувствительны к давлению (их расход значительно колеблется в зависимости от давления) и они склонны к засорению из-за их потока с низкой скоростью и небольших диаметров путей потока. Устройства ламинарного потока чувствительны к вязкости воды, что означает, что их расход может изменяться в зависимости от температуры воды.

Капельницы турбулентного потока

В турбулентном потоке жидкие частицы быстро перемещаются в форме нерегулярных случайных движений. Устройства турбулентного потока регулируют поток воды, рассеивая энергию при трении о стенки водовода, а также между самими жидкими частицами. Капельницы-отверстия являются примером устройства турбулентного потока, и многие капельные «ленты», в которых используются капельницы-отверстия для регулирования потока являются настоящими устройствами турбулентного потока.

Кроме устройств типа капельниц-отверстий капельницы с извилистым путем потока являются до некоторой степени устройствами турбулентного потока с турбулентностью и рассеиванием энергии при трении о стенки. По сравнению с устройствами ламинарного потока, устройства турбулентного потока имеют преимущество более коротких или более широких путей потока и более высоких скоростей потока, что повышает устойчивость к засорению. Также в той степени, в которой устройство является действительно устройством турбулентного потока, его расход менее чувствительный к колебаниям давления, чем устройства ламинарного потока, и его расход не подвергается действию температуры воды.

Капельницы, компенсирующие давление

Устройства компенсации давления могут быть устройствами или ламинарного, или турбулентного потока. В любом случае в этих устройствах используется давление на входе, чтобы изменять размер, форму или длину пути потока. Эта модификация пути потока обычно осуществляется путём индуцированной с помощью потока деформации эластомерного диска, диафрагмы или водовода. В связи с этим, устройства компенсации давления могут иметь надлежащий расход при довольно широком диапазоне давлений на входе и в пределах этого диапазона их расходы относительно постоянны.

Капельницы с компенсацией давления имеют тот недостаток, что эластомерные материалы, применяемые в их конструкции, имеют тенденцию к изменению своих свойств по мере старения. В зависимости от материала, эластомер может иметь тенденцию к поглощению воды, потере своей

эластичности или деформации под действием длительной нагрузки. Изменение свойств эластомера с течением времени может привести к изменению работы устройства. Поэтому крайне важно, чтобы эластомерный материал, используемый в конструкции капельницы, был высшего качества.

Теория капельниц ламинарного и турбулентного потока

Несмотря на ряд имеющихся устройств капельного водовыпуска и требований, предъявляемых к ним, все устройства капельного водовыпуска регулируют поток воды, рассеивая энергию с помощью сопротивления трению. Устройства капельного водовыпуска обычно работают по формуле потока:

$$Q=Kd(H)^x, \quad (\text{ур. 6.1.})$$

где Q – расход, л/ч, H – рабочее давление, кПа; Kd – коэффициент потока; X – экспонента потока.

Величина коэффициента потока Kd связана с физическими размерами водоотвода. Экспонента потока X может колебаться от 0 до 1, в зависимости от устройства капельницы. Величина X важна, так как она играет большую роль в равномерности полива водой. Чем ниже величина X , тем больше устройство компенсирует давление. Таким образом, в случае капельниц, полностью компенсирующих давление, X равен нулю, расход постоянный в определенном диапазоне рабочих давлений и равномерность системы теоретически безупречная. В случае капельниц, не компенсирующих давление, величина X зависит от того, вертикальный поток капельницы, полностью турбулентный, полностью ламинарный или где-то между турбулентным и ламинарным.

Теория ламинарного потока

Теоретическую величину X для полностью ламинарного потока получают из уравнения Дарси-Вайсбаха и связанного графика Мути следующим образом:

$$Hf = \frac{fL^2}{2gD}, \quad (\text{ур. 6.2})$$

где H – потеря напора воды в результате трения, м; f – коэффициент трения; L – длина трубопровода, м; D – диаметр трубопровода, м; V – средняя скорость потока, м/с.

Для ламинарного потока ($R < 2000$), f представляется с помощью уравнения Хагена_Пуассея как $f=64/R$, где R – число Рейнальда и дается как $R = VD/v^*$. Подставив эту величину в f в уравнении Дарси-Вайсбаха и решив уравнение расхода Q (где $Q=VA$, а A – площадь поперечного сечения трубопровода), получаем:

$$Hf = \frac{64LV^2}{RD2g}, \quad \text{и, так как } R=VD/V^*,$$

$$Hf = \frac{64vLV}{2gD^2}, \quad \text{и, так как } V=Q/A,$$

$$Hf = \frac{64vLQ}{2gAD^2}; \quad \text{и находим } Q:$$

$$Q = \left(\frac{gAD^2}{32vL} \right) Hf, \quad (\text{ур. 6.3}),$$

Где V – кинематическая вязкость.

Из уравнения 6.3 видно, что в случае полностью ламинарного потока расход прямо пропорционален потере на трение Hf . Отсюда следует, что величина X в уравнении 6.1 равна 1.0 для полностью ламинарного потока.

Уравнение 6.3 показывает также обратную зависимость между расходом и кинематической вязкостью V для полностью ламинарного потока. Кинематическая вязкость имеет обратно пропорциональную зависимость от температуры, и поэтому расход какого-либо устройства ламинарного потока имеет прямую пропорциональную зависимость от температуры воды и должен соответственно точно определяться. Таблица 6-1 даёт коэффициенты поправки, используемые при вычислении расходов капельниц для температур воды, отличных от стандартной температуры 20° Цельсия (68° Фаренгейта).

Таблица 6-1. Коэффициенты поправки для расходов капельниц.

Градусов Целься	Градусов Фаренгейта	Коэффициент поправки		
		X=0,6	X=0,8	X=1,0
5	41	0.94	0.87	0.63
10	50	0.95	0.92	0.75

15	59	0.98	0.95	0.87
20	68	1.00	1.00	1.00
25	77	1.02	1.05	1.13
30	86	1.04	1.10	1.28
35	95	1.06	1.14	1.43
40	104	1.08	1.19	1.56
45	113	1.10	1.24	1.7
50	122	1.12	1.29	1.85

Теория турбулентного потока

Для полностью турбулентного потока коэффициент трения f – константа для данного трубопровода и не зависит от числа Рейнольда и вязкости. Подставляя $V=Q/A$ в уравнение 6.2, получаем:

$$Hf = \frac{L}{f^{D^2g} (Q/A)^2}, \text{ а решение для } Q \text{ даёт:}$$

$$Q = (A \sqrt{2gD/fL}) Hf^{1/2} \quad (\text{ур. 6.4})$$

Из уравнения 6.4 видно, что в случае полностью турбулентного потока расход Q пропорционален квадратному корню потери на трение H_f . Следовательно, величина X в уравнении 6.1 равна 0.5 для полностью турбулентного потока.

Поток через капельницу-отверстие – специальный случай полностью турбулентного потока. В случае потока через капельницу-отверстие общеизвестное уравнение потока через капельницу-отверстие, полученное из уравнения Бернули, даётся как:

$$Q = K C_d D^2 \sqrt{H}, \quad (\text{ур.6.5}),$$

где Q – расход капельницы-отверстия, л/ч; D диаметр капельницы-отверстия, мм; C_d – коэффициент расхода*; H – перепад давлений, м; K – константа.

* C_d колеблется от 0,60 до 1,0, в зависимости от конструкции входа в капельницу-отверстие.

Из уравнения 6.5 видно, что расход Q пропорционален квадратному корню перепада давлений в капельнице-отверстии. Поэтому величина X этих устройств равна 1. Расход Q для устройств ламинарного потока также изменяется с изменением вязкости и, следовательно, с изменениями температуры воды.

Для капельницы с полностью турбулентным потоком, в том числе для капельниц-отверстий, расход Q изменяется, как квадратный корень рабочего давления. Другими словами, величина X этих устройств равна половине. Расход этих устройств полностью турбулентного потока также не зависит от вязкости и, таким образом, не подвержен действию температур воды.

Рисунок 6-1 иллюстрирует различные виды режимов потока и величины X , связанные с ними. Приводятся также распространённые примеры видов капельниц и их соответствия на шкале величин X .

Рисунок 6-2 иллюстрирует изменение расхода капельниц как функцию изменения давления для величин $X = 0, 1/2$ и 1. Обратите внимание, что все три капельницы имеют одинаковый расход 4 литра в час при 100 кПа или минус 20 кПа для изменения давления плюс или минус 20%. На вертикальных осях слева показаны фактические изменения расхода капельниц.

Рисунок 6-1. Величины X для различных режимов потока и капельниц.

Режим потока	Величина X	Вид капельницы
Переменный путь потока	0.0	Капельницы компенсирующие (выравнивающие) давление
	0.1	
	0.2	
	0.3	
Вихревой поток	0.4	Вихревые капельницы
Полностью турбулентный поток	0.5	Поток через капельницу-отверстие, извилистый путь
	0.6	
Главным образом турбулентный поток	0.7	Длинный или спиральный путь
	0.8	
Главным образом ламинарный поток	0.9	Микро трубка
Полностью ламинарный поток	1.0	Капиллярный поток

Опытное определение X

Фактическую величину X для данного вида капельницы можно определять опытным путем, включая (приводя в действие) капельницу при двух рабочих давлениях – H_1 и H_2 – и внимательно

измеряя расходы Q_1 и Q_2 . Выбранные экспериментальные рабочие давления должны находиться около верхнего и нижнего пределов нормального рабочего диапазона (например, 70 и 200 кПа), а продолжительность эксперимента должна быть достаточно длительной (20 минут или более), чтобы точно измерить объём воды. Затем вычисляют расходы Q_1 и Q_2 , деля собранные объёмы воды на время работы.

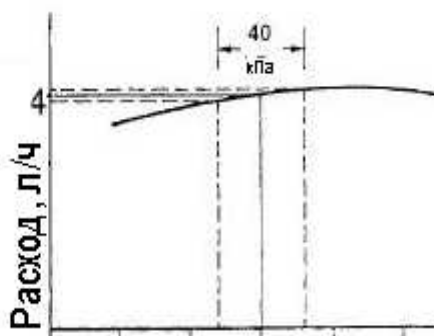
X можно вычислить нанося на график на логарифмической бумаге с двойной сеткой точки двух данных (H_1, Q_1) и (H_2, Q_2) и измеряя наклон линии, начерченной через них, или используя нижеприведенное уравнение 6.6 (уравнение 6.6 получено из уравнения 6.1).

$$X = \frac{\log(Q_1/Q_2)}{\log(H_1/H_2)} \quad (\text{ур. 6.6})$$

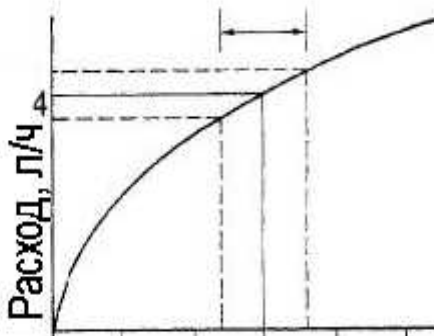
Если величина X известна, константу Kd можно легко вычислить, используя следующую формулу:

$$Kd = \frac{Q}{P^x} \quad (\text{ур. 6.7})$$

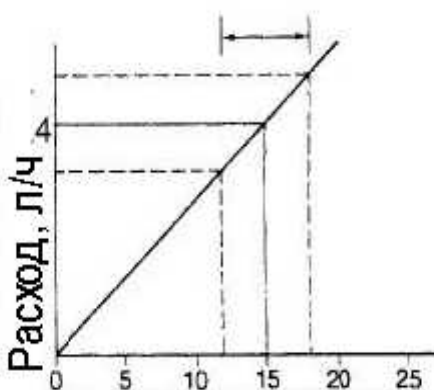
Капельницы, компенсирующие давление: $X=0$
 Рабочее давление: 100 кПа
 Перепад давления: ± 20 кПа
 Расчетный расход: 4 л/ч
 Колебание расхода: ± 0 л/ч



Капельница турбулентного потока $X=0,5$
 Рабочее давление: 100 кПа
 Перепад давления: ± 20 кПа
 Расчетный расход: 4 л/ч
 Колебание расхода: $\pm 0,4$ л/ч



Капельница ламинарного потока $X=1,0$
 Рабочее давление: 100 кПа
 Перепад давления: ± 20 кПа
 Расчетный расход: 4 л/ч
 Колебание расхода: $\pm 0,8$ л/ч



Рабочее давление

Рисунок 6-2. Изменение расхода капельницы, как функция X

Оценка качества капельницы

Поведение капельницы зависит от её конструкции и метода, с помощью которого она регулирует поток воды. Кроме того, качество и постоянство изготовления капельных водовыпусков сильно влияют не только на характеристики конструкции, то и на работу капельниц.

Все капельницы имеют некоторую вариацию в работе, обусловленную переменными величинами процессов изготовления, т.е. материалом, полостями вследствие механической обработки и вариациями в управлении процессами.

Работу капельницы оценивают, проводя исследование давления и расхода на ряде образцов капельниц. В международном стандарте “ISO9260 – Agricultural Irrigation Equipment – Emitters – Specification and Test methods” – «Сельскохозяйственное оборудование для орошения – Капельницы – Технические условия и методы испытания» даётся методика оценки капельниц.

Две главные вариации, которые необходимо рассмотреть – это коэффициент вариации (C_v) и среднее отклонение расхода. Обе они оказывают влияние на работу системы орошения.

Коэффициент вариации (C_v)

Коэффициент вариации, или C_v – статическая мера, которая выражает стандартное отклонение образца капельниц как процент среднего расхода. C_v вычисляют деля стандартное отклонение S образца капельниц на их средний расход:

$$C_v = \frac{S}{Q_{cp}} \times 100, \text{ где } C_v - \text{коэффициент вариации, \%}; S - \text{стандартное отклонение, л/ч}; Q_{cp} -$$

средний расход, л/ч.

Допустив, что расходы типичного образца капельницы имеют «нормальное» распределение, как проиллюстрировано на рисунке 6-3, можно показать, что математически примерно 68% расходов соответствуют (плюс или минус) одному стандартному отклонению от Q_{cp} , 95% – двум стандартным отклонениям от Q_{cp} , а 99,7% – трём стандартным отклонениям от Q_{cp} .

Как следует из вышеуказанного определения, $C_v=10\%$ означает, что стандартное отклонение составляет 10% от Q_{cp} . Для образца капельниц с $Q_{cp}=4.0$ л/ч, $C_v=10\%$ означало бы, что стандартное отклонение составляет 0.4 л/ч. Таким образом, 68% капельниц имели бы диапазон расходов 3,2-4,8 л/ч, а 99,7% капельниц имели бы диапазон расходов 2,8-5,2 л/ч.

Кривая нормального распределения

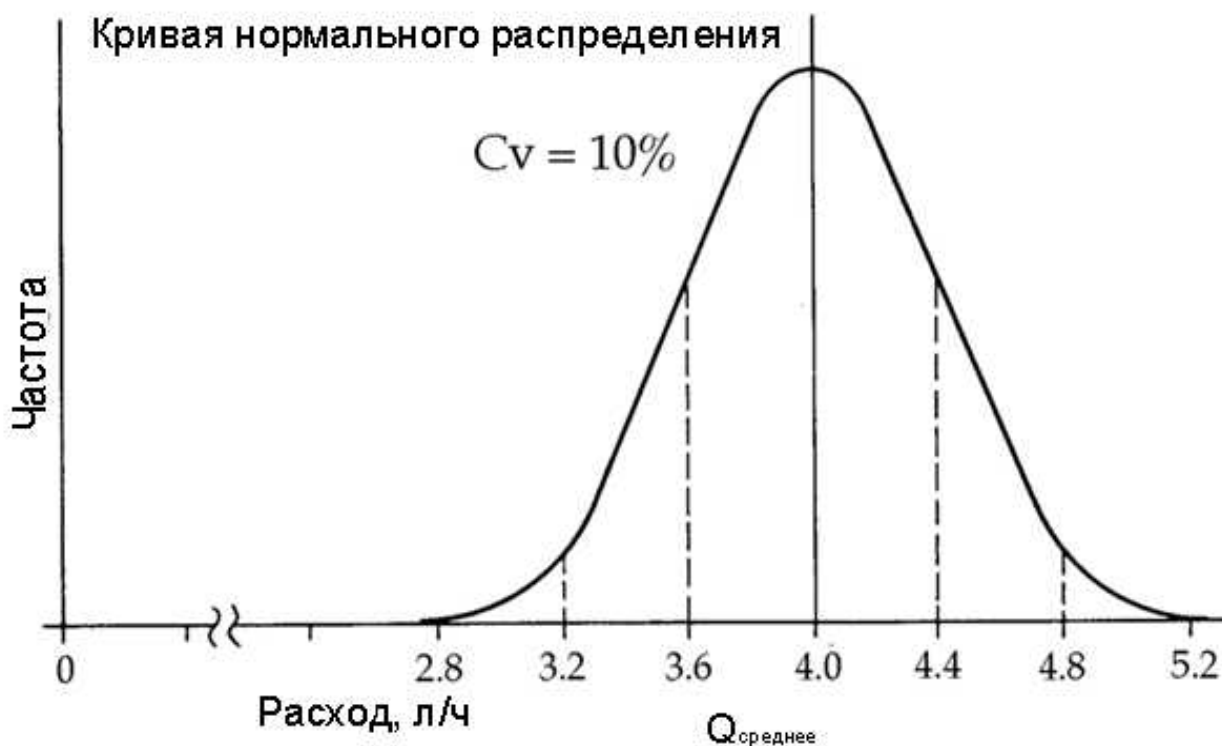


Рис. 6.3. Средний расход капельниц и коэффициент вариации.
Среднее отклонение расхода (QD)

Среднее отклонение расхода Qd является мерой вариации среднего расхода анализируемой выборки капельниц из таблицы характеристик, установленных изготовителями. Оно обычно выражается в процентах от определённого расхода. Применяется следующая формула:

$$Qd = \frac{100(Q_r - Q_{mean})}{Q_r}, \text{ где}$$

Qd – вариация среднего расхода, %

Q_r – расход из таблицы установленных характеристик, л/ч;

Q_{mean} – средний расход анализируемой выборки капельниц, л/ч.

Вариация среднего расхода должна быть близкой к 0%. Если вариация сильно отклоняется от установленной изготовителями (Q_r), то это может вызвать серьёзные отклонения в схемах орошения, так как расход и давление подвергнутся влиянию. Это может вызвать гидравлические проблемы, влияющие на гидравлическую сеть трубопроводов и системы машинного орошения и приводящие к дорогостоящим решениям проблемы.

Анализ работы капельниц

И C_v и Qd должны рассматриваться независимо при анализе работы капельниц. Примером этого является то, что, если расход капельниц составляет 4,0 л/ч согласно таблице характеристик и анализируется образец капельниц, при этом расход всех капельниц равен точно 4,5 л/ч, то C_v составляет 0%, а вариация расхода – 12,5%, и, наоборот, если исследуемый расход капельниц был бы 4,0 л/ч, а C_v – 12%, это было бы неприемлемым.

Таблица 6.2. Классификация характеристик капельниц

Классификация	Вид капельницы			
	Некомпенсирующая		Компенсирующая	
	Qd, %	C_v, %	Qd, %	C_v, %
Превосходная	<3	<3	<5	<5
Хорошая	3–5	3–5	5–10	5–10
Посредственная	5–10	5–10	10–15	10–15
Плохая	<10	<10	<15	<15

В стандарте ISO 9260 излагается два критерия оценки капельниц. Капельницы, попадающие в категорию А, имеют C_v менее 5%, а капельницы категории В имеют C_v между 5 и 10%.

Раздел 7

**Эффективность и
равномерность микро
орошения**

Известно, что микроорошение – один из наиболее равномерных способов полива полей оросительной водой. Поэтому важно суметь понять и осуществить мониторинг эффективности и равномерности этих систем.

Потеря воды может происходить в системах вследствие:

1. Испарения открытого источника воды;
2. Просачивания через земляные плотины, каналы и водохранилища;
3. Испарения капелек воды в воздух;
4. Испарения с мокрых листьев (системы полива дождеванием);
5. Испарения с поверхности почвы;
6. Стока с поверхности почвы;
7. Глубокого просачивания вниз через почвенный профиль;
8. Плохой практики обработки почвы;
9. Плохой равномерности системы, приводящей к избыточному или недостаточному орошению.

Различные виды систем орошения имеют различные эффективности, обусловленные способом полива.

Таблица 7-1. Эффективность системы орошения.

Вид системы орошения	Примерная эффективность, %
Подпочвенное капельное орошение	95+
Микроорошение – капельное	95
Мини дождевание	85
Дождевальная система с поливом в движении по кругу	80
Дождевальные насадки для полива сверху	60-75
Самоходные дождевальные машины	60
Полив затоплением/полив по бороздам	36-75
Дождевальная система с поливом в движении по кругу и дождевальной насадкой для полива сверху	50 или менее

Микроорошение очень эффективно вследствие того, что вода подается по трубам в систему от источника воды к растению, поэтому для потерь фактически нет возможности. Вода в таком случае подается непосредственно в корневую зону близко к поверхности почвы или под неё (подпочвенное орошение). Глубокого просачивания и стока можно избежать, если системой управлять должным образом, подавая воду в той дозе, которую растение потребляет.

Вариация расхода

Вариация расхода выражается как разность процентов между капельницей, получающей максимальное количество воды, и капельницей, получающей минимальное количество воды, т.е.

$$\text{вариация расхода} = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\text{ave}}}, \text{ где}$$

Q_{\max} – максимальный расход;

Q_{\min} – минимальный расход;

Q_{ave} – средний расход.

Для культур чувствительных к воде, вариация расхода должна быть $\pm 5\%$. Для менее чувствительных культур приемлемо $\pm 10\%$.

Равномерность распределения (DU)

Равномерность распределения показывает, насколько равномерно подаётся вода к растениям в поле. DU определяется следующим образом:

$$DU (\%) = \frac{\text{средняя нижняя четверть глубины воды подаваемой растениям в поле}}{\text{Среднее количество воды подаваемой растениям}} \times 100$$

Наиболее высокое возможное значение DU – 100 %. DU ограничивается только измерением равномерности воды, подаваемой в почву. Существует ряд факторов, которые составляют систему DU, это DU при разности расходов, которая объясняется изменениями в давлении и засорением капельниц, DU при неравномерном дренировании, которое представляет собой количество воды, неравномерно удаляемой из системы после отключения или пуска (обычно не более 1-3% действия на DU), и DU при

неодинаковом шаге расстановки, которое зависит от равномерного размещения в корневой зоне растений. DU системы выражается так:

$$DU_{СИСТЕМЫ} = DU_{РАЗНОСТИ РАСХОДОВ} \times DU_{ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ ДРЕНАЖЕ} \times DU_{ПРИ НЕОДИНАКОВОМ ШАГЕ РАССТАНОВКИ} / 10000.$$

Одним из факторов DU системы, который сильно изменяется с течением времени, является DU при разности расходов новой системы с фабричной маркой и для последующего аудита системы используется следующая формула:

$$DU_{СИСТЕМЫ} = \left(\frac{1 - (1,27C_v)}{\sqrt{n}} \right) \times \frac{Q_{\min}}{Q_{ave}} \times 100, \text{ где}$$

DU – равномерность распределения системы, %;

C_v – фабричный коэффициент вариации капельниц;

n – количество капельниц на растение;

Q_{\min} – минимальный измеренный расход;

Q_{ave} – средний расход капельницы.

Коэффициент равномерности распределения воды при поливе Кристиансена (CU)

Коэффициент равномерности был разработан Дж. Э. Кристиансеном и является наиболее широко признанной мерой равномерности в промышленности. Коэффициент основан на статистическом анализе конфигурации распределения воды при дождевании и вычисляется по следующей формуле:

$$CU = 100(1-D/M)$$

$$D = (1/n) \sum |X_i - M|$$

$$M = (1/n) \sum X_i, \text{ где}$$

CU – коэффициент равномерности Кристиансена, %

D – среднее абсолютное отклонение от среднего;

M – средний полив;

X_i – число отдельных поливных норм.

Коэффициент равномерности – оценка равномерности системы, основанная на средней полной площади. Он одинаковым образом учитывает как чрезмерно, так и недостаточно увлажнённые участки. Это обусловлено применением абсолютной величины отклонения от среднего (указанного вертикальными линиями в вышеприведенном расчете D). Так как это среднее, оно может быть зона действия на локализованных участках. Коэффициент равномерности CU применялся исторически для оценки зоны действия дождевальных аппаратов (машин) в случае орошения как сельскохозяйственных угодий, так и газонов.

Равномерность расходов воды капельниц

Равномерность расходов воды капельниц часто применяется как мера равномерности системы вместо DU. Проблема применения EU (emission uniformity – равномерность расходов воды) как меры заключается в том, что она не учитывает факторы, которые влияют на равномерность на поле и поэтому должна применяться только как расчётная мера орошения. Равномерность расходов воды капельниц описывается как:

$$\frac{1 - (1,27C_v)}{\sqrt{n}} \times \frac{Q_m}{Q_a}$$

$$EU (\%) = (\quad) \times (\quad) \times 100, \text{ где}$$

EU – равномерность выпуска каплей воды, %;

C_v – коэффициент вариации (C_v);

n – количество капельниц/растение;

Q_m – минимальный расход капельницы (при минимальном давлении), л/ч.

При проектировании системы орошения на среднем грунте EU должно быть не менее 80%.

Коэффициент режима орошения

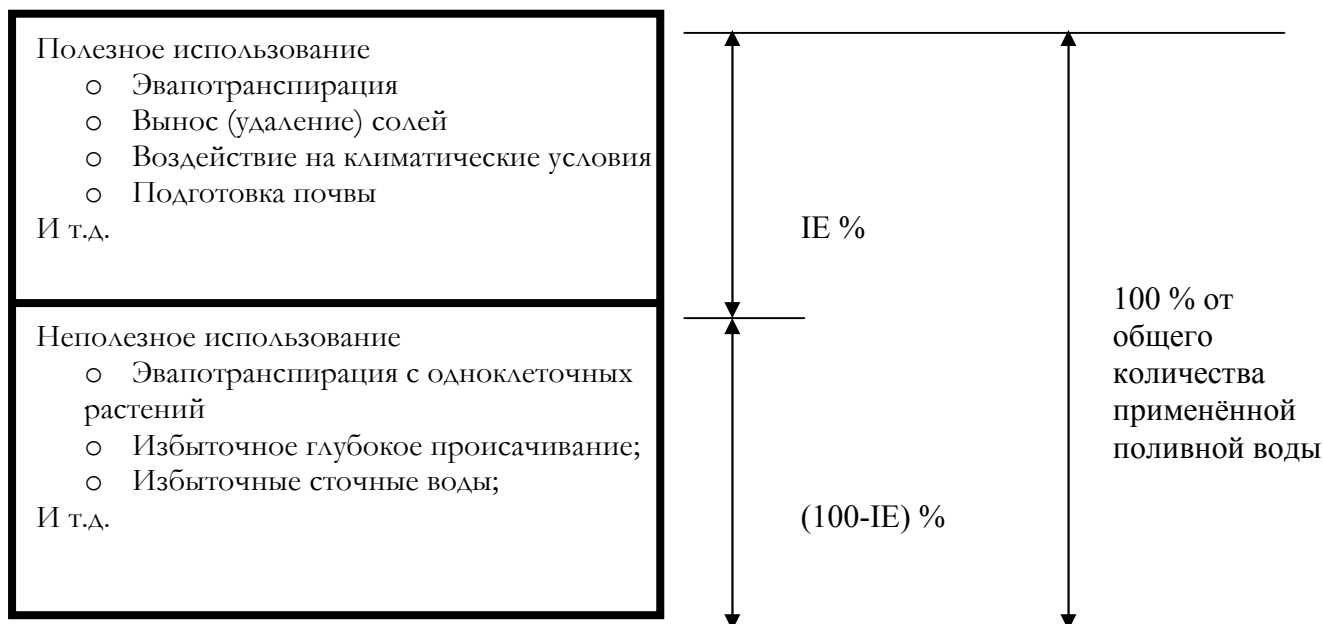
При определении коэффициента режима орошения берётся площадь в системе, которая получает наименьшее количество воды, и сравнивается количество воды, применённое на этой площади, со средним для всей системы. Коэффициент режима орошения можно применять как множитель, чтобы определить продолжительность времени, в течение которого должна работать система дождевания. Например, количество времени, необходимое для подачи соответствующего количества воды на участок, составляют 30 минут, а у Вас коэффициент режима орошения – 1,5, то Вам,

вероятно, надо эксплуатировать систему в течение 45 минут (на 50% дольше), для того, чтобы подавать воду в течение 30 минут на участок с наименьшей зоной действия (30 минут x 1,5 = 45 минут).

Коэффициент полезного использования воды при поливе (IE)

Коэффициент полезного использования воды при поливе описывает работу системы на поле, ферме или всём участке орошения, или в водосборном бассейне. Максимально возможная величина – 100%. В уравнении IE полезное использование относится только к оросительной воде, применяемой в пределах исследуемой площади. Коэффициент полезного использования воды при поливе описывается так:

$$IE = \frac{\text{Оросительная вода, применённая с пользой}}{\text{Применённая оросительная вода}} \times 100$$



Полезное использование может включать эвапотранспирацию, определённый процент воды, применённой для изменения климата (защита от заморозков), глубокое просачивание, необходимое для восстановления или поддержки солевого баланса, незначительные количества для прорастания сорняков, если применяется покровная культура, и воду, накопленную в корневой зоне для последующих культур.

Неполезное использование включает несобранные сточные воды с полей, глубокое просачивание, превышающее то, которое необходимо для борьбы с засолением, и потери при испарении и разбрызгивании с поля.

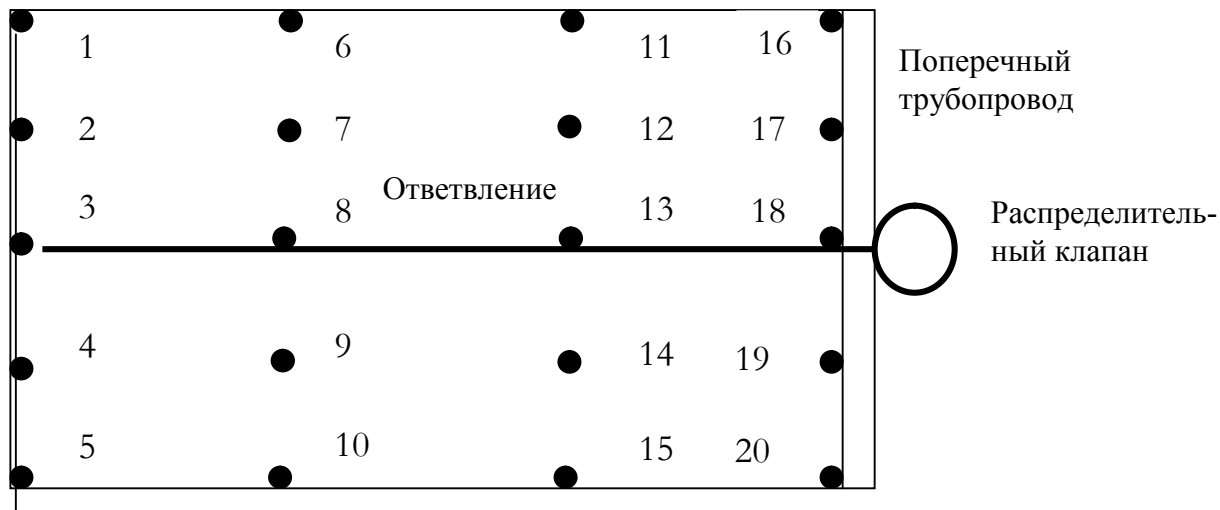
Оценки орошения в поле

Оценку орошения можно проводить на любой системе орошения. Наиболее распространённое измерение, применяемое на земельном наделе, – это измерение равномерности распределения DU в поле вследствие возможности количественного определения этого. Коэффициент полезного использования воды при поливе (IE) установить труднее, так как это требует оценки истощения почвенной влаги и глубокого просачивания.

Измерение равномерности распределения

При измерении равномерности распределения блока необходимо, чтоб измерения проводились во всем блоке для того, чтобы можно было устранить все обнаруженные колебания давления. Процесс измерения в системе состоит в создании сети из 20 точек измерения в блоке. Надо позаботиться о местоположениях этих 20 точек, так как они должны включать местоположения с наиболее низким, средним и наиболее высоким давлением. Для блока на ровной почве точка с наиболее высоким давлением находится возле капельницы, наиболее близкой к распределительному клапану, точка с наиболее низким давлением находится в конце наиболее отдалённого поперечного трубопровода.

Рис. 7-1. Пример сети измерения равномерности распределения в орошаемом квартале-блоке



Если бы этот блок в вышеприведённой схеме был расположен на ровной почве, то максимальное давление было бы в точке 18, а наиболее низкое давление в точках 1 и 5. Чтобы измерить DU, необходимо произвести проверку расхода в каждой из показанных проверяемых точек.

Перед началом проверки расхода систему необходимо стабилизировать, поэтому, если блок запускается, расчётное давление следует установить на распределительном клапане и дать временное давление (например на 30 минут), и повторно проверить давление на распределительном клапане, чтобы убедиться, что оно то же самое. Обычно хорошо измерять давление в каждой проверяемой точке. Это можно делать с помощью трубки Пито или наставной трубы, присоединённой к манометру и вставленной в выпускное отверстие капельницы или трубку. Измеряйте расход в каждой точке (и, если возможно, также давление) в резервуаре с градуированным расходом с выдержкой времени (например, 5 минут) и записывайте объем собранной воды. Производите эту проверку в каждой точке. После того как замеры в точках были сделаны, возвратитесь к распределительному клапану и повторно проверьте давление и запишите какие-либо колебания.

Таблица 7.3. Типичная ведомость для проверки DU Равномерности распределения воды) на регулярно обрабатываемых сельскохозяйственных землях.

Клиент _____
 Участок _____
 Блок _____
 Дата _____
 Время проверки расхода (Т) (мин.) _____
 Фабричный коэффициент вариации (C_v) _____

Эскиз схемы квартал-блока (расположения блока) с точками измерения сети

Номер капельницы	Измеренный расход, мл (А)	Давление, кПа	Расход = $((A/T) \times 60 / 1000, \text{ л/ч}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			
17.			
18.			
19.			
20.			
		Общий расход, $Q_{sum} =$	
		Средний расход, $Q_{ave} =$	
		Минимальный расход, $Q_{min} =$	
		Максимальный расход, $Q_{max} =$	
		$DU\% = (1 - ((1,27 \times C_v) / n) \times (Q_{min} - Q_{ave})) \times 100$	

Интерпретация результатов по равномерности распределения.

Максимальная величина равномерности распределения – 100%. Это вряд ли когда-либо может встречаться, так как всегда существует отклонение от расчётного давления, которое влияет на расход капельницы и впоследствии на DU, фабричный коэффициент C_v и на ряд факторов на поле, главные из которых следующие:

- Отклонение от расчётного давления;
- Засорение (закупорка) капельниц с течением времени;
- Износ капельницы с течением времени, т.е. износ дождевальных насадок, повреждение гибких мембран и т.д.;
- Неправильно заданные давления или колебания давлений, обусловленные старением труб, насосов, уровнями воды в источниках, неисправными регуляторами или регуляторами с колеблющимся давлением или неправильно установленными ручными клапанами;
- Действия окружающей среды, т.е. повреждение труб животными, как, например, лисицы, муравьи и т.д.;
- C_v капельниц.

При хорошем расчёте и качественных компонентах орошения обычно можно достичь DU новой системы с фабричной маркой 90%, однако с течением времени большинство систем имеют DU, составляющее в среднем около 75 %. Если DU системы ниже 65%, следует произвести проверку, чтобы определить и исправить положение вещей.

Цифровые данные по DU, вероятно, ухудшаются с течением времени, и зависят от конструкции, управления и качества системы. Ирригаторы, которые применяют хорошие методы управления, такие, как соответствующая промывка системы, очистка фильтров и впрыскивание химических веществ для очистки системы, чтобы предупредить бактерии и отложения минеральных веществ, поддерживают высокие уровни DU.

Равномерность распределения важна для проектировщика, так как в процессе проектирования используются две величины: первая – наибольшее допустимое отклонение давления от номинальных значений (перепад) между капельницами, которое является расчетной величиной DU; и величина, близкая к этому, должна измеряться в поле, когда система новая. Вторая важная величина DU – это цифра после ряда лет работы, и это должно быть оценено проектировщиком и поможет рассчитать мощность насоса.

Раздел 8

**Проектирование насосных
станций**

Введение

Когда воду надо поднимать, транспортировать или подавать под давлением, необходима энергия. Многие источники воды, используемые для орошения, имеют достаточно энергии вследствие своей высоты (над уровнем воды). Например, и речная вода, и вода в водохранилищах, находящихся на высоком уровне, обладают полезной потенциальной энергией, пропорциональной их высоте над орошаемой площадью. К сожалению, многие системы орошения должны использовать воду из источников низкого уровня, таких, как скважины, которые обладают нулевой или отрицательной потенциальной энергией по отношению к земле под культурой. Там, где потенциальная энергия недостаточна, должны использоваться некоторые типы насосов.

Существует ряд основных переменных, применяемых при выборе насоса и общем проектировании насосной установки. Тип и номинальная мощность насоса зависят от необходимого расхода, вертикального расстояния, или высоты всасывания, от уровня воды до насоса и необходимого давления на выходе. Проектирование насосной станции включает также такие факторы, как силовая установка, применяемая для приведения в действие насоса, и различные виды регулирующих клапанов, а также другие устройства, необходимые для безопасной и надлежащей работы. Имеется несколько различных видов насосов, отвечающих требованиям орошения. Центробежные, вихревые и погружные насосы – виды, широко применяемые для откачивания воды в целях орошения.

Центробежные насосы

В большинстве случаев в системах микроорошения применяется тот или иной вид центробежного насоса. У центробежных насосов мотор или двигатель вращает рабочее колесо, соединенное с лопастями, погружёнными в воду и помещёнными в кожух, называемый, спиральным кожухом (улиткой). Прибывающая вода поступает в центр спирального кожуха или отверстие рабочего колеса и непосредственно вводится в зацепление с вращающимся рабочим колесом. Центробежные силы выталкивают воду радиально наружу к внешней грани рабочего колеса с высокой скоростью. Когда вода оставляет рабочее колесо, жидкие «частицы» подвергаются внезапному замедлению и их кинематическая энергия превращается в потенциальную энергию в форме давления.

Имеется ряд видов конфигураций центробежных насосов. Центробежные насосы обычно работают эффективно в относительно широком диапазоне рабочих условий, откачивая воду при общем напоре, превышающем примерно 3 метра.

Центробежный насос не будет работать до тех пор, пока весь спиральный кожух не наполнится водой, или не «заправится». Необходимость в заливке – один из недостатков центробежного насоса.

Максимальная высота всасывания

Максимальная теоретическая высота всасывания насоса равна атмосферному давлению, оказываемому на поверхность свободной воды. Таким образом, максимальная теоретическая высота всасывания насоса, работающего на уровне моря, – 1 атмосфера (atmos) = 10,35 м. Этот предел уменьшается примерно на 0,3 м для каждой 304,8 м высоты над уровнем моря. На практике максимальная высота всасывания составляет примерно 70% от теоретической величины.

Высота всасывания используется как руководящее указание при выборе вида насоса, наиболее подходящего для определенного применения. В ситуациях, когда необходимая высота всасывания меньше максимальной, может быть использован центробежный насос. В тех случаях, когда необходимая высота всасывания превышает максимальную, проектировщик будет вынужден снижать высоту всасывания или использовать другой вид насоса (см. «Вихревые насосы»).

Чтобы поддерживать высоту всасывания в рабочих пределах, центробежные насосы можно устанавливать в шахте, но обычно невозможно построить водонепроницаемую шахту глубиной более 3-5 м. Насосы, приводимые в действие электрически, больше всего подходят для применения в шахтах, так как они компактные и требуют минимального обслуживания.

Характеристические кривые

Центробежные насосы изготавливают с широким диапазоном размеров и мощностей, отвечающих широкому спектру требований к откачиванию воды для орошения. Рабочие характеристики центробежных насосов представлены в графической форме, которая называется «характеристическими кривыми» (см. рисунок 8-1). Полное множество характеристических кривых включает:

1. Кривые напора-производительности. Кривые напора-производительности отражают полный динамический напор (TDH) и производительность (расход) в практическом рабочем диапазоне насоса. Каждая кривая напора-производительности единственная в своём роде для определения диаметра рабочего колеса и числа оборотов в минуту.

2. Кривые КПД. Кривая КПД показывает количество работы, выполненной насосом, как процент мощности, подаваемой в водоотливный шахтный ствол. Для определённого применения наилучшим выбором насоса будет тот насос, который работает с пиковым КПД. Хорошо построенная и интегрированная линия насосов расположена таким образом, что можно выбрать насос, который отвечает требованиям TDH (полного динамического напора) и производительности и имеет приемлемо высокий КПД.
3. Кривые производительности. Кривые производительности показывают киловатты (мощность), необходимые для приведения насоса в действие.
4. Кривые, требуемой положительной вакууметрической нетто-высоты всасывания.

Полный динамический напор

Полный динамический напор пропорционален работе, выполненной насосом. Эта работа состоит из подъема воды (для насоса, расположенного над поверхностью воды), подачи её под давлением и преодоления трения и инерции. Математически полный динамический напор (TDH) надёжного насоса равен сумме высоты всасывания (H_s), напора на выходе насоса (H_d), потери напора на трение (H_f) и скорость напора (H_v), или

$$TDH = H_s + H_d + H_f + H_v. \text{ (ур. 8.1.)}$$

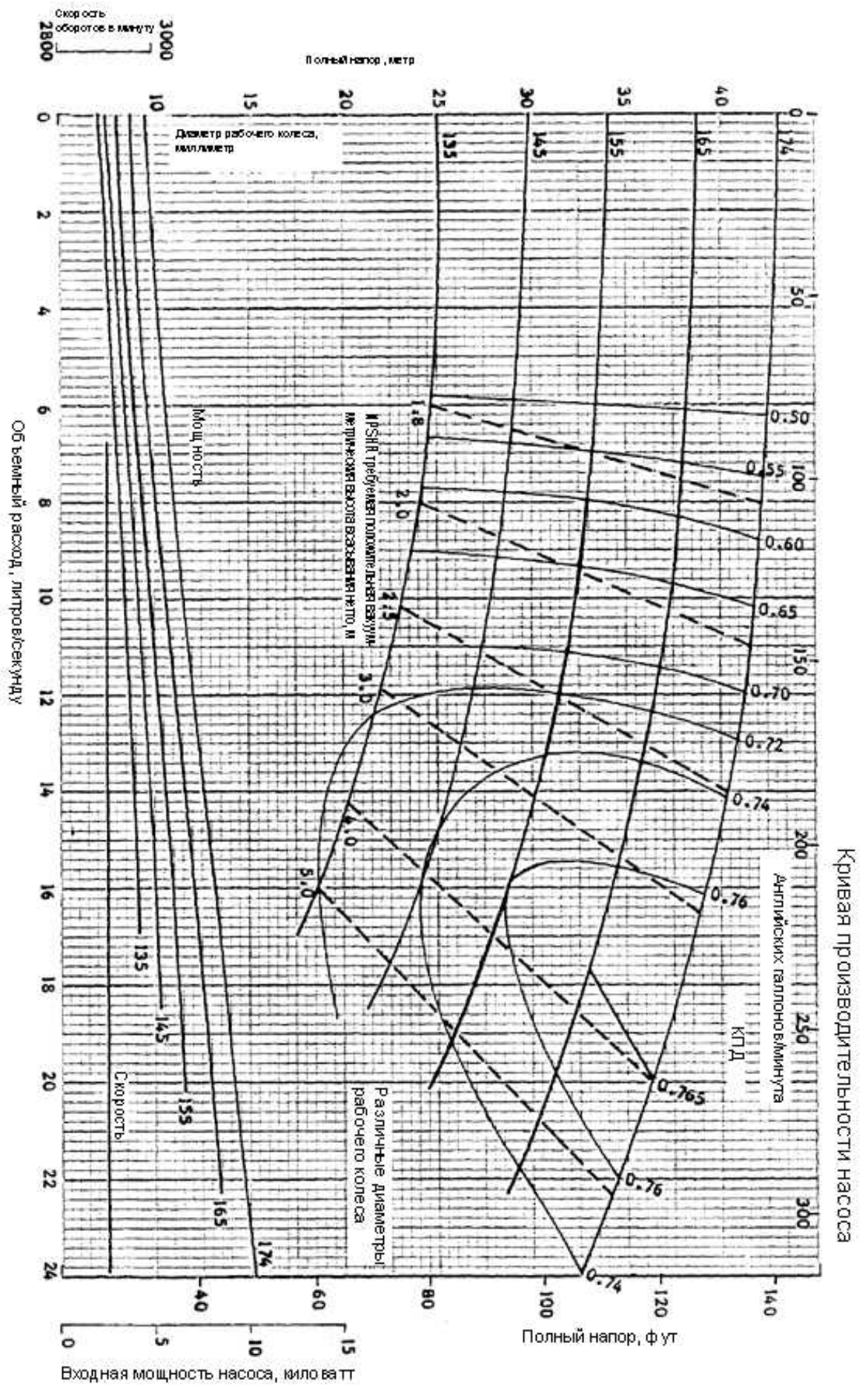


Рисунок 8-1. Характеристические кривые для центробежного насоса

Высота всасывания – это вертикальное расстояние в метрах от свободной поверхности источника воды до осевой линии рабочего колеса насоса. В тех случаях, когда источник воды находится под давлением или когда насос расположен ниже свободной поверхности воды, высота всасывания будет иметь отрицательное число.

Напор на выходе H_d – это напор давления на выходе насоса, измеренной в мерной воде.

Потеря напора на трение H_f представляет собой сумму потерь на трение в трубопроводе и незначительных потерях от водозабора через всасывающий трубопровод к водовыпуску насоса, измеренных в метрах воды. Скоростной напор H_v – кинетическая энергия, обладаемая текущей водой, и равна:

$$H_v = V^2 / (2g), \quad (\text{ур. 8.2}),$$

где H_v – скоростной напор, м; V – средняя скорость воды, м/с; G – ускорение силы тяжести (9,8 м/с²)

На практике скоростной напор обычно незначительный относительно полного динамического напора, и по этой причине скоростной напор часто не принимается во внимание при вычислении TDH (полного динамического напора).

Рисунок 8-2 иллюстрирует параметры, используемые при вычислении полного динамического напора, требуемого для центробежного насоса.

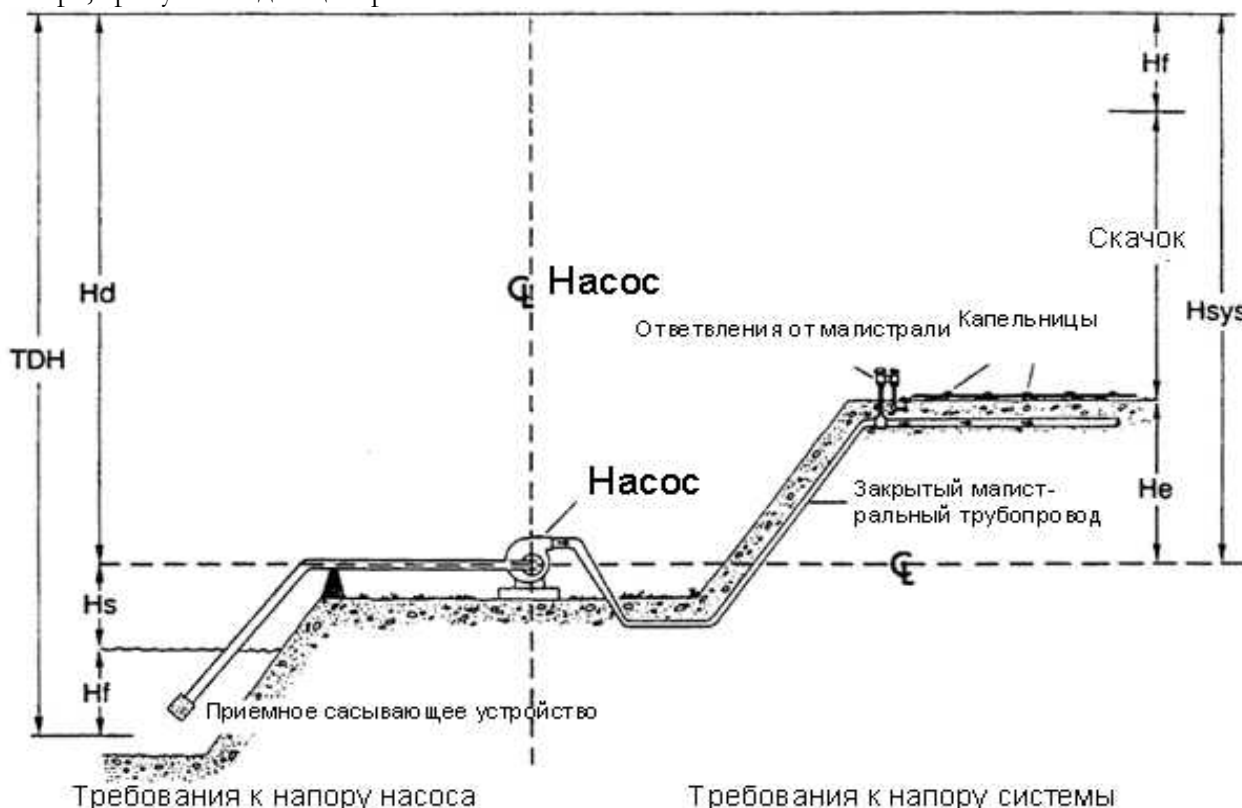


Рисунок 8-2. Требования к напору откачивания и напору в системе

Требуемая положительная вакуум метрическая высота всасывания нетто (NPSHR)

В определённых условиях абсолютное давление на рабочем колесе может падать ниже давления пара воды. При этом условия заполненные паром полости могут образовываться и разрушаться несколько сотен раз в секунду. Образование и разрушение этих наполненных паром полостей в насосе называется кавитацией. Сильная кавитация может приводить к вибрации, шуму, точечной коррозии рабочего колеса (называемой эрозией, вызванной кавитацией), плохой работе насоса, и раннему выходу насоса из строя.

Кавитация часто является следствием неправильной конструкции или установки приемного всасывающего устройства, приводящих к недостаточному давлению воды на входе (водоспускном отверстии). Кавитации можно избежать, если давление на воде, насоса, называемое «полезной положительной высотой всасывания нетто, или NPSHA, соответствует или превышает давление на входе, требуемое насосом. Это требуемое давление на входе называется «потребной положительной вакуумметрической высотой всасывания нетто», или NPSHR, и указывается изготовителем насоса.

Полезная положительная вакуум метрическая высота всасывания нетто (NPSHA)

Полезная положительная вакуумметрическая высота всасывания нетто, или NPSHA, – это абсолютное давление на входе рабочего колеса и вычисляется по следующей формуле:

$$NPSHA = (H_o - H_v) - H_s - H_f, \quad (\text{ур. 8.3.})$$

где H_0 – атмосферное давление, метров воды;

H_V – давление насыщенного пара, метров воды;

H_S – высота отверстия рабочего колеса над поверхностью воды, м;

H_f – потери на трение во всасывающем трубопроводе, м.

В таблице 8-1. ($H_0 - H_V$) для диапазона температур и высот (над уровнем моря)

Таблица 8-1. ($H_0 - H_V$) для диапазона температур и высот (над уровнем моря)

Температуры воды, С°	Высота над уровнем моря, м										
	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
5	10.26	9.96	9.67	9.38	9.10	8.81	8.54	8.29	8.03	7.79	7.51
10	10.23	9.93	9.64	9.35	9.07	8.78	8.51	8.26	8.00	7.76	7.48
20	10.13	9.83	9.54	9.25	8.97	8.68	8.41	8.16	7.90	7.66	7.38
30	9.91	9.62	9.33	9.04	8.76	8.47	8.20	7.95	7.69	7.45	7.17
40	9.57	9.27	8.98	8.69	8.41	8.12	7.85	7.60	7.34	7.10	6.82
50	9.11	8.81	8.52	8.23	7.95	7.66	7.39	7.14	6.88	6.64	6.38
60	8.32	8.02	7.73	7.44	7.16	6.87	6.60	6.35	6.09	5.85	5.57
70	7.15	6.85	6.56	6.27	5.99	5.70	5.43	5.18	4.92	4.68	4.40
80	5.52	5.22	4.93	4.64	4.36	4.07	3.80	3.55	3.29	3.05	2.77
90	3.16	2.86	2.57	2.28	2.00	1.71	1.44	1.19	0.93	0.69	0.41

Пример № 1

Центробежный насос (1800 л/м) надо установить на бетонной монтажной площадке рядом с водохранилищем, расположенным на Холмах Аделаиды, Австралия (высота 250 м). Вертикальное расстояние от нижнего уровня воды в водохранилище до центра рабочего колеса насоса составляет примерно 2 м. Водоприёмное всасывающее устройство относится к классу 12, 150-миллиметровая поливинилхлоридная трубка длиной 40 м, а средняя температура воды – 20 С°. Вычислите NPSHA.

Решение.

$$NPSHA = (H_0 - H_V) - H_S - H_f$$

$$(H_0 - H_V) = 9,83 \text{ м}$$

$$H_S = 2,0 \text{ м}$$

$$H_f = \frac{19}{1000} \times 40 = 0,76 \text{ м (используется таблица трения для труб из непластифицированного$$

поливинилхлорида в Приложении 10-1)

$$NPSHA = 9,83 - 2,0 - 0,76 = 7,07 \text{ м воды}$$

В вышеприведенном примере не учитываются незначительные потери для всасывающего трубопровода, происходящие в результате обратных клапанов, всасывающих фильтров, задвижек, тройников или колен, потерь на входе и выходе или каких-либо других возможных источников потерь на трение. Незначительные потери могут быть значительными и должны приниматься во внимание.

Пример № 2

Центробежный насос должен быть установлен рядом с водохранилищем на высоте 750 м над уровнем моря. Расчётный расход составляет 750 л/м (12,5 л/с), средняя температура воды – 20 °С, а давление, требуемое на выходе насоса, – 300 кПа (30 м). Насос помещают на берегу водохранилища, на расстоянии 90 м от края воды и на высоте 4,5 м над нижним уровнем воды водохранилища. Выберите насос для этой цели и определите размер трубы для 90-метровой всасывающей трубы.

Решение

Обращаемся к рисунку 8-2. Полный динамический напор для этого насоса представляет собой сумму высоты всасывания, напора на входе и потерь на трение во всасывающем трубопроводе, или:

$$TDN = 4,5 + \left(\frac{300}{10}\right) + H_f = 34,5 + H_f$$

Кривая напора – производительности для насоса, показанного на рисунке 8-1, показывает, что рабочее колесо диаметром 165 мм создаёт напор 36 м при 12,5 л/с. Выбирая рабочее колесо диаметром 165 мм, можно увидеть, что эффективность насоса $E_p = 72\%$, требуемая эффективная мощность составляет 6,5 кВт, а $NPSHR = 2,4$ м. Обратите внимание, что, так как фактический полный динамический напор (TDN), создаваемый рабочим колесом диаметром 165 мм, – 36 м, потери на трение во всасывающем трубопроводе не могут превышать $36 - 34,5 = 1,5$ м.

Уравнение 8.3 можно применять для определения допустимой потери давления во всасывающем трубопроводе:

$$NPSHA = (H_0 - H_V) - H_S - H_f = 9,25 - 4,5 - H_f = 4,75 - H_f$$

Так как NPSHA должно быть больше или равно NPSHR, максимально допустимые потери на трение во всасывающем трубопроводе находят, приравнявая NPSHA и NPSHR.

Допустим, что $NPSHA = NPSHR$

$$2,4 = 4,75 - H_f$$

$$H_f = 4,75 - 2,4$$

$$H_f = 2,35 \text{ м}$$

Таким образом, рассмотрение NPSHR показывает, что максимальная потеря давления H_f во всасывающем трубопроводе не может превышать 2,35 м напора. Однако требования к ТДН учитывают потерю 1,5 м во всасывающем трубопроводе; следовательно, требования к ТДН являются ограничивающим критерием.

H_f – это сумма потерь на трение и незначительных потерь во всасывающем трубопроводе. Если предполагается прямой трубопровод без никаких изгибов или сжатий, незначительные потери можно не принимать во внимание. В таком случае H_f можно рассматривать как сумму потерь на трение в трубопроводе и потерь на обратном клапане. В Приложении 8.1 можно увидеть, что 100-миллиметровой обратный клапан имеет потерю давления 0,3 м при расходе 1014 л/м. Допустим, что потеря для обратного клапана составляет 0,3 м, когда для 90-метрового всасывающего трубопровода остается 1,2 м, потери на трение будут составлять 13,3 м на 1000 м. При обращении к таблице потерь на трение в поливинилхлоридом трубопроводе можно увидеть, что 125-миллиметровая труба – наименьший размер, который можно использовать, не превышая допустимую потерю 1,2 м для всасывающего трубопровода.

Входная мощность KW

Входная мощность (кВт) – это потребная мощность на водоотливном шахтном стволе, необходимая для приведения в действие насос. Уравнение для определения эффективной мощности (мощность, подаваемая на водоотливный шахтный ствол) следующее:

$$KW = \frac{Q * H}{102 * E_p},$$

где KW – входная мощность, кВт; Q – расход насоса, л/с; H – полный динамический напор, м; E_p – коэффициент полезного действия насоса, десятичная дробь.

Пример

Центробежный насос накачивает 2500 л/м (41,7 л/с) при полном динамическом напоре 300 кПа (30 м). Коэффициент полезного действия насоса – 80%. Какая входная мощность требуется для того, чтобы привести в действие насос?

Решение

$$KW = \frac{41,7 * 30}{102 * 0,80}$$

$$KW = 15,3 \text{ кВт}$$

Вихревые насосы

Вертикальные вихревые насосы являются характерной чертой приводного двигателя, установленного над землей, с насосом, установленным ниже уровня воды. Приводной вал соединяет насос и приводной двигатель и передает механическую энергию от двигателя к рабочему колесу насоса.

Погружной вихревой насос, применяемый в орошении приспособлен для применения в облицованных колодцах или там, где поверхность воды ниже практических пределов центробежного насоса. Были произведены успешные установки там, где поверхность воды находилась ниже земли на 300 или более метров. Коэффициент полезного действия вихревых насосов сравнимы с коэффициентами полезного действия центробежных насосов. Вихревые насосы долговечны и надёжны, если устанавливаются и эксплуатируются надлежащим образом. Однако обычно они дороже, чем центробежные насосы, и их труднее осматривать и ремонтировать.

Вихревые насосы классифицируются по типу потока, создаваемого рабочим колесом. Радиальный тип выпускает воду под прямым углом к оси вращения, тогда как при рабочем колесе, создающем осевой поток, воде дается осевой толчок, подобный тому, который даёт гребной винт лодки. Еще один тип явления потока и известен как радиально-осевая турбина (= турбина Френсиса)

Работа

Турбина имеет три основных части: переднюю, водосбросную и насосную камеру. Вал от головной части до насосной камеры приводит в действие рабочее колесо. Насосная камера расположена ниже поверхности воды. Она имеет фильтр для предотвращения попадания в насос крупного песка и

гравия. Когда вода покидает ротор, постепенно увеличивающиеся лопасти направляют воду в кожух, где кинетическая энергия превращается в давление.

У погружного вихревого насоса максимальный диаметр рабочего колеса определяется диаметром камеры, которая в свою очередь ограничивается диаметром скважины. Так как диаметры рабочего колеса обычно небольшие, напор, создаваемый одним рабочим колесом, известным как одноступенчатый насос, обычно небольшой. Обычно необходимо использовать более одной ступени, чтобы создать требуемый напор, при этом каждая ступень сбрасывает воду в другую. Напор, создаваемый таким насосом, пропорционален количеству ступеней; для данной производительности двухступенчатый насос создаёт напор, превышающий в два раза напор одноступенчатого насоса.

Можно сконструировать рабочие колёса с более высоким коэффициентом полезного действия в узком диапазоне расходов, с быстрым снижением коэффициента полезного действия как при больших, так и при меньших напорах. Для источников, где часто происходят колебания в высоте подъема воды, рабочие колеса с плоскими кривыми коэффициента полезного действия обычно обеспечивают более высокие средние коэффициенты полезного действия для работ в период всего сезона.

Сезонные колебания в уровне грунтовых вод следует определять до установки насоса с тем, чтобы камеры вихревого насоса можно было поместить под самой нижней точкой искусственного понижения уровня воды при откачке. Хотя насос может выкачивать воду под камерами путём выкачивания после всасывания, лучше иметь высоту всасывания в запасе против снижения уровня воды. В местах, где возможны колебания и важно поддерживать постоянный расход в предполагаемом диапазоне откачки, надо применять силовую установку с переменными скоростями.

На участках с колеблющимися уровнями воды целесообразно устанавливать устройство измерения уровня воды с насосом. Это даст возможность оператору быть проинформированным о режиме грунтовых вод и предвидеть изменения в системе и замену насоса.

Характеристические кривые

Характеристические кривые погружного вихревого насоса определяются опытным путём и зависят в значительной степени от конструкции камеры и скорости рабочего колеса. Напор, производительность, коэффициент полезного действия, мощность в лошадиных силах подобны тем, которые имеют место для центробежных насосов. Кривые коэффициента полезного действия, в частности, очень похожи, если насосы приводят в действие с их расчётной скоростью. Однако турбины не могут работать с высоким коэффициентом полезного действия в таком широком диапазоне скорости, как центробежные насосы. Причина этого состоит в том, что высокий коэффициент полезного действия возможен только тогда, если лопатки в камере соответствуют потоку воды, когда она покидает вершину рабочего колеса. Когда скорость рабочего колеса меняется, направление потока воды, покидающей рабочее колесо, меняется, вызывая турбулентность около лопатки, и снижается коэффициент полезного действия.

Важно тщательно изучить характеристические кривые при выборе насоса для каких-либо рабочих условий. Если насос слишком большой, он будет работать слишком далеко влево по своей кривой, его коэффициент полезного действия будет низким и незначительные увеличения напора будут вызывать значительные снижения производительности. Если насос слишком далеко вправо по своей кривой, вновь вызывая низкий коэффициент полезного действия. Напор, созданный ступенью, будет низким, требуя дополнительных ступеней, которые не были бы необходимыми, если бы был сделан лучший выбор.

Погружные насосы

Погружные насосы содержат двигатель с электрическим приводом, расположенный под поверхностью воды, при этом насос устанавливается над ним, а также под поверхностью воды. Гибкий или стальной магистральный трубопровод применяется для того, чтобы нести насос, а также подавать воду на поверхность.

Погружные насосы обычно применяются в скважинах, но часто применяются на речках и дамбах, где поверхность воды ниже практических ограничений центробежных насосов. Погружные насосы долговечны и надёжны, если установлены и эксплуатируются надлежащим образом. Однако, они обычно дороже, чем центробежные насосы, и их труднее осматривать и ремонтировать.

Работа

Погружной насос имеет четкие основные части. Конец насоса, погружаемый электродвигатель, разгрузочная коробка и электрический погружаемый кабель. Работа насоса подобна работе турбины, хотя он имеет свой привод ниже конца насоса. Он имеет решето с крупными отверстиями для предупреждения попадания в насос гравия и крупного песка. Когда вода покидает ротор, постепенно

увеличивающиеся клапаны направляют воду на кожух, где кинетическая энергия превращается в давление. Все другие характеристики такие же, как у турбин.

Насосы, приводимые в действие электродвигателем

Наиболее широко применяемый двигатель для ирригационных насосов – электрический трехфазный асинхронный двигатель. Коэффициент полезного действия электродвигателей хороший, в некоторых случаях превышает 95%. Электродвигатели обычно требуют очень мало ухода и при надлежащем уходе могут работать многие годы безотказно. Кроме того, электродвигатели бесшумные и компактные и подходят для широкого ряда целей.

Потребление энергии электродвигателями

Потребление энергии насосной станции зависит от расхода, полного динамического напора и коэффициент полезного действия насоса, мотора или двигателя. Для насоса, приводимого в действие электродвигателем, потребление энергии определяется следующим образом:

$$P = \frac{Q * H}{102 * E_p * E_m},$$

где P – потребление энергии, кВт;

Q – расход откачки, л/с;

H – полный динамический напор, м;

E_p – коэффициент полезного действия насоса, десятичная дробь;

E_m – коэффициент полезного действия двигателя, десятичная дробь.

Эксплуатационные расходы

Эксплуатационные расходы для насоса, приводимого в действие электродвигателем, представляют собой функцию потребления энергии двигателем, затрат на электричество и периода времени, в течение которого работает насос. Расход можно вычислить с помощью следующего уравнения:

$$C = P * C_e * T, \quad (\text{ур.8.7})$$

где C – эксплуатационные расходы, доллары;

P – потребление энергии, кВт;

C_e – затраты на электроэнергию, доллар за кВт-ч;

T – время работы насоса, ч.

Пример

Дано: расход бустерного насоса – 750 л/м (12,5 л/с), полный динамический напор – 20 кПа (20 м), коэффициент полезного действия насоса – 78%, а коэффициент полезного действия двигателя – 94%; вычислите потребление энергии насоса. Если стоимость электричества – 13 центов за кВт-ч, какова стоимость работы насоса в течение 8 часов?

Решение

Используем ур. 8.5.:

$$P = \frac{12,5 * 20}{102 * 0,78 * 0,94}$$

$$P = 3,3 \text{ кВт}$$

Используем ур. 8.7:

$$C = 3,3 * 0,13 * 8$$

$$C = 3,43 \text{ доллара}$$

Насосы, приводимые в действие дизельным двигателем

Кроме электродвигателей, для приведения в действие ирригационных насосов часто используются дизельные двигатели. Тогда как электродвигатели обладают тем преимуществом, что они бесшумные, эффективные и экономически выгодные в работе и эксплуатации, дизельные двигатели отличаются портативностью и низкими затратами на установку. Дизельные двигатели можно устанавливать фактически везде, их легко передвигать, и они не требуют дорогой установки линий электроэнергии.

Применение дизельного двигателя для откачки оросительной воды требует, чтобы проектировщик понимал принципы работы и ограничения дизельных двигателей. В следующем обсуждении описывается основной подход к насосам, приводимым в действие дизельными двигателями.

Эффективность передачи

Обычно всякий раз, когда насос соединяется с двигателем посредством механической передачи, происходят потери энергии. Эти потери обуславливаются эффективностью устройства передачи, или «передачей». Распространёнными передачами, используемыми в дизельном насосе, являются зубчатая

передача под прямым углом и V- ременная передача. Каждая из этих передач обычно эффективна на 95% выходной мощности двигателя, чтобы привести насос в действие.

Поправка характеристик двигателя на температуру и высоту

Мощность, развиваемая дизельным двигателем, изменяется в зависимости от содержания кислорода в воздухе смеси из полива и воздуха. Так как содержание кислорода изменяется в зависимости от температуры, барометрического давления и влажности, выходная мощность дизельного двигателя будет также зависеть от этих факторов. Обычно данные характеристик двигателя даются для определённой высоты, температуры и влажности, и поэтому в них должны быть внесена поправка (или они должны быть пересчитаны) на более высокие высоты, температуры и влажности. Изготовители дизельных двигателей публикуют данные со внесением поправок для определённых двигателей. В тех случаях, когда этой информации нет, может использоваться следующая информация:

1. Для высоты, превышающей расчётную, внесите поправку мощности двигателя на:

а) 3% на 30 см (естественное всасывание);

б) 1% на 300 см (турбонагнетание).

2. Для температур воздуха, превышающих расчётную температуру, внесите поправку в мощность двигателя на:

а) 1% на 6°

Вспомогательное оборудование и побочные нагрузки

Типичное вспомогательное оборудование и побочные нагрузки, распространённые для дизельных двигателей, включают охлаждающие вентиляторы радиатора, гидравлические насосы и генераторы переменного тока. Потребность в мощности для охлаждающих вентиляторов радиатора обычно составляет 6-8 % мощности двигателя и должна учитываться там, где применяются радиаторы.

При откачивании воды для орошения охлаждение двигателя осуществляют путём применения теплообменной системы, которая рассеивает тепло двигателя в поступающую оросительную воду. Хотя энергия, необходимая для приведения теплообменника в действие мала, происходит некоторая потеря на трение, когда оросительная вода течёт через теплообменник, и эту потерю следует учитывать.

Коэффициент эксплуатации

Производительность двигателя обычно со временем снижается вследствие обычного старения и износа двигателя. Для того, чтобы двигатель продолжал обеспечивать необходимую мощность, расчётную потребность в мощности обычно увеличивают на «коэффициент эксплуатации» – 10%.

Пример

Центробежный насос будет приведен в действие дизельным двигателем без наддува посредством Временной передачи с радиаторным охлаждением. Насос будет иметь производительность 2000 л/м (33, 3 л/с, ТДН полный динамический напор) 45 м и КПД 83%. Насос помещён на высоте 750 м над уровнем моря, температура воздуха в месте откачивания составляет в среднем 40°С летом, которое является пиком сезона откачки. Вычислите потребную мощность двигателя.

Решение

Следующие шаги иллюстрируют методику вычисления потребной мощности двигателя:

1. Вычисляем входную мощность насоса. Входную мощность насоса можно вычислить, используя ур. 8.4.:

$$\text{Входная мощность насоса, кВт} = \frac{33,3 \cdot 45}{102 \cdot 0,83} = 17,7 \text{ кВт}$$

2. Вычисляем мощность махового колеса. Мощность махового колеса, необходимую для приведения в действие насоса посредством Временной передачи, можно вычислить, деля входную мощность на эффективность (КПД) передачи (95%): $\frac{17,7}{0,95}$.

Мощность махового колеса = 18,6 кВт.

3. Повторно оцениваем двигатель для высоты участка и средней температуры воздуха: мощность махового колеса можно изменить на 3 % для каждых 300 м высоты над расчётной высотой и на 1 % для каждого повышения расчётной температуры на 6°. Если предполагается делать расчёт для выбранного двигателя на высоте 150 м над уровнем моря и при температуре 28° С, перерасчёт следующий:

Мощность махового колеса, 150 м, 28° С	18,6 кВт;
Перерасчёт для высоты (6%)	1,1 кВт;
Перерасчёт для температуры (2 %)	0,4 кВт;
Переоцененная мощность двигателя	20,1 кВт.

4. Вычисляем и добавляем потребности в мощности для вспомогательного оборудования двигателя. В этом примере требуется вентилятор радиатора с оценённой потребности в мощности 7%.

Переоцененная мощность двигателя	20,1 кВт;
Вентилятор радиатора (7%)	1,4 кВт;
Нетто-мощность двигателя	21,5 кВт;

5. Применяем коэффициент эксплуатации. Используйте 10%-ный коэффициент запаса (запаса прочности)

Нетто-мощность двигателя	21,5 кВт;
Коэффициент эксплуатации 10%	2,2 кВт;
Общая потребная мощность двигателя	23,7 кВт.

При определении размеров дизельного двигателя всегда рекомендуется поддерживать связь с изготовителем дизелей, так как могут быть другие факторы, которые надо учитывать, а вышесказанное является лишь теоретическим руководящим указанием.

Расход горючего и эксплуатационные расходы для дизельных двигателей

Расход горючего для дизельного двигателя даётся изготовителями двигателя как потребление горючего на единицу генерированной энергии. Расход горючего обычно даётся в литрах потреблённого горючего на киловатт-час (кВт-ч) и, как правило, выражается как функция двигателя RPM. Дизельные двигатели расходуют горючее в количестве, которое обычно колеблется от 0,11 до 0,17 кг на кВт-ч (1 литр дизельного горючего весит примерно 0,85 кг). Кривые расхода горючего для большинства двигателей имеют минимальную точку расхода горючего на единицу генерированной энергии, и, таким образом, эта точка является точкой максимального КПД.

Стоимость горючего для работы дизельного двигателя в течение данного периода времени T можно вычислить, используя следующее уравнение:

$$C = T \times P \times C_f \times F, \quad (\text{ур. 8.8})$$

где C – стоимость горючего, доллары; T – время работы насоса, часы; P – общая мощность двигателя, кВт; C_f – стоимость горючего, долларов на литр, дизель; F – расход горючего, литров/кВт-ч.

Насосы, соединённые последовательно и параллельно

Насосы, соединённые последовательно

Два или более насосов соединяются последовательно для достижения более высоких давлений.

Типичные применения насосов, соединённых последовательно, включают:

1. Потребность в TDH (полном динамическом напоре) насоса, которая превышает возможности легкодоступных моделей насоса.
2. Поле, на котором некоторые орошаемые блоки находятся на более высокой высоте или на большем расстоянии от насоса, чем другие блоки, и требуют в результате более высокого напора накачивания.
3. Схема орошения, которая требует более высоких давлений в определённые периоды времени, как, например, во время прорастания или противозаморозковой защиты.
4. Центробежный бустерный насос размещают последовательно с существующим погружным вихревым насосом для создания более высокого давления, как в том случае, когда систему полива по бороздам надо преобразовывать в систему микроорошения.

Как и один насос, насосная станция из ряда насосов работает в соответствии с характеристической кривой. Для насосов, соединённых последовательно, результирующую кривую напора – производительности получают по средством вертикального суммирования кривых напора – производительности для отдельных насосов.

Насосы, соединённые последовательно, можно приводить в действие отдельно или с помощью одного и того же двигателя. Следует позаботиться о том, чтобы расчетные величины давления насосов, фитингов и трубопроводов соответствовали более высоким давлениям, создаваемым насосами, соединёнными последовательно.

Насосы, соединённые параллельно

Для создания более высоких расходов два или более насосов соединяются параллельно. Типичные ситуации, в которых применяются параллельно соединённые насосы, включают:

1. Два или более источника воды должны подаваться в общую систему.
2. Система орошения, обеспечивающая блоки различных размеров или различные культуры, требует сильно отличающихся расходов.
3. Система орошения, которая устанавливается на дополнительных участках, требующих более высоких расходов и усиливаемых как новые секции.

Как и насосы, соединённые последовательно, насосы, соединённые параллельно, работают в соответствии с характеристической кривой. В случае параллельных насосов результирующую кривую получают горизонтальным суммированием отдельных кривых напора – производительности.

Проектируя насосы, соединяемые параллельно, надо обеспечить, чтобы насосы были согласованы надлежащим образом и чтобы они работали на соответствующей части кривой напора-производительности.

Проектирование и установка насосных установок

Всасывающий водоприёмник

1. Там, где воду надо брать из поверхностного источника воды, такого, как канал или водохранилище, следует принимать во внимание плавающее приёмное устройство. Плавающие приёмные устройства минимизируют количество загрязняющих веществ, поступающих в систему, поглощая наиболее чистую воду прямо под поверхностью (примерно на 1-3 м ниже поверхности, в зависимости от расхода).
2. Проектируйте обратный клапан и фильтры для скорости потока воды 0,3-0,6 метра в секунду. Это должно создать возможность для обширной площади поверхности сита и минимального засорения фильтра.
3. Чтобы минимизировать потери на входе используйте всасывающий водоприёмник с концентрическим редуктором.
4. Разместите всасывающий водоприёмник ниже уровня воды, выше дна отстойника и вдали от стенок, отражателей и соседних машинах водозаборов в соответствии с утверждёнными размерами (рисунок 8-3.)

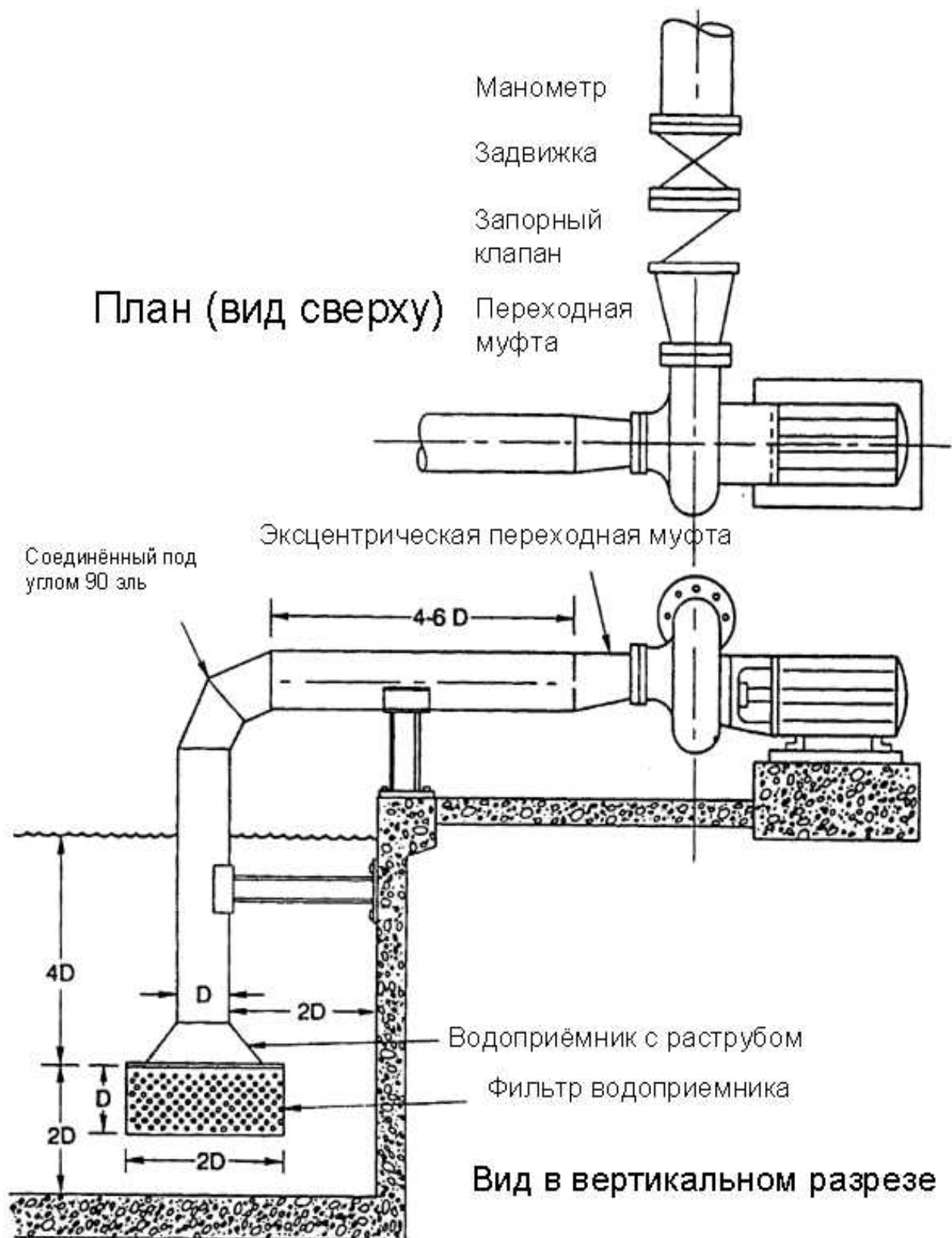


Рисунок 8-3. Детали установки центробежного насоса.

Всасывающий трубопровод

Проектирование и строительство всасывающего трубопровода часто является решающим элементом в надлежащей работе центробежного насоса и особенно в тех случаях, когда насос расположен над уровнем воды (высота всасывания). При проектировании и строительстве всасывающих трубопроводов следует придерживаться следующих руководящих указаний:

1. Минимизируйте колена, изгибы, переходные муфты и какие-либо другие возможные причины незначительных потерь на трение во всасывающем трубопроводе. Там, где необходимы изгибы во всасывающем трубопроводе, используйте колена большого радиуса или стройте скошенные изгибы.

2. Установите всасывающий трубопровод на склоне, для того, чтобы избежать каких-либо высоких мест, которые могли бы собирать воздух. Сконструируйте какую-нибудь эксцентрическую переходную муфту, чтобы соединить всасывающую трубу с фланцем впускного отверстия насоса для исключения высокой точки в этом месте.
3. Минимизируйте турбулентность на фланце впускного отверстия насоса. Рассчитайте минимум 5-6 диаметров прямой трубы перед фланцем впускного отверстия, если необходимо.
4. Не устанавливайте вакуумный предохранительный клапан на всасывающем трубопроводе после применения на высоте всасывания.
5. Обеспечьте соответствующую структурную опору для всасывающего трубопровода и фланца впускного отверстия насоса.
6. Воздух во всасывающем трубопроводе сильно снижает производительность насоса. Примеры предосторожности для предупреждения просачивания воздуха во всасывающий трубопровод.
7. После включения системы или в какой-то момент в будущем может возникнуть необходимость в измерении давления перед и за насосом. Чтобы облегчить это, разумно обеспечить кран для вакуумметра.

Насосная станция

1. Насосная станция должна быть защищена от стихий: дождь и снег могут вызывать влажность в обмотках двигателя, а прямые солнечные лучи могут значительно повышать рабочие температуры двигателя. Постройте устойчивый навес с бетонным полом для обеспечения чистой, сухой, хорошо проветриваемой окружающей среды, свободной от сорняков и мусора и способствующей надлежащей работе и хорошему обслуживанию.
2. Учитывайте требования к безопасности при проектировании насосной станции. Могут быть высоковольтные линии, резервуары с бензином и дизельным горючим, сельскохозяйственными ядохимикатами, растворами хлора или газообразным хлором, присутствующие на или возле места откачки. Установите потенциальные проблемы, связанные с пролитием воды и горючего, утечками в трубах под давлением или водосбросом с разгрузочных клапанов. Должна учитываться возможность вандализма, воровства и вторжения не уполномоченных лиц и, если возможно, предотвращаться.
3. Постройте устойчивое бетонное основание для насосов и моторов или двигателей. Для долговременной установки дизельного двигателя постройте бетонную подставку, изолированную от бетонного пола пробкой или резиной для минимизации вибрации. Бетонная подставка должна быть на 300 мм длиннее и шире и примерно на 50% тяжелее, чем оборудование.
4. Электродвигатели следует устанавливать по меньшей мере на 150 мм выше бетона, чтобы влага и животные были вдали от двигателя.
5. Обеспечьте соответствующую дренажную систему для утечки из сальниковой коробки насоса или других незначительных утечек.

Нагнетательный трубопровод

1. Часто для увеличения размера трубы от фланца спускного отверстия до размера нагнетательного трубопровода требуется переходная муфта. Эта переходная муфта должна обеспечивать плавный переход, чтобы минимизировать потери на трение в этой точке.
2. За переходной муфтой нагнетательной трубы должен следовать запорный клапан, особенно в тех случаях, когда насос откачивает воду на более высокую высоту. Цель этого запорного клапана – предупреждать изменение направления потока в нагнетательной трубе, когда насос отключается: такое изменение направления потока могло бы повредить насос или двигатель.
3. За запорным клапаном устанавливается регулятор расхода с целью открытия и закрытия нагнетательной и дроссельного регулирования насоса. Этот регулятор расхода может быть задвижкой или другим клапаном, приводимым в действие вручную, или это может быть автоматически регулируемый снижающий давление подпираний клапан.
4. После регулятора расхода, если трубопровод системы идет вверх от насоса, следует устанавливать предохранительный клапан давления, для того, чтобы снижать колебания давления, вызванные обратным потоком, когда насос отключён. Если система направлена вниз от насоса, непрерывно действующий воздушный предохранительный клапан следует установить для того, чтобы удалять воздух из трубопровода вовремя и давать воздуху войти в трубопровод, когда насос отключен. Поступление воздуха в дренажный трубопровод предупреждает поломку трубопровода вследствие внутреннего отрицательного давления.
5. Не монтируйте манометр для измерения давления на выходе спирального кожуха насоса. Высокая скорость воды и турбулентность, существующая в спиральном кожухе, вызывают неточные

показания давления. Измеритель давления на выходе следует монтировать вниз по течению насоса, в месте минимальной турбулентности.

6. Заполняя порожний трубопровод после включения системы, насос имеет тенденцию «выбегать на свою кривую» вследствие отсутствия обратного давления на насос. Это приводит к высокому расходу и повышенной положительной потребной нетто-высоте всасывания (NPSHR), что в свою очередь может вызывать образование пустот, потерю заливки, высокие скорости потока и гидравлический удар в системе. Чтобы избежать этой проблемы, проектируйте систему нагнетательных клапанов для регулирования скорости заливки насосов для того, чтобы не превышать 0,5 метра в секунду в системе нагнетательных трубопроводов. Применяйте клапан, поддерживающий давление, чтобы достичь этого.
7. Обеспечьте структурную опору для нагнетательных трубопроводов, в том числе для фланца и клапанов насоса. Не используйте сам насос для поддержки трубопроводов и клапанов, так как нагрузки и деформации, вызванные таким образом, могут вызывать изгиб водоотливных шахтных стволов, чрезмерный износ, повреждение опорных станций и низкую производительность насоса.
8. Обеспечьте противоударные опоры для трубопроводов, колен и клапаном. Не обеспечение противоударных опор может привести к крупному повреждению насосной установки.

Раздел 9
Проектирование систем
фильтрации

Системы фильтрации

Фильтрация какой-либо системы орошения является составной частью эффективности системы и должна составлять часть этой системы при поливе культуры водой с помощью ленты, капельниц, микрождевателей или сельскохозяйственных дождевальных машин.

Без правильной и надлежащей фильтрации с помощью или дисковых или сетчатых фильтров, или песчано-гравийных фильтров, эффективность и управление системой нельзя контролировать, что в конечном счете может привести к неисправной работе применяемых технических средств орошения. Опасность загрязнителей в воде определяет, как долго это может длиться. По этой причине **Вы всегда должны делать анализ воды, которую Вы намереваетесь использовать для орошения.**

Многие люди могут применять систему фильтрации и дорогие добавки, но если она не установлена или установлен не тот вид фильтрации, расходы на замену засоренного или повреждённого оборудования значительно превышают исходные затраты (не говоря уже о дополнительных издержках на оплату рабочей силы).

Фильтрация – это не выбор, это необходимость

Неспособность фильтровать Вашу систему может заставить изготовителей аннулировать свою гарантию на отдельные устройства, применяемые в системе. Следующее руководство поможет Вам правильно выбрать фильтрацию для предложенной системы и поможет понять управление системой.

Схема выбора фильтрации

Изделие	Фильтр песчано-гравийный		Сетчатые фильтры		Дисковый фильтры		Много точечный измеритель всасывания
	Первичные	Вторичные	Первичные	Вторичные	Первичные	Вторичные	
Лента Поверхностная вода	Да			Да		Да	Да
Лента чистая вода			Да		Да		Да
Встроенные/вмонтируемые капельницы Поверхностная вода	Да			Да		Да	Да
Встроенные/вмонтируемые капельницы Чистая вода			Да	Да	Да	Да	Да
Микро поверхностная вода			Да	Да	Да	Да	Да
Микро чистая вода			Да	Да	Да	Да	Да
Сельскохозяйственные машины Поверхностная или чистая вода			Да				Да

Легенда

Поверхностная вода – речки, озёра, пруды и каналы.

Чистая вода – колодцы и скважины (подпочвенная вода).

Примечание

Необходимо применять гидроциклонные сепараторы, когда очень загрязнённая вода из скважины или колодца содержит большие количества частиц песка. Они должны также устанавливаться до установки первичной фильтрации.

Песчано-гравийные фильтры

Выбор соответствующего вида и размера песчано-гравийного фильтра зависит от нескольких важных факторов:

1. Вида, размера и концентрации загрязнителей в поливной воде из источника;
2. Требования к качеству фильтрованной воды;
3. Расчётного расхода.

Для того, чтобы быть эффективной, фильтровальная станция должна быть сконструирована таким образом, чтобы она могла работать в самых неблагоприятных условиях. Качество воды сильно колеблется у разных источников и часто качество одного источника воды сильно изменяется в зависимости от времени года. Это особенно верно для поверхностных источников воды, таких, как реки и водохранилища. Вместе с ливневым стоком или тающим снегом в ручьи, реки и озёра могут попадать большие количества почвы, мусора и питательных элементов. Это приводит к большим наносам ила и глины в воде и может способствовать цветению водорослей и других растущих в воде организмов.

Вода из скважин естественно, имеет тенденцию быть более стабильной, чем поверхностные воды, хотя она ни коим образом не подвержена сезонным изменениям. Вода из скважин может отличаться солёностью и растворёнными веществами в соответствии с сезонным повышением или снижением уровня грунтовых вод или в результате изменений скорости накачивания. Вода из скважин может содержать также наносы, песка и камня, которые изменяются в зависимости от скорости накачивания.

Качество выпускаемой воды, требуемое для данной системы орошения, очевидно, зависит от системы в виде и размера используемых капельниц. Уровни фильтрации составляют 1/5 (неорганическое вещество) – 1/10 (органическое вещество) размера отверстия эмиттера.

Вид и количество загрязнителей в воде из источника орошения являются определяющим факторами при выборе вида используемого фильтра поливной воды. Физические загрязнители в поливной воде состоят как из органического, так и неорганического вещества. Органические загрязнители включают водоросли, семена сорняков, улиток, мох, некоторые формы бактерий и обычно что-нибудь, что живое или было живым. Неорганические загрязнители включают ряд частиц песка, ила и глины и осадки каких-либо химических веществ, которые могут встречаться.

Песчано-гравийные фильтры идеально подходят для фильтрации воды или с органическими загрязняющими веществами. Фильтры со средой являются наилучшим выбором для фильтрации воды из источника, которая содержит органическое вещество. Фильтры с песчаной средой обладают способностью улавливать и удерживать большие количества загрязнителей вследствие трёхмерной природы фильтрующего слоя.

Классификация песчано-гравийных фильтростанций

Объём потока через песчано-гравийный фильтр определяется площадью поверхности среды и расчётным расходом. Расчётный расход для песчано-гравийного фильтра обычно находится в диапазоне 11,5 -20 л/с/м². Воду из источников можно классифицировать по типу, размеру и концентрации содержащихся загрязнителей. Расчётный расход в таком случае выбирается на основе этой классификации. Расчётный расход 61 м³/ч/м³ часто рекомендуется для средней поливной воды из источника. В случае очень чистой воды успешно применялись расходы до 73 м³/ч/м². Чтобы верно оценить расчётный расход для ряда уровней загрязнителей, можно использовать следующие данные:

Уровень загрязнителей	Концентрация	Расчётный расход (м ³ /ч/м ²)
Незначительный	0-10 ppm (частей на миллион)	61-73
Средний	10-100 ppm (частей на миллион)	49-61
Высокий	100-400 ppm (частей на миллион)	37-49

В таблице 9-1 представлены данные по расходам фильтров с вертикальной средой для диапазона расчётных расходов на квадратный метр поверхности песка.

Таблица 9-1. Данные по расходам фильтров со средой в вертикальном резервуаре в м³/ч.

Уровень загрязнителя	Расход, м ³ /ч/м ²	Диаметр резервуара, дюймов/мм					
		18/455	24/610	30/760	36/915	45/1145	48/1220
Высокий	37	6.1	10.8	16.9	24.3	38.0	43.2
Средний-высокий	49	8.0	14.3	22.3	32.2	50.3	57.2
Средний-незначительный	61	10.0	17.8	27.8	40.1	62.6	71.2
Незначительный	73	12.0	21.3	33.3	47.9	74.9	85.2

Сезонное колебание качества воды должно также учитываться при классификации размеров фильтров поливной воды. Например, если можно предположить, что качество воды из источника будет изменяться в зависимости от сезонных дождей, было бы разумно классифицировать станции фильтров по тому, как фильтруется вода самого низкого качества, с которой они сталкиваются.

В тех случаях, когда в источнике воды высокое содержание взвешенных частиц, проектировщик может снизить расчётный расход. Это называется «переоценкой» расхода фильтра и состоит из применения расчётного расхода менее $61 \text{ м}^3/\text{ч}/\text{м}^2$. При переоценке расхода песчано-гравийного фильтра для компенсации сильных нагрузок по взвешенным частицам важно помнить, что больший резервуар требует более высокой скорости потока для обратной промывки. Поэтому при снижении скорости потока через песчано-гравийный фильтр рекомендуется обеспечить дополнительные меньшие резервуары вместо меньшего количества больших резервуаров.

Большинство фильтров со средой конструируются таким образом, что, если потребность в фильтруемой воде увеличивается в более поздний срок, к фильтрующей системе можно добавить дополнительные устройства, чтобы повысить объём фильтруемой воды. Таким образом систему фильтров с двумя резервуарами можно легко увеличить до системы с большим количеством резервуаров.

Выбор песка

Надо точно определить размер и вид песка, чтобы достичь желаемого качества воды. Слишком крупный песок будет иметь результатом плохую фильтрацию и приведет к засорению системы орошения, слишком мелкий песок вызовет ненужную и обратную промывку фильтров. Вид и размер сред фильтра, выбираемых для применения, зависят от вида капельниц, используемых в системе орошения.

Песок для фильтров классифицируется по двум факторам: эффективный размер и коэффициент однородности. Эффективный размер для данного сорта песка является мерой минимального размера песка у этого сорта, тогда как коэффициент однородности отражает диапазон размеров песка внутри сорта. В таблице 9-2 представлены данные по имеющимся в продаже сортам песка, применяемого в качестве сред.

Таблица 9-2. Обозначения и размеры песчаных сред

Размер песка	Эффективный размер песка, мм	Коэффициент однородности	Вид среды	Качество фильтрации, меш (отверстие)
8/16	1,2	1,6 макс	Кремнеземный песок	120-160
16/30	0,55	1,6 макс	Кремнеземный песок	160-220

Эффективный размер песка. Отверстие такого размера, которое может пропустить 10% типичной выборки песка. Эффективный размер 0,55 мм означает, что 10% выборки мельче 0,55 мм.

Коэффициент однородности. Отношение отверстий размером, которое пропускает 60% типичной выборки песка, делённое на отверстие, которое пропускает 10% той же выборки. Коэффициент однородности, близкий к 1,5 считается хорошим для сортов песка, применяемых в фильтрах поливной воды.

Для применения в качестве среды фильтра рекомендуется острый, измельчённый песок. Применяются два основных материала: измельчённый кремнезем или измельчённый гранит.

Обратная промывка песчано-гравийных фильтров

Песчано-гравийные фильтры очищают посредством обратной промывки, изменяя направление потока воды через слой, увеличивая в объеме среду, и создавая возможность для её выпуска и устранения уловленных загрязнителей с помощью линии обратной промывки. Обратная промывка включается путём открытия специально сконструированного трёхходового клапана, который отключает выпускное отверстие и открывает отверстие обратной промывки. В процессе обратной промывки чистая вода течет вверх через фильтрующий слой, поднимая и образуя суспензию из среды и сбрасывая собранные загрязнители. Затем загрязнители уносятся вместе с водой для обратной промывки.

Обычно песчано-гравийные фильтростанции состоят из двух или более отдельных резервуаров, соединённых параллельно; при этом обыкновенные коллекторы служат впускными и выпускными отверстиями. В режиме фильтрации все резервуары работают параллельно. В режиме обратной промывки отдельные резервуары промываются по одному за один раз, так что чистая вода, полученная в одном резервуаре или более в режиме фильтрации, служит резервуаром, который есть в режиме обратной промывки.

Для достижения максимальной производительности фильтра поток при обратной промывке надо надлежащим образом регулировать. Чрезмерные расходы при обратной промывке увеличивают

среду в объеме до такой степени, что среда сама выталкивается из резервуара. Недостаточный расход обратной промывки не расширит среду в достаточной степени, чтобы удалить уловленные загрязнители. Эта плохая очистка приведет к потере остаточного давления в фильтрующем слое после обратной промывки.

Хотя объем воды, необходимый для обратной промывки, небольшой, по сравнению с количеством фильтруемой воды, он выпускается с высокой скоростью в течение короткого периода. Следует принять меры для того, чтобы выпустить, хранить или по-другому распорядится грязной водой после обратной промывки. Линия обратной промывки должна делать выбросы в атмосферу.

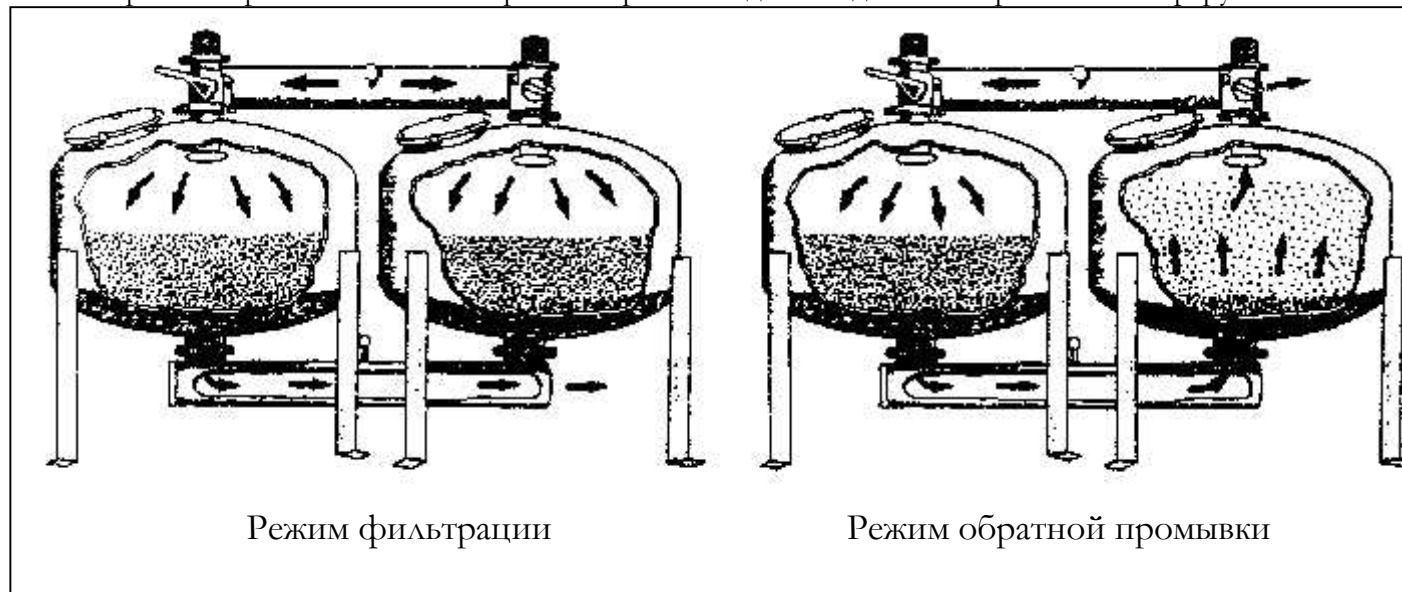


Рисунок 9-1. Работа фильтра со средой

Автоматические системы предусматривают автоматическую обратную промывку фильтров с заранее запланированными интервалами времени и могут также включать автоматическую схему защиты от перепада давлений. Одним из преимуществ этого типа системы управления двойной обратной промывкой является то, что фильтры подвергаются обратной промывке согласно запланированному интервалу времени, что помогает предотвратить спекание песчаного слоя. Если качество воды из источника изменится, вызывая высокий перепад давлений, создаваемый до запланированного времени обратной промывки, цепь перепада давлений включит цикл обратной промывки.

Необходимо обеспечить дроссельный клапан на напорном трубопроводе с обратной промывкой, чтобы регулировать расход при обратной промывке. Регулирование осуществляют посредством эксплуатации системы в режиме обратной промывки при частично открытом дроссельном клапане. Дроссельный клапан медленно открывается до тех пор, пока песок или гравий фильтра начнет появляться в воде для обратной промывки. Затем дроссельный клапан медленно закрывается до тех пор, пока вода для обратной промывки будет свободной от песка или гравия. В начальной стадии незначительное количество песка приемлемо, так как желательно, чтобы более мелким частицам давалась возможность вымываться. После осуществления вышеуказанных регулировок все резервуары подвергаются обратной промывке со всех сторон для удаления загрязнителей и мелких частиц, обычно обнаруживаемых в недавно введенных средах.

Система фильтрации должна быть калибрована, чтобы обеспечить соответствующий расход. Во время обратной промывки резервуары, не подверженные обратной промывке, должны обеспечивать чистую воду для операции обратной промывки, а также удовлетворять потребность системы орошения в фильтрованной воде. Так как за один раз обычной обратной промывки подвергается один резервуар, остальные резервуары в системе фильтрации разделяют потребность в фильтрованной воде.

Таблица 9-3 показывает расходы при обратной промывке, которые необходимы для обеспечения соответствующей обратной промывки фильтра.

Таблица 9-3. Минимальные рекомендуемые расходы при обратной промывке ($m^3/ч$) для песчано-гравийных фильтров.

Диаметр резервуара, дюймов/мм					
18/455	24/610	30/760	36/915	45/1145	48/1220
6.1	10.8	16.9	24.3	38.0	43.2

Если объем воды из источника не соответствует требованиям как обратной промывки, так и системы, поток обратной промывки можно увеличить, устанавливая клапан в трубопроводе выпуска

фильтрованной воды и отключая или частично ограничивая поток через этот трубопровод во время обратной промывки. Если применяется этот метод, поток надо ограничивать одинаковым количеством каждый раз, иначе будет проводиться излишняя или недостаточная обратная промывка. Этого можно достичь, устанавливая клапан, поддерживающий давление, который будет всегда обеспечивать поддержку минимального давления при обратной промывке фильтростанции.

Раздел 10
Проектирование системы
микроорошения

Система микроорошения состоит из ряд компонентов, комплектующих систему, таких, как капельницы, поливные трубопроводы, ответвления от магистрали, магистральные трубопроводы, насосы, фильтры, распределительные клапаны и т.д. Каждый компонент надо проектировать и наиболее сложный из них – распределительная сеть трубопроводов. Нужно понимать основные гидравлические принципы, чтобы суметь проектировать сеть трубопроводов.

Гидравлические принципы

При проектировании систем орошения используются следующие основные определения:

Давление воды. Давление воды определяется как сила воды на единицу площади. В гидравлике давление обычно выражается в килопаскалях (кПа)

Напор – мера энергии, сообщаемая воде при накачивании или статическом поднятии воды. Он обычно выражается в метрах воды (м).

Расход – объем потока на единицу времени, подаваемый по трубе, капельнице или арматуре. Он может выражаться в литрах в час (л/ч), литрах в минуту (л/м), литрах в секунду (л/с), кубических метрах в час (м³/ч).

Скорость – степень быстроты, с которой вода перемещается по трубе. Она выражается в метрах в секунду (м/с).

Распространённые функции/преобразования

Единица	Преобразовать в	Умножить на
Давление/напор		
кПа	Метры воды	0,0981
кПа	Бар	0,00981
кПа	Фунты на квадратный дюйм	0,145
кПа	Фут воды	0,335
Метров воды	кПа	9,8
Бар	кПа	98,1
Фунтов на квадратный дюйм	кПа	6,895
Фут воды	Метры воды	0,305
Расход		
л/с	л/м	60
л/с	л/ч	3600
л/с	м ³ /ч	3,6
л/м	м ³ /ч	0,06
л/ч	м ³ /ч	0,001
л/м	Англ. галлонов/мин	0,220
Англ. галлонов/мин	л/м	4,546
л/м	Амер. галлонов/мин	0,264
Амер. галлонов/мин	л/м	3,785
м ³ /ч	л/с	0,278

Есть гораздо больше возможных преобразований, но наиболее распространённые перечислены выше.

Основы гидравлики

Системы микроорошения состоят из сетей трубопроводов, питающих капельницы, которые подают воду к растению, поэтому необходимо иметь по крайней мере общее представление о гидротехнике. Ниже приводится краткое обсуждение основ, необходимых для выполнения гидравлического расчёта микросистем.

Давление

Вода по своей природе тяжелее, чем воздух, и чистая вода имеет удельный вес, равный 1. Поэтому резервуар, наполненный водой до глубины 2 м, имел бы давление 2 м (19,6 кПа), если бы манометр был прикреплён к основанию резервуара.

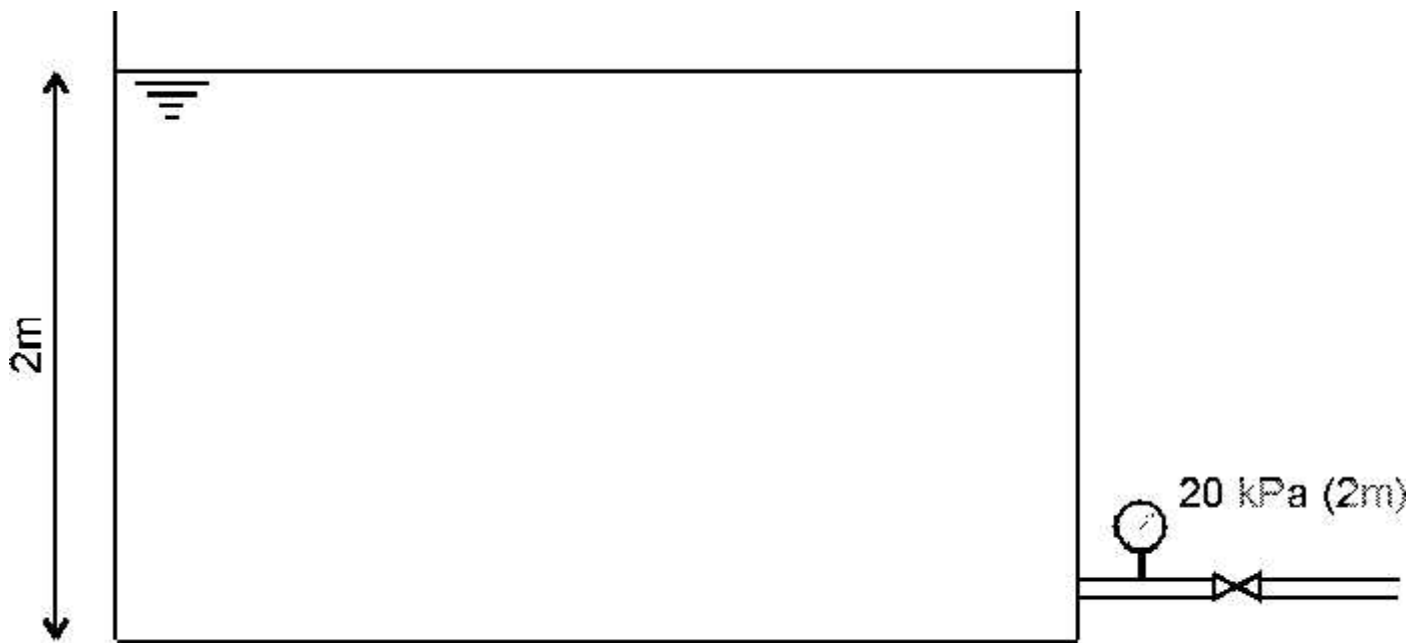


Рисунок 10-1, Статистическое давление в резервуаре с водой.

По определению, давление воды прямо пропорционально статической глубине воды в сети трубопроводов. Важно отметить, что непосредственные изменения в подъёме непосредственно влияют на давление в сети трубопроводов.

Потери на трение

Когда вода протекает по трубе, в трубе теряется энергия (или давление) вследствие сопротивления трения, оказываемого стенкой трубы потоку воды. Обычно это называется потерей давления, или потерей напора на трение в системе. Существует ряд формул потерь на трение, разработанных для вычисления потерь на трение, разработанных для вычисления потерь на трение, но мы не будем представлять их в этом тексте, так как имеются превосходные тексты по гидравлике, которые хорошо освещают эти формулы, а с целью проектирования систем орошения мы будем использовать схемы, которые экономят применение формул.

Беря наш предыдущий пример с резервуаром и добавляя 500 м 50-миллиметровой трубы из непластифицированного поливинилхлорида класса 6 к резервуару, мы можем продемонстрировать действие потерь на трение.

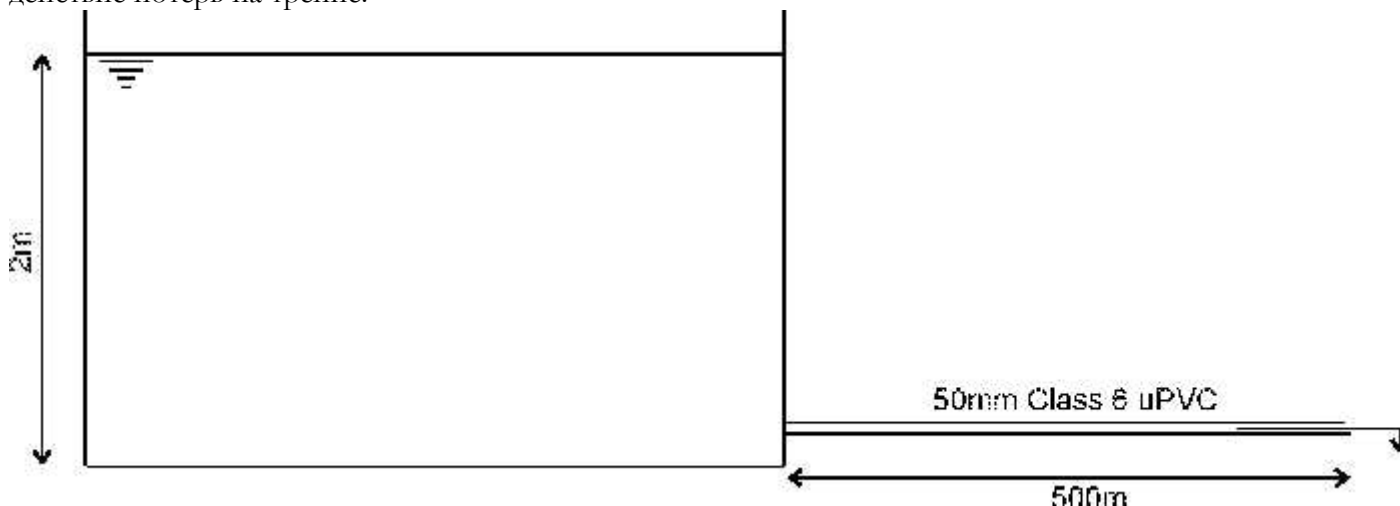


Рисунок 10-2. Потери на трение в трубе от резервуара с водой.

Задача предположим, что нет никаких клапанов или других устройств, соединённых с трубопроводной сетью. Используя таблицу потерь на трение в стандартной трубе из непластифицированного поливинилхлорида, вычислите, какое количество воды за секунду выпускается из трубы в атмосферу (0 кПа).

Решение.

Вначале нам надо вычислить потерю напора на 1000 метров согласно таблице потерь на трение в «Приложении 10-3»

$$\text{Потеря напора} / 1000 \text{ м} = \frac{2 \text{ метра}}{500 \text{ метров}} \times 1000 = 4 \text{ метра} / 1000 \text{ м}.$$

Обратившись к таблице трения в трубах из непластифицированного поливинилхлорида, мы читаем, что расход составляет 1,08 л/с. Это максимальный расход воды, который подаёт труба, когда поддерживается уровень воды 2 м при потере давления 2 м.

Скорость

Когда вода течет по трубе, она движется с определенной скоростью, в зависимости от расхода. Это называется скоростью потока воды и требует понимания при гидравлическом расчете. Высоких скоростей (свыше 15 метров в секунду) следует избегать, особенно в магистральных трубопроводах, так как это может вызывать некоторые проблемы гидравлических ударов (которые могут повредить сети трубопроводов) и будет объясняться дальше в следующем разделе.

Скорость выражается как расход на единицу площади и может быть выражена следующим образом:

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

где V – скорость в метрах в секунду, Q – расход в кубических метрах в секунду, A – площадь трубы в квадратных метрах.

Задача

Какая скорость потока через трубу (из предыдущего примера)?

Ответ

Из графика (схемы) видно, что для 4м/1000 м и 50-миллиметровой трубы из непластифицированного поливинилхлорида класса 6 скорость составляет примерно 0,43 метра в секунду.

Инструмент для проектирования «Юниплот»

«Юниплот» – инструмент для графического изображения, который используется для калибровки труб при проектировании систем микроорошения. Это инструмент, который можно легко использовать для расчета размеров труб на ровной или волнистой местности, и является наиболее распространенным инструментом, используемым проектировщиками систем орошения во всем мире. «Юниплот» работает, вычисляя удельный расход (SDR), который затем используют для выбора рабочих кривых для труб различных размеров.

Система «Юниплот» состоит из двух компонентов, первый – расчетчик рабочих кривых, второй – расчетные кривые, начерченные «Юниплотом». Эти графики при согласованном применении могут быть использованы для калибровки как поливного трубопровода, так и ответвления от магистрали в микросистемах.

Расчётчик рабочих кривых позволяет выбрать соответствующую рабочую кривую, зная как внутренний диаметр трубы в миллиметрах (мм), так и удельный расход в литрах в час на метр (л/ч/м). Как только рабочая кривая будет известна, расчётные кривые, начерченные инструментом «Юниплот», покажут потерю напора на трение по сравнению с длиной, начинающейся на закрытом конце трубы.

Удельный расход (SDR)

Удельный расход – это количество накопленного расхода в поливном трубопроводе или ответвлении от магистрального трубопровода, выраженное в литрах в час на метр (л/ч/м).

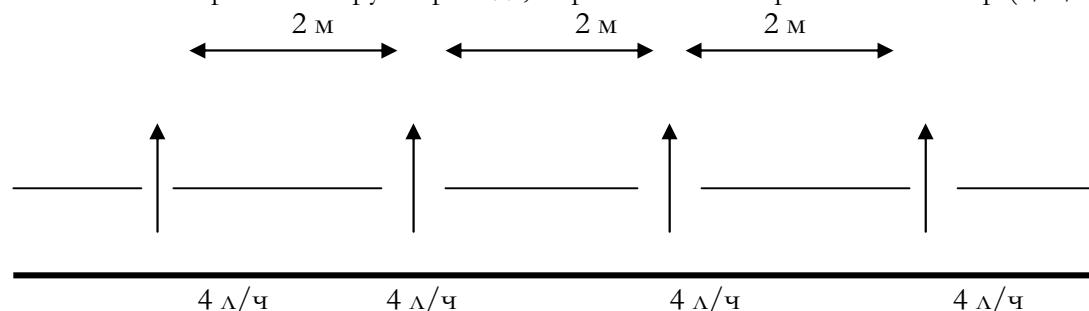


Рис. 10-4 Типичный поливной трубопровод с потерей расхода

SDR удельный расход вычисляется следующим образом:

Для поливных трубопроводов:

$$SDR (\text{л/ч/м}) = \frac{\text{расход капельницы, (л/ч)}}{\text{расстояние между капельницами, (м)}}$$

Для ответвлений от магистрального трубопровода:

$$SDR (\text{л/ч/м}) = \frac{\text{расход в поливном трубопроводе}}{\text{расстояние между поливными трубопроводами, (м)}}$$

$$\text{Или } SDR (\text{л/ч/м}) = \frac{SDR_{\text{поливного трубопр.}} \times \text{длина поливного трубопровода, (м)}}{\text{расстояние между поливными трубопроводами}}$$

Пример

Имеется поливной трубопровод с капельницами (4 л/ч), расположенными на расстоянии 2 м на ровной поверхности; общая длина трубопровода – 200 м. Какая потеря на трение в трубопроводе из полиэтилена низкой плотности с внутренним диаметром 13 и 19 мм?

Решение

Вычисляем SDR удельный расход:

$$SDR = \frac{4}{2} = 2 \text{ л/ч/м.}$$

Посмотрев на расчетчик рабочих кривых, определяем рабочие кривые:

13 мм – 22,5; 19 мм – 33.

Теперь посмотрев на расчетные кривые начерченные с помощью «Юниплота», определяем потерю на трение:

13 мм – 8 метров;

19 мм – 1,3 метра.

Расчётный допуск

Проектируя сеть поливных трубопроводов и ответвлений от магистрального трубопровода, важно поддерживать давления в пределах максимального и минимального диапазона давлений, что будет поддерживать систему в пределах определённого допуска расхода, обеспечивая степень равномерного потока к поливаемой культуре. Допустимое отклонение давления в системе микроорошения называется расчётным допуском и обычно выражается в метрах напора. Расчётный допуск изменяется в зависимости от расположения эмиттеров, т.е. от компенсированного отсутствием давления до компенсированного давлением. Выбирая расчётный допуск, проектировщик должен выбирать допуск, который обеспечит экономически выгодное решение фермеру.

Потеря энергии в фитингах и клапанах

Когда вода изменяет направление в сети трубопроводов или проталкивается по клапану или другому устройству, энергия теряется и должна учитываться в процессе проектирования системы орошения. Все эти потери накапливаются в системе и должны учитываться при расчёте требований к нормам напора в системе. Потери в фитингах незначительны, по сравнению с общей нормой для системы, и допуск примерно 2% от потребности в напоре для потери в фитингах обычно достаточен. Для устройств, таких, как клапаны и фильтры, следует применять таблицы потери напора, сделанные изготовителями, и добавлять потери к норме системы, чтобы вычислить полный динамический напор (ГДН) для насоса.

Пример расчёта. Капельное орошение

Рассмотрим процессы, применяемые для расчёта типичной системы капельного орошения. Мы используем пример, данный в «Приложении 10-4». Предположим, что система должна быть полностью заполнена.

Шаг 1. Вычисляем количество эмиттеров с расходом 2,5 л/ч, необходимых для растения.

Предположим, что нам необходима вода для покрытия по меньшей мере 60% площади питания растения.

$$\text{Площадь питания растения} = 3,35 \times 1,8 \times 0,5 = 3 \text{ м}^2$$

$$60\% \text{ покрытия} = 3 \times 0,6 = 1,8 \text{ м}^2$$

Почва – суглинок, и радиус увлажнения каждой капельницы составляет примерно 1,2 м (см. с. 2-7), покрытие каждым капельным водовыпуском следующее:

$$\text{Площадь} = \pi R^2$$

$$\text{Покрытие} = \pi \times 0,6^2 = 1,13$$

$$\text{Количество эмиттеров на растение} = \frac{1,8}{1,13} \cong 1,6$$

Поэтому при 2 капельницах на растение расстояние между поливными трубопроводами системы капельного орошения равно 0,9 м.

Шаг 2. Метод определения количества литров на растение.

Вычисляем максимальную потребность растения в воде.

Литров на растение = $A \times V \times C$

A = коэффициент культуры = 0,7

V = максимальное испарение с испарителя в день = 9 мм/день

C = площадь растения \times покрытие = $3,35 \times 1,8 \times 0,5 = 3,01 \text{ м}^2$

Литров на растение = $0,7 \times 9 \times 3,01 = 19$ литров на растение в день

Расход в системе на растение = 2 капельницы \times 2,5 л/ч = 5 л/ч на растение.

Работа в часах в смену = $\frac{19}{5} = 3,8$ часа.

Эта система могла бы работать в две смены (в двух зонах), так что система работает в течение 7,6 часа в день. В нашем примере мы работаем в две смены, однако в реальной жизни количество смен зависит от экономики системы.

Шаг 3. Расчёт поливных трубопроводов

Мы используем трубопроводы «Дрип-ин классик», работающие с расходом 2,5 л/ч, при 100 кПа, так что это дает нам выбор труб диаметром 16 или 20 мм.

Обращаясь к примеру расчёта, определяем, что расчётный допуск для трубопровода «Классик дрип-ин» с расходом 2,5 л/ч при $\pm 5\%$ -ой переменной расхода составляет 2,4 м.

$$SDR = \frac{2,5}{0,9} = 2,78 \text{ л/ч/м}$$

При применении 16-миллиметрового трубопровода «Дрип-ин» (внутренний диаметр – 14 мм), рабочая кривая равна 22,5.

При применении 20-миллиметрового трубопровода «Дрип-ин» (внутренний диаметр – 18 мм) рабочая кривая равна 29.

Чертим контурные профили поливного трубопровода для блоков согласно рисунку ниже:

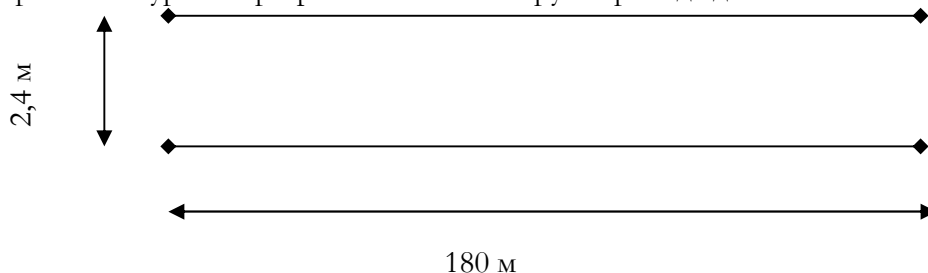


Рисунок 10-4. Контурный профиль распределительного трубопровода

Накладываем контурный профиль на графики расчётных кривых, начерченные с помощью «Юниплота». При длине 180 м на ровной поверхности потеря в 20-миллиметровом трубопроводе «Дрип-ин» составляет 1,8 м, для «Дрип-ин» – 6,0 м; поэтому 20-миллиметровый трубопровод «Дрип-ин» – подходящий размер поливного трубопровода для этого блока, когда ответвление от магистрального трубопровода находится на краю блока. Тогда общая потеря напора в ответвлении составляет 0,6 м.

Шаг 4. Расчёт для ответвления от магистрального трубопровода

SDR (удельный расход) в ответвлении от магистрального трубопровода следующий:

$$SDR = \frac{2,78 \times 180}{3,35} = 149 \text{ л/ч/м}$$

При применении 40-миллиметровой поливинилхлоридной трубы класса 6 (внутренний диаметр 45 мм) рабочая кривая составляет 16,5.

При применении 50-миллиметровой поливинилхлоридной трубы класса 6 (внутренний диаметр – 57 мм) рабочая кривая составляет 21.

При применении 80-миллиметровой поливинилхлоридной трубы класса 6 (внутренний диаметр 84 мм) рабочая кривая составляет 31.

Чертим контурную огибающую линию ответвления от магистрального трубопровода для блока согласно рисунку ниже.

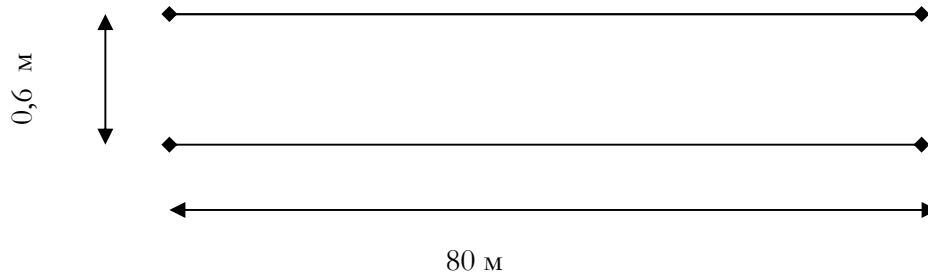


Рисунок 10-5. Контурный профиль ответвления от магистрального трубопровода

Накладываем контурную огибающую линию на график расчётных кривых, начерченный с помощью «Юниплота». Мы установим задвижку для блока по середине ответвления от магистрального трубопровода. Допустим, что мы прекратим подачу.

30 м 40-миллиметровой трубы из поливинилхлорида класса 6.

40 м 50-миллиметровой трубы из поливинилхлорида класса 6.

10 м 80-миллиметровой трубы из поливинилхлорида класса 6.

Шаг 5. Калибруем и выбираем комплекты распределительных клапанов для блока.

Общий расход для блока – 24 ряда $\times 2,78 \times 180$ л/ч/м = 12,0 м³/ч.

Обращаясь к графику потери на трение на клапане «Галф», устанавливаем, что подходящий калиброванный клапан – это 50-миллиметровый клапан FBSP. Потеря на трение составляет 5 кПа.

Мы предусматриваем также фильтр F50 как полевой запасной фильтр в случае разрыва трубы в магистральном трубопроводе. Потеря напора при прохождении воды через этот фильтр при расходе 12,00 м³/ч составляет 0,8 м (8 кПа).

Шаг 6. Калибруем магистральный трубопровод

Общий расход в магистральном трубопроводе составляет 12,0 м³/ч (3,35 л/с). Мы должны поддерживать скорость ниже 1,5 м/с и получить экономически выгодный размер трубы. Смотри на график, мы должны выбрать 80-миллиметровую поливинилхлоридную трубу класса 6, которая дает 5 м/1000 м трубы.

Длина магистрального трубопровода 400 м: следовательно, потеря на трение в трубе равна:

$$400 \times \frac{5}{1000} = 2 \text{ м.}$$

Шаг 7. Выбор системы фильтрации

Источник воды – открытый, следовательно, он может содержать большое количество органического вещества, поэтому лучше всего использовать песчаную фильтрацию. Посмотрев на диапазон фильтра «Клиэрфло SS», выбираем подходящий фильтр – песчаный, фильтр модели 224.

Нам надо учитывать 5 м потери напора, когда фильтры полностью загрязнены перед обратной промывкой.

Шаг 8. Вычисляем потребность системы в норме напора воды.

Потребность системы в норме следующая:

Рабочее давление		12 м
Распределительный клапан	1,5 м	
Магистральный трубопровод		2 м
Фильтрация		5 м
Статический уровень воды	5 м	
Фитинги/Разное (10%)		2,7 м
Всего:		29 м напора при 12,2 м ³ /час

Шаг 9. Выбираем систему фертигации

Мы хотели бы впрыснуть химикаты и удобрения в систему. Нам надо впрыснуть максимум 500 ppm (частей на миллион) удобрения, поэтому норма впрыскивания равен:

$$\frac{500}{1000000} \times 12000 = 6,1 \text{ л/ч впрыскивания (всасывания жидкости).}$$

Посмотрев на таблицу впрыскивания Маззея, определяем, что достаточно модели 584. Если бы мы повысили давление на входе инжектора до 400 кПа, было бы возможно всасывание жидкости в количестве 24 л/ч при условии, что двигательный расход равен 60 л/м.

Шаг 10. Размер электропроводки

Используйте график в конце каталога 1,5 мм общие, 1,0 мм²

Пример проектирования системы орошения плодового сада

Мы рассмотрим этапы, применяемые при проектировании типичной мини системы дождевания плодового сада. Мы используем пример, данный в «Приложении 10-5»

Шаг 1. Вычисляем максимальную продолжительность работы системы в смену.

Это можно сделать двумя способами, используя литры, необходимые для растения в день, которые вычислены выше, или вычисляя интенсивность дождя при искусственном дождевании и используя максимальные данные E_t .

Шаг 1а. Способ определения количества литров на растение.

Вычисляем максимальную потребность растения в воде.

Литров на растение = $A \times B \times C$

A = коэффициент культуры = 0,9

B = максимальное испарение с испарителя в день = 12 мм/день

C = площадь растения \times покрытие = $4 \times 5 = 20 \text{ м}^2$

Литров на растение = $0,9 \times 12 \times 20 = 216$ литров на растение в день

Расход в системе на растение = 1 дождевальная аппаратура \times 55 л/ч = 55 л/ч на растение.

Работа в часах в смену = $\frac{216}{55} = 3,9$ часа в смену.

Шаг 1б. Метод интенсивности дождя при искусственном дождевании

Интенсивность дождя при искусственном дождевании (мм/ч)

$$= \frac{\text{номинальный расход дождевальной аппаратуры (л/ч)}}{\text{расстояние между дождевальными аппаратами (м) \times расстояние между рядами (м)}}$$

PR (интенсивность дождя при искусственном дождевании) = $\frac{55}{4 \times 5} = 2,8$ мм/день

Время работы системы в смену (ч) =

$$\frac{\text{Максимальное испарение с испарителя, мм/д} \times \text{коэффициент системы}}{\text{Интенсивность дождя при искусственном дождевании}}$$

Время работы системы в смену (ч) = $\frac{12 \times 0,9}{2,8} = 3,9$ час в смену.

Эта система будет работать в одну смену 3,9 часа в день.

Шаг 2. Делаем расчет для поливных трубопроводов

Мы используем дождевальную аппаратуру «Вотербёрд IV» (Waterbird) с расходом 55 л/ч на дерево. Обращаясь к таблице расчётных допусков в «Приложении 10-2», находим, что расчётный допуск для дождевального аппарата «Вайт джет вотербёрд» (white jet waterbird) при 90% EU (Emission Uniformity – равномерность расхода капельниц) составляет 3,6 м.

SDR (удельный расход) = $\frac{55}{4} = 13,75 \text{ л/ч/м}$

При использовании 19-миллиметрового трубопровода «Поли» (внутренний диаметр – 19 мм) рабочая кривая равна 17,5.

При применении 25-миллиметрового трубопровода «Поли» (внутренний диаметр – 25 мм) рабочая кривая равна 23.

Чертим контурные профили поливного трубопровода для блоков согласно рисунку ниже.

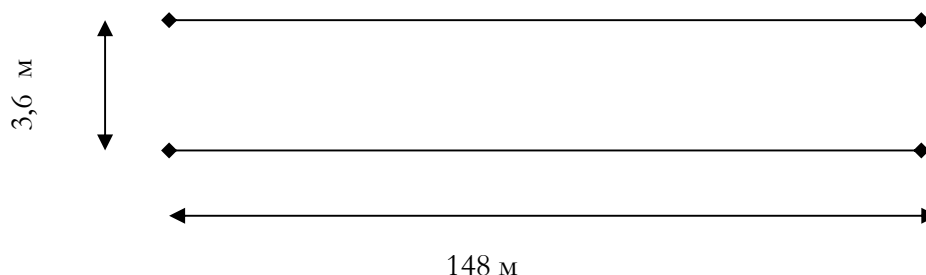


Рисунок 10-6. Контурный профиль для поливного трубопровода.

Накладываем контурный профиль на графики расчётных кривых, выполненные с помощью «Юниплота». При 74 м (половина 148 м) на ровной поверхности потеря при прохождении через 19-миллиметровый трубопровод «Поли» составляет 3,1 м; следовательно, 19-миллиметровый

трубопровод «Поли» является подходящим размером поливного трубопровода при прокладывании ответвления от магистрального трубопровода вниз посередине блока.

Общая потеря напора в ответвлении от магистрального трубопровода составляет 0,5 м.

Шаг 3. Делаем расчёт для ответвления от магистрального трубопровода.

Удельный расход SDR в ответвлении от магистрального трубопровода следующий:

$$SDR = \frac{13,75 \times 148}{5} = 407 \text{ л/ч/м.}$$

При применении 50-миллиметрового поливинилхлоридного трубопровода (внутренний диаметр – 45 мм) рабочая кривая составляет 14,5.

При применении 80-миллиметрового поливинилхлоридного трубопровода (внутренний диаметр – 84 мм) рабочая кривая составляет 22.

Чертим контурную, огибающую для блока согласно рисунку ниже.

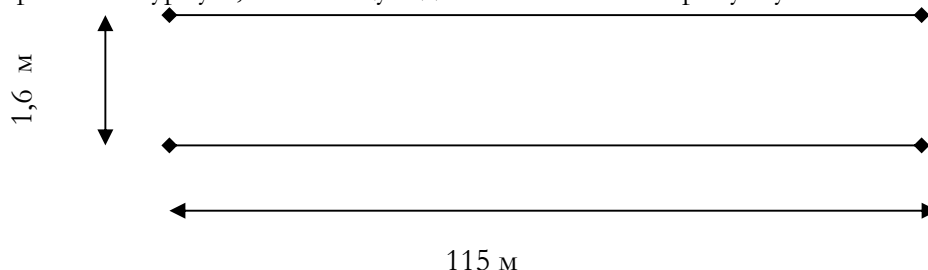


Рисунок 10-7. Контурный профиль ответвления от магистрального трубопровода.

Накладываем контурную огибающую на график расчётных кривых, начерченных с помощью «Юниплота». Мы установим распределительный клапан для блока посередине ответвления от магистрального трубопровода. Это эффективно снижает профиль вдвое – от 115 м до 57,5 м. Типичное решение такое:

18 м 40-миллиметрового поливинилхлоридного трубопровода класса 6;

30 м 50-миллиметрового поливинилхлоридного трубопровода класса 6;

9,5 м 80-миллиметрового поливинилхлоридного трубопровода класса 6.

Шаг 4. Калибруем и выбираем узел распределительных клапанов для блока

Общий расход для блока составляет:

$$24 \text{ ряда} \times 38 \text{ деревьев} \times 55 \text{ л/ч} = 50160 \text{ л/ч} (50,2 \text{ м}^3/\text{ч}).$$

Обращаясь к графику потери на трение в клапане «Галф» (Gulf), определяем, что клапаном подходящего размера является 80-миллиметровый клапан FBSP, дающий потерю на трение 19 кПа.

Мы также предусмотрим фильтр F75 как полевой запасной фильтр в случае разрыва магистрального трубопровода. Потеря напора при прохождении через этот фильтр при 50,2 м³/ч составляет 2,6 м (26 кПа).

Шаг 5. Калибруем магистральный трубопровод. Общий расход при прохождении воды по 50,2 м³/ч (13,9 л/с). Мы должны поддерживать скорость ниже 1,5 м/с и получать экономически выгодный размер трубопровода. Смотря на график, мы должны выбрать 100-миллиметровый поливинилхлоридный трубопровод класса 6, который даёт 18 м/1000 м трубопровода.

Длина магистрального трубопровода – 235 м; следовательно, потеря на трение в трубопроводе равна $235 \times \frac{18}{1000} = 4,2 \text{ м}$.

Шаг 6. Выбираем систему фильтрации. Источник воды – скважина, поэтому в ней низкое содержание органических веществ; следовательно, лучше всего применять сетчатую или дисковую фильтрацию. Принимая во внимание фильтр «Дикс» (Dix), нам требуется фильтр с расходом 1500 л/м.

Размер отверстия сетки равен: $\frac{1,05}{5} = 210 \text{ микрон}$ (80 отверстий, меш).

Мы должны сделать поправку на потерю напора в 7 м, когда фильтры полностью загрязнены перед обратной промывкой.

Шаг 7. Вычисляем потребность системы в норме напора

Потребность системы в норме следующая:

Рабочее давление	17 м
Узел распределительных клапанов	3,5 м
Магистральный трубопровод	4,2 м

Фильтрация	7 м
Статический уровень воды	0 м (допуск)
Фитинги / разное (10%)	3,8 м
Всего:	35,5 м напора при 50,2 м ³ /ч

Шаг 8. Выбираем систему фертигации.

Мы хотели бы впрыскивать химические вещества и удобрения в систему. Нам надо впрыснуть максимум 500 ppm (частей на миллион) химиката или удобрения; следовательно, требуемый расход нагнетания (норма впрыскивания) равен: $\frac{500}{1000000} \times 50160 = 25$ л/ч впрыскивания.

Смотря в таблицу впрыскивания Маззея, определяем, что будет достаточно модели 584; и если бы мы повысили норму насоса до 50 м напора, расход нагнетания при напоре 35 м на входе составлял бы 48 л/ч всасывания.

Раздел 11

**Обсуждение других
проектов**

Колебания давления, скорости и гидравлический удар

Среди проектировщиков существует некоторая путаница в вопросе о том, что считать чрезмерно высокими скоростями потока в трубах. В самосчетных системах, где существует избыточный напор, проектировщики успешно применили скорости потока, превышающие 7 метров в секунду. Изготовители труб и клапанов рекомендуют скорости не более 3,5 метра в секунду и предпочтительно не менее 1,5 метра в секунду. Служба охраны и рационального использования почв США оговаривает в качестве особого условия максимальную скорость 1,5 метра в секунду. В системах орошения с механическим подъемом воды сравнение стоимостей энергии и труб части диктует скорости гораздо ниже 1,5 метра в секунду.

Что касается пластмассового трубопровода в системах микроорошения, то потенциальные действия высокой скорости потока включают гидравлический удар (колебания давления), проблемы вибрации, эрозию трубопровода, вызываемую присутствием в воде крупным песком, опасные условия для персонала и высокие затраты на энергию вследствие чрезмерных потерь на трение. При отсутствии других руководящих указаний анализ этих факторов продиктует допустимую расчётную скорость.

Колебания давления и гидравлический удар относятся к различным степеням одного и того же явления. Когда вода перемещается по трубопроводу, она обладает кинетической энергией, пропорциональной массе воды и скорости, с которой она перемещается. Когда поток останавливается в то время, как клапан закрывается, кинетическая энергия превращается в потенциальную энергию в форме моментального повышения давления выше нормального рабочего давления. Это называется колебанием давления, или гидравлическим ударом. Гидравлический удар может быть вызван рядом широко распространённых действий, в том числе:

1. закрытием клапана или отключением насоса;
2. закрытием задвижки после изменения направления потока;
3. внезапным закрытием отверстия для воздуха;
4. столкновением движущегося водяного столба во время запуска системы с компонентами системы или со стационарным водяным карманом, улавливаемым в низком месте.

В случае закрытия клапана сила колебаний давления зависит от скорости закрытия клапана, скорости потока воды и длины перемещающегося водяного столба. Фактические условия, такие, как необычная длина трубопровода или чрезмерно быстро закрывающиеся клапаны, могут вызывать в дальнейшем необходимость в изменении скорости, рекомендуемой в некоторых случаях.

Выпуск воздуха и снижение вакуума

Воздушные и редуционные клапаны вакуума обычно устанавливаются в высоких точках подводящих (питающих) трубопроводов, магистральных трубопроводов, ответвлений от магистральных трубопроводов и регулирующих стояков и других высоких точках системы по следующим причинам:

1. Чтобы дать воздуху возможность выйти при наполнении трубопроводов водой;
2. Чтобы дать возможность воздуху войти при осушении трубопроводов;
3. Чтобы удалить воздушные карманы в высоких точках системы, вызванные захваченным или растворенным воздухом;
4. Чтобы предотвратить отрицательное давление (давление всасывания) в поливных трубопроводах после отключения системы.

Есть два широко применяемых метода редуционного клапана вакуума. Простейший метод может быть назван правилом «четырёх к одному» и просто указывает, что диаметр отверстия в свету воздушного клапана вакуума не меньше 25% внутреннего диаметра трубопровода. Таким образом, для 100-миллиметрового трубопровода выбранный воздушный клапан вакуума должен иметь диаметр отверстия в свету не менее 25 мм. Для размеров диаметров труб между 50 и 100 мм будет достаточным 25-миллиметровый кинетический воздуховыпускной клапан. Для размеров труб более 100 мм рекомендуется устанавливать большее количество 50-миллиметровых кинетических воздушных клапанов.

Проектирование упорных подушек

Упорные подушки обычно применяются на подводящих клапанах, магистральных трубопроводах и фитингах, где изменяют направление потоки воды и иногда с интервалами по прямым линиям, чтобы оказать сопротивление чрезмерным продольным деформациям, обусловленным силами лобового сопротивления, перемещением засыпки и тепловым расширением или сжатием трубопровода. Упорные подушки могут быть нужны всякий раз, когда трубопровод меняет направление в месте Т-образных соединений, колен, изменяет размер в месте переходных муфт или заканчивается в

глухом конце или на клапане. Упорные подушки часто изготавливают литым бетонным блоком вокруг трубы, клапана или фитинга. Размер и направления упорной подушки зависят от направления и величины предполагаемых сил, а также от несущей способности почвы.

Определение размера и типа упорных подушек

Размер и тип упорных подушек, необходимых для системы зависят от давления в трубопроводе, размера труб, разновидности почвы и типа арматуры. Следующий пример иллюстрирует шаги, применяемые для определения опорной поверхности упорной подушки.

Пример.

90-градусное колено для 100-миллиметрового трубопровода класса 12 (12000 кПа) будет испытываться при 1000 кПа. Почва песчаная. Определите необходимую опорную поверхность упорной подушки.

Решение.

1. Посмотрите в таблицу 11-4 и обратите внимание, что удар, происходящий при каждом 10 м давления воды в 1000-миллиметровом 90-градусном колене составляет 1,62 кН. Так как трубопровод должен испытываться при 1000 кПа (100 м), общий развиваемый удар составляет 16,2 кН.
2. В нижеприведенной таблице 11-5 находим, что допустимая опорная нагрузка на песок составляет 150 кПа. Разделив общую силу 16,2 кН на 150 кПа, получаем необходимую общую площадь упорной подкладки, равную примерно 0,108 м². Следовательно, рекомендуемый размер опоры равен квадрату сторон 0,33 м, что дает площадь опоры 0,108 м².

Таблица 11-4. Удар в месте фитингов в кН для поливинилхлоридного трубопровода. Для каждого 10 м давления воды

Номинальный диаметр трубопровода, мм	Наружный диаметр (ОД) трубопровода, мм	90° колено, кН	Тройник или закрытый конец, кН	45° колено, кН	22 1/2° колено, кН	11 1/2 колено, кН
80	96	1	0,71	0,54	0,28	0,14
100	122	1,62	1,15	0,88	0,45	0,22
150	177	3,41	2,41	1,85	0,94	0,47
200	232	5,86	4,14	3,18	1,61	0,81
225	259	7,31	5,17	3,96	2,01	1,01
250	286	8,91	6,3	4,83	2,45	1,23
300	345	12,96	9,16	7,02	3,57	1,79
375	426	19,76	13,97	10,71	5,44	2,72
400	507	27,99	19,79	15,17	7,71	3,86

Таблица 11-5. Несущие способности для различных почв

Разновидность почв по гранулометрическому (механическому) составу	Безопасная несущая способность, кПа
Перегной, торф и т.п.	0
Мягкая глина	50
Песок	150
Песок и гравий	150
Песок и гравий, крепко соединенные с глиной	200
Твердый сланец	240

Эти нагрузки на почвы основаны на горизонтальных ударах о почву, на которых проложены трубы диаметром 750 мм и более. В тех случаях, когда происходят вертикальные удары, направленные вниз, эти цифры можно удвоить.

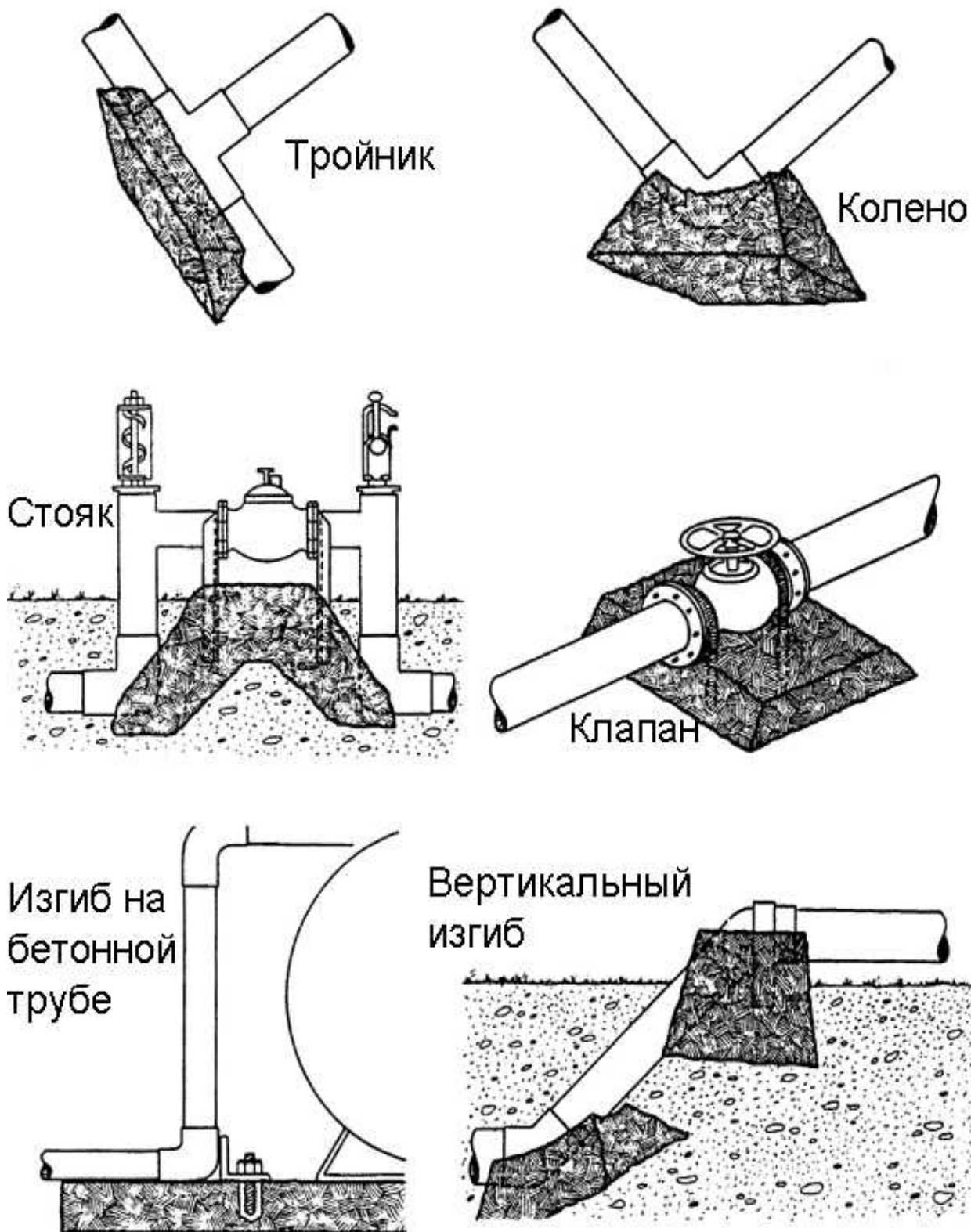


Рисунок 11-1. Установки типичных упорных подушек.

Направленные вверх удары о фитинги

Там, где для изготовления вертикального изгиба используются фитинги, они должны быть прикрепленными к упорной подушке, усиленной рёбрами в почве с ненарушенным строением. Упорную подушку следует прочно прикрепить для того, чтобы противостоять направленным вверх и наружным ударам о фитинги.

Закрепление трубопровода на склонах

На трубопроводах, проложенных на крутых склонах, нужны бетонные анкерные опоры, когда существует возможность соскальзывания почвы вместе с трубами вниз при засыпке. Где возможно соскальзывание почвы, анкерные опоры, закреплённые в почве с ненарушенным строением, можно прикрепить к каждому дополнительному отрезку трубопровода. В большинстве случаев хорошо

дренированная почва, тщательно утрамбованная в 100-миллиметровых слоях до верха траншеи, не будет соскальзывать и анкерные опоры труб не потребуются.

Закрепление клапанов в трубопроводах

В условиях высокого давления клапаны размером примерно 80 мм или более должны быть закреплены от удара, происходящего, когда клапан закрывается. Площадь почвы с ненарушенным строением, которая несёт упорную подушку, должна быть достаточно большой, чтобы противостоять удару, в каком бы направлении он ни произошёл.

Строительство упорных блоков.

Бетонные упорные блоки строят, выливая бетон между фитингами и ненарушенной несущей стенкой траншеи. Густую смесь готовят таким образом, чтобы бетон можно было легко сформировать в желаемую форму, обычно клин с широким концом против стенки почвы. Обратите внимание на формы и положения упорных блоков на рисунке 11-1. Не рекомендуется облицовывать фитинги полностью бетоном, так как ремонт будущих поломок и утечек может потребовать доступа к фитингам и их замены. Трубы должны быть завернуты в геотекстильную ткань.

Тепловые действия на поливинилхлоридные и полиэтиленовые трубы

Проектируя системы орошения, в которых применяются поливинилхлоридные и полиэтиленовые трубы и шланги, инженер должен знать о действиях температуры на эти пластмассы. Существует два следующих тепловых действия:

Оценка давления

Первостепенное значение для проектировщика является то, что оценка эффективного давления поливинилхлоридного трубопровода является функцией температуры. Рабочее давление поливинилхлоридного трубопровода обычно выражается оценкой его класса, т.е. класс 6, класс 12 и т.д. Эти рабочие давления косвенным образом применимы к температуре воды 23°C. Для температуры выше 23 °C рабочее давление поливинилхлоридного трубопровода значительно снижается. Это снижение рабочего давления выражается термином «de-rating» factor – коэффициент снижения, который применяют к рабочему давлению при температуре 23 °C, чтобы получить рабочее давление с поправкой при новой, более высокой температуре. Таблица 11-6 представляет коэффициент снижения для поливинилхлоридного и полиэтиленового трубопровода для температур до 50 °C.

Таблица 11-6. Тепловые коэффициенты снижения для поливинилхлоридного и полиэтиленового трубопровода

Температура, °C	20	30	40	50
Коэффициент для поливинилхлорида	1,0	0,9	0,7	0,5
Коэффициент для полиэтилена	1,0	0,95	0,8	0,55

Тепловое расширение/сжатие

Для укладчика поливинилхлоридного трубопровода и фитингов имеет значение значительное тепловое расширение и сжатие, которые происходят даже в относительно мягких погодных условиях. При нормальном диапазоне температур поливинилхлоридный трубопровод расширяется или сужается примерно на 70 мм на 100 м трубопровода для каждого изменения температуры на 10 °C. Следовательно, когда свежесклеенный трубопровод длиной 400 м, лежащий в канаве в полдень при температуре 32 °C, закрывают и охлаждают до 22 °C, его длина сокращается на 70 мм на 100 м, всего на 280 мм. Это сжатие может вызвать разъединение склеенных швов, разрыв ответвлений или смещение осей и другие проблемы.

Для труб меньших размеров сужение следует учитывать при извилистости трубопровода в канаве перед закрытием. Извилистость большего трубопровода невозможна, и трубопровод предпочитают укладывать и закрывать, когда прохладно, рано утром или в конце дня. В случае, если это невозможно или если по некоторой причине подземный трубопровод подвергается значительным колебаниям температуры после закрытия, рекомендуется укладывать трубопровод с резиновыми кольцами, а не склеенный трубопровод.

Специальные клапаны

В некоторых случаях необходимо установить клапаны в системе для выполнения некоторых гидравлических функций, таких, как снижение, поддержание и сброс давления. В зависимости от цели, можно использовать некоторые или все эти клапаны.

Регуляторы давления

Регуляторы давления выполняют функцию поддержания постоянного давления вниз по течению и обычно используются как распределительные клапаны в системах микроорошения. Эти клапаны особенно важны, где давление в магистральном трубопроводе постоянно изменяется. Это обычно происходит там, где происходит постоянное изменение комбинаций блоков в системе.

Имеется ряд различных типов регуляторов давления; один тип, непосредственно действующие регуляторы, устанавливаются на поливном трубопроводе и работают с отверстием, нагруженным пружиной и изменяющимся в зависимости от давления в трубопроводе. Они обычно запрограммированы на определённое давление.

Тип, широко применяемый в микроорошении, – распределительный клапан с одномерной перегородкой и с настраиваемым механизмом, регулирующим давление, который устанавливают по отвесу к клапану. Этот клапан действует как двухпозиционный распределительный клапан для блока, а также обладает преимуществом снижения давления и обычно называется редуктором давления.

Регулирующее устройство редукционного клапана можно установить вертикально двумя способами, в первом случае как двухходовой, а во втором – как трёхходовой клапан. Трёхходовое действие – наиболее распространённый метод установки вертикально. При этом методе вода от перегородки выпускается в атмосферу через вспомогательный регулирующий механизм. При двухходовом действии вода от перегородки выпускается на сторону вниз по течению клапана.

Вы должны применять трёхходовую систему когда:

- Требуется открытые/закрытые клапаны;
- Требуется значительное снижение давления (обычно максимальное отношение снижения составляет 2:1);
- Оросительная вода очень грязная или абразивная.

Вы не должны применять трёхходовую систему, когда:

- В рабочем давлении системы ожидаются предельные колебания;
- Там, где никакого потока не может быть.

Вы должны применять двухходовую систему, когда:

- Требуется точное регулирование при низком давлении;
- Требуется переход давлений во всех рабочих условиях;
- Требуется перепад низкого давления;
- Необходимы простота регулирования и установки клапана и системы;
- Не требуется регулирования потока.

Вы не должны применять двухходовую систему, когда:

- Распределительный клапан надо полностью открыть при минимальных давлениях;
- Регулируемая среда очень грязная или абразивная.

Клапаны, поддерживающие давление

Клапаны, поддерживающие давление, как предполагает их название, – это клапаны, которые поддерживают давление, заданной в верхнем течении трубопровода. Они часто применяются в системах, где необходимо поддержать давление на насосе, при наполнении магистрального трубопровода или только стороны, идущей вниз по течению фильтростанций, чтобы создать достаточный поток для обратной промывки фильтров.

Предохранительные клапаны давления

Предохранительные клапаны давления – это клапаны, которые предназначены для понижения давления, созданного в магистральном трубопроводе. Предохранительный клапан давления обычно устанавливают вертикально по отношению к атмосфере или для возврата воды в систему водоснабжения. Главное назначение этих клапанов – предохранять трубопроводную систему в случае не функционирования распределительного клапана в поле и работы насоса в условиях статического потока.

Раздел 12

Составление графика

ПОЛИВОВ

Метод водного баланса

Вода, накопленная в почве, теряется при испарении с поверхности и выделяется растениями в процессе так называемой транспирации. Механизмы испарения и транспирации вместе называется эвапотранспирацией, или просто ЭТ. Цель орошения во время пополнить ЭТ.

Количество воды, применяемое при выращивании культуры, колеблется в зависимости от воздействия солнца и ветра, температуры, влажности, вида, возраста культуры, размера и здоровья растений, разновидности почвы, уровня влажности почвы и других факторов. Из-за большого количества переменных, трудности в приписывании им значимых значений и незнания, как эти переменные взаимодействуют, влияя на водопотребление растений, формулы, разработанные для вычисления величины ЭТ, обычно имели ограниченную полезность. Там, где формулы применялись, они обычно были применимы только к определённым культурам и определённым географическим районам климатическим зонам. Кроме того, так как большинство этих формул было разработано для культур, орошаемых по бороздам или дождеванием, их применимость к микроорошению сомнительна.

Существует ряд эмпирических методов, применяемых для определения количества воды, которым надо поливать культуру. Метод, выбранный для применения в этом тексте, называется методом водного баланса. Метод водного баланса предполагает, что корневая зона является водоёмом. Вода, удалённая из этого водоёма почвы при испарении и транспирации, является дебетом, тогда как вода, добавляемая в водоём почвы при орошении или дожде, является кредитом. Этим способом в текущем балансе должна содержаться отчетность об использовании оросительной воды. Орошение планируется, когда водный баланс снизился при эвапотранспирации. Если по некоторой причине орошение откладывается на несколько дней, счёт должен быть сбалансирован избыточным поливом до тех пор, пока дефицит не будет пополнен.

Метод водного баланса – относительно простой метод составления графика поливов. При оценке суточной потребности в воде при использовании метода водного баланса основываются на измерении показаний суточной нетто-испарения с испарителя класса А. Чтобы оценить величины ЭТ, в эти показания испарения с испарителя вносят поправку на охват культуры и затем умножают на коэффициент культуры. Таким образом, данные испарения с испарителя используют для того, чтобы вычислить сколько требуется воды.

Вследствие многих предположений, которые должны быть сделаны для того, чтобы перевести показания испарения с испарителя в потребности растений в воде, решающим является то, что уровень влажности почвы контролируется непрерывно. Устройства измерения влажности применяются для того, чтобы проверить содержание воды, накопленной в почвенном водоёме и усовершенствовать процесс составления графика поливов. Мы использовали здесь пример с тензиометром, который применим для других устройств измерения влажности.

Испаритель класса А

Испаритель класса А – испаритель стандартного размера универсального назначения для измерения испарения. Испаритель имеет диаметр 1,2 м и высоту 0,25 м. В нём есть индикатор изменения уровня воды в результате дождя или испарения. Испарение с испарителя измеряется в миллиметрах.

Многочисленные опыты, проведенные на широком ряде культур, показали, что существует определённая корреляция между суточным испарением с испарителя в воде. Эта корреляция становится очень полезным инструментом для составления графиков капельного орошения.

Применения показаний испарителя класса А

Суточное показание испарителя в одно и то же время каждый день указывает на нетто-изменение в результате дождя и испарения за предшествующие 24 часа. Это показание затем применяется в формуле для оценки ЭТ. Формула имеет следующий вид:

$$ЭТ = (A) \times (B) \times (C), \quad (\text{ур. 13.1})$$

где А – испарение с испарителя, мм; В – коэффициент культуры; С – покрытие листьями (сплошное покрытие = 1,00).

Только показания испарителя с испарителя весьма полезны, и при отсутствии каких-либо других данных эти показания обеспечивают очень ценную оценку суточной величины ЭТ. Однако, так как различные культуры обладают различными характеристиками водопотребления, показания испарения с испарителя могут быть в дальнейшем уточнены, чтобы сильнее приблизить фактическое водопотребление определённой культуры в определённом возрасте и для условий, в которых её выращивают. Чтобы достичь этого, надо определить коэффициент культуры.

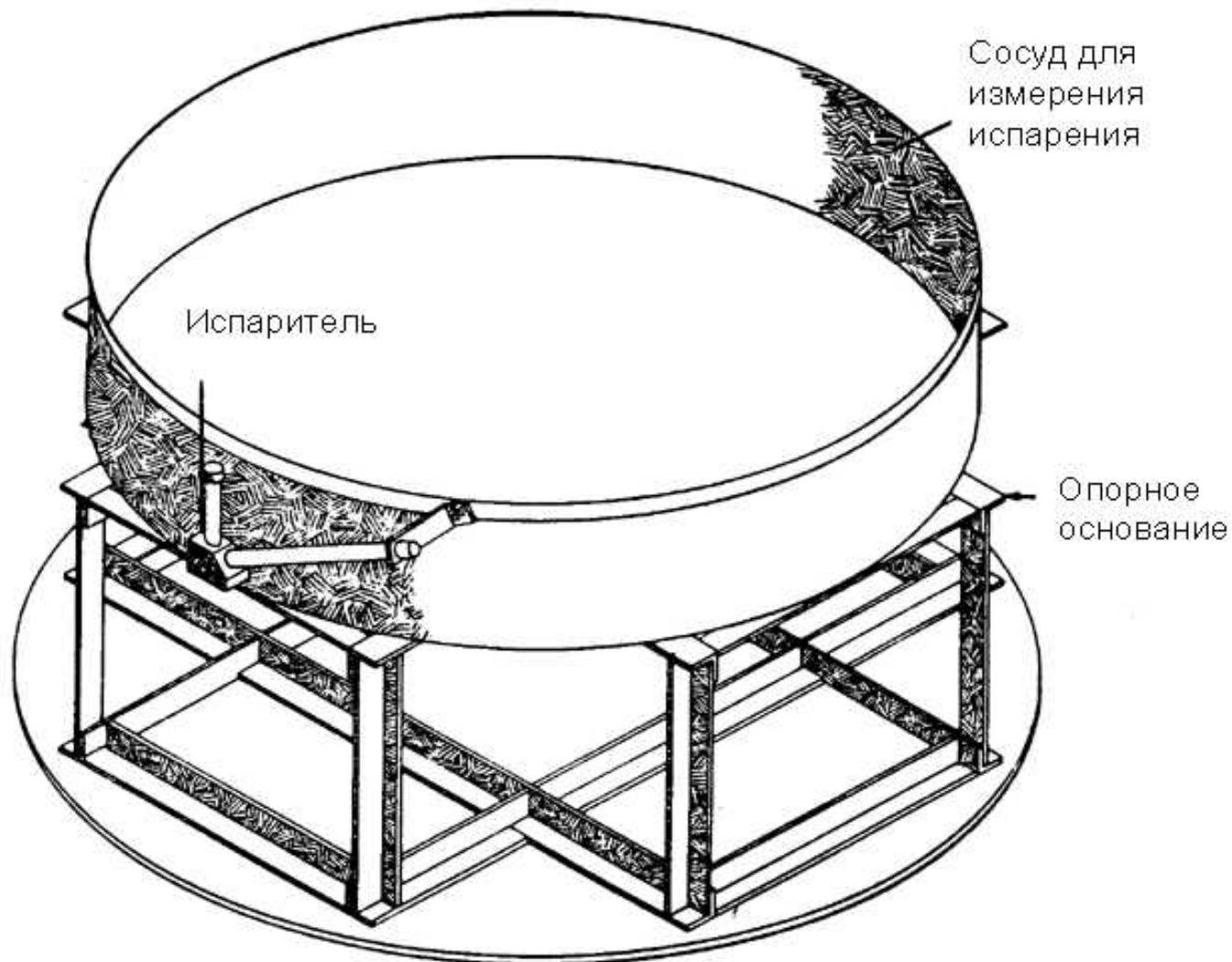
Определение коэффициента культуры

Коэффициент культуры определяют, вначале допуская коэффициент культуры, и составляют график поливов на основе этого принятого коэффициента. Опыт показал, что коэффициент культуры от 0,60 до 1,00 можно использовать в качестве первого приближения.

Чтобы определить точный коэффициент культуры, на увлажнённой площади капельницы на различных глубинах помещают тензиометры, чтобы получить репрезентативный профиль влажности почвы корневой зоны. Показания этих тензиометров указывают, имеется и поддерживается ли надлежащая влажность почвы; и, таким образом, они служат руководством для точного установления коэффициента культуры, который применяют с данными по испарению испарителя.

Орошение начинают, используя принятый коэффициент культуры, ежедневно снимая показания тензиометров и регистрируя их (важно считать их в одно и то же время каждый день, преимущественно ранним утром). Желаемые показания должны находиться в диапазоне 10-20 сантибар. Спустя короткий промежуток времени тенденция станет очевидной. Если показания тензиометра начинают подниматься, это указывает на то, что уровни влажности почвы снижаются, и поэтому принятый коэффициент культуры следует увеличить. Если, с другой стороны, показания тензиометра указывают на тенденцию к снижению в натяжённости почвенной влаги, то влажность почвы повышается, и принятый коэффициент культуры следует снизить.

Когда показания тензиометра указывают на тенденцию к выравниванию с уровнями влажности, колеблющимися в приемлемом диапазоне, это означает, что число, применяемое для коэффициента культуры точное.



Поперечное сечение испарителя делайте из листа 22-го калибра
Испаритель должен быть герметичным
Окрасьте все поверхности алюминием

*Рисунок 12-1. Стандартный испаритель класса А метеостанции
Определение покрытия листьями*

Покрывание листьями – это доля поверхности почвы, покрытой листвою. Покрывание листьями можно рассматривать также как отношение затенённой площади к общей площади в полдень в солнечный день. Покрывание листьями значительно колеблется, в зависимости от культуры. Покрывание листьями данной культуры является функцией типа насаждения, возраста культуры и различных других факторов.

Для деревьев покрывание листьями можно оценить, вычисляя отношение площади листьями можно оценить, вычисляя отношение площади листового покрова к общей площади дерева. Таким образом, для плодового сада, где схема посадки – 4,5x7 м, а средняя крона дерева – 3,5x3,65 м, покрывание листьями будет:

$$\text{Покрывание листьями} = (3,5 \times 3,65) / (4,5 \times 7) = 0,405$$

Для винограда и пропашных культур покрывание листьями можно оценить, вычисляя отношение ширины листовой поверхности к междурядному расстоянию. Таким образом, для земляничной плантации, где ширина листовой площади – 0,6 м, а ширина междурядий – 1,16 м, покрывание листьями составляет:

$$\text{Покрывание листьями} = 0,6 / 1,16 = 0,517$$

Вычисление ЭТ

Пример № 1

Показание испарения с испарителя для поля сахарного тростника в Квинсленде в определённый день – 10 мм. Коэффициент культуры для зрелого тростника – 0,95. Культура полностью «окружена» при 100%-ном покрывании листьями. Вычислите ЭТ.

Решение

$$A = \text{испарение с испарителя} = 10 \text{ мм.}$$

$$B = \text{коэффициент культуры} = 0,95.$$

$$C = \text{покрывание листьями} = 1,00.$$

$$\text{ЭТ} = A \times B \times C = 10 \times 0,95 \times 1,00 = 9,5 \text{ мм.}$$

Пример № 2

Поле пимского хлопчатника в районе Джилгандры Нового Южного Уэльса почти зрелое, покрывание листьями – примерно 70%. Показание испарения с испарителя в предыдущий день было 12 мм, а коэффициент культуры, используемый для пимского хлопчатника в этом возрасте, – 0,75. Вычислите ЭТ.

Решение.

$$A = \text{испарение с испарителя} = 12 \text{ мм.}$$

$$B = \text{коэффициент культуры} = 0,75.$$

$$C = \text{покрывание листьями} = 0,70$$

$$\text{ЭТ} = A \times B \times C = 12 \times 0,75 \times 0,70 = 6 \text{ мм}$$

Пример № 3

Миндальный сад в Мак-Лейрен-Вейле, Южная Австралия, находится на 6-м году активного плодоношения. Деревья посажены по схеме 7,7 x 7,7 м, и размер листового покрова примерно эквивалентен площади 5,5x5,5 м. Показание испарения с испарителя, которое снимается каждый третий день, – 16 мм; и применяется коэффициент культуры 0,8. Вычислите ЭТ.

Решение.

$$A = \text{испарение с испарителя} = 16 \text{ мм}$$

$$B = \text{коэффициент культуры} = 0,80$$

$$C = \text{покрывание листьями} = (5,5 \times 5,5) / (7,7 \times 7,7) = 30,25 / 59,29 = 0,510$$

$$\text{ЭТ} = A \times B \times C = 16 \times 0,8 \times 0,510 = 6 \text{ мм} / 3 \text{ дня, или}$$

$$\text{ЭТ} = 2 \text{ мм/день}$$

Преобразование ЭТ в литры на растение

Многие фермеры предпочитают выражать ЭТ в литрах на растение, так как эту единицу можно легче соотнести с расходами капельниц, насадок или подкороновых минидождевателей. Преобразование простое, имеет следующий вид:

$$\text{Литров на растение} = \text{ЭТ} \times \text{площадь растения.}$$

Пример

В вышеприведенном примере № 3 фермер хотел бы знать, сколько литров надо для полива дерева, чтобы восполнить потерю воды в результате 3-х дневной эвапотранспирации ЭТ.

Решение

$$\text{Литров на растение} = 6 \times 5,5 \times 5,5 = 182 \text{ литров.}$$

Вычисление продолжительности полива

После определения ЭТ можно вычислить продолжительность полива, необходимую для пополнения ЭТ. Для того чтобы выполнить расчёт, необходимо знать расчётный расход системы (в перерасчёте на дерево, на гектар или на 100 метров) и оценку коэффициента полезного использования воды при поливе (IE). Для пропашных культур, орошаемых с помощью ленты Аква-тракс, продолжительность полива T, можно вычислить по следующей формуле:

$$T = 100 \times \frac{S \times \text{ЭТ}}{Q_{100} \times \text{IE}}, \quad (\text{ур. 13.2})$$

где T – время полива, часы; S – расстояние между трубами, метры; ЭТ – эвапотранспирация, миллиметры; Q_{100} – расчётный расход, л/ч на 100 м; IE – коэффициент полезного использования воды при поливе, десятичная дробь.

Пример № 1

В вышеприведенном примере с пимским хлопчатником, растущим в Новом Южном Уэльсе, было установлено, что величина ЭТ в предшествующий день составляла 6 мм. Ряды хлопчатника расположены на расстоянии 1,0 м, закрытые трубы Аква-тракс, проложены под каждым рядом. Расчётный расход – 380 л/ч на 100 метров, а коэффициент полезного использования воды при поливе (IE) – 90%, находим T.

Решение

$$T = 100 \times \frac{1,0 \times 6}{380 \times 0,90}$$

$$T = 1,75 \text{ часа.}$$

Для деревьев, орошаемых трубопроводами и капельницами, распылителями, или мини дождевальными системами, продолжительность полива можно вычислить по формуле:

$$T = \frac{A \times \text{ЭТ}}{Q_{\text{tree}} \times \text{IE}}, \quad (\text{ур. 13.3})$$

где T – продолжительность полива, часы; A – площадь кроны, м²; ЭТ – эвапотранспирация, мм; Q_{tree} – расчетный расход на 1 дерево, л/ч/дерево; IE – коэффициент полезного использования воды при поливе, десятичная дробь.

Пример № 2

В вышеуказанном примере с миндалем, растущим в Мак-Лейрен_Вейле, Южная Австралия, было установлено, что 3-дневная потребность в ЭТ составляет 6 мм, а площадь, занимаемая растением – 30,25 м². Коэффициент полезного использования воды при поливе – 85%, и каждое дерево поливается одним мини дождевальным аппаратом «Вотерберд» (Waterbird) с расходом 35 л/ч. Найдите T.

Решение

$$T = \frac{30,25 \times 6}{35 \times 0,85}$$

$$T = 6,1 \text{ часа.}$$

На недавно засаженной площади земли вычисленная эвапотранспирация ЭТ и, следовательно, продолжительность полива T могут быть довольно низкими. Тем не менее, так как молодые деревья, вероятно, не обладают обширными корневыми системами, лучше всего применять это маленькое количество часто, чем пытаться применять больше воды менее часто. Однако в случае укоренившихся культур обычно лучше всего иметь минимальный период полива один час. Это минимизирует неравномерное распределение, обусловленное временем заполнения магистрального трубопровода и времени осуществления, и создаёт большую большую периметр смачивания под каждой капельницей. Например, если определено, что время полива в течение данного дня составляет 35 минут, то, вероятно, было бы лучше накапливать время в течение двух дней и поливать по 70 минут каждый второй день. Обратите внимание, что коэффициент культуры следует рассматривать не как строгую, неизменную константу, а как подходящее руководство по составлению суточных графиков полива. Настоящая цель – поддержание уровней влажности почвы в приемлемом диапазоне, а это требует непрерывного мониторинга тензиометров.

В действительности распространённым является объединение покрытия листьями, коэффициент культуры, норма полива и коэффициента полезного использования воды при поливе в один коэффициент, который при умножении на показания испарителя даёт время полива, необходимое для пополнения ЭТ. Пример этой процедуры показан в таблице 12-1.

Таблица 12-1. Предлагаемая схема регистрации испарения с испарителя

Дата	Показания	Нетто-	Продолжи-	Дождь,	Натяжён-	Объяснительные
------	-----------	--------	-----------	--------	----------	----------------

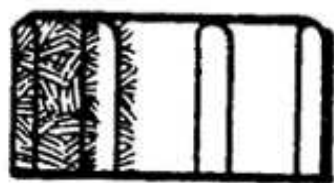
	испарителя , мм	изменение, мм	тельность полива, мин.	мм	ность, сантибар	примечания
12-8	3,6	0,2	160	–	12	Применение коэффициента 80 мин/0,1 мм
13-8	3,3	0,3	240	–	12	
14-8	3,0	0,3	240	–	13	Пополнение испарителя
14-8	7,5	–	–	–	–	
15-8	7,2	0,3	240	–	13	
16-8	7,0	0,2	160	–	15	
17-8	–	–	–	–	–	Показания испарителя не снимались
18-8	6,5	0,5	400	–	15	Ветер после полудня
19-8	6,25	0,25	200	–	17	
20-8	6,2	0,05	0	–	18	Перенести 0,5
21-8	6,1	0,15	120	10	19	Дождь до полудня
22-8	6,4	0,2	160	–	20	
23-8	6,2	0,2	180	–	22	Повышенный коэффициент до 90 мин/0,1 мм
24-8	6,0	0,2	180	–	21	
25-8	5,8	0,2	180	–	20	

Тензиометры

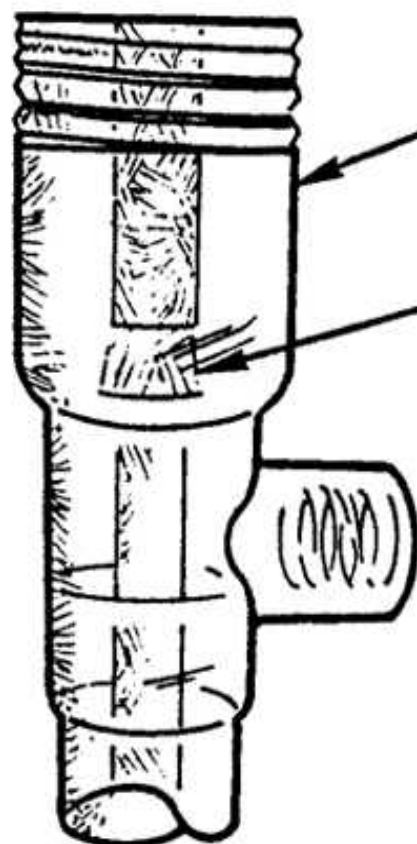
Тензиометры помещаются в корневой зоне для измерения влажности почвы и дают непосредственные показания на измерительном приборе натяженности почвенной влаги с круговой шкалой. Это измерение очень полезное, так как оно непосредственно связано со способностью растений извлекать воду из почвы. Иригаторы часто применяют тензиометры для составления графиков полива, так как они обеспечивают непосредственное измерение натяжённости – почвенной влаги, с ними легко работать и они недорогие. Кроме того, тензиометры можно автоматизировать, чтобы управлять поливами оросительной водой, когда натяжённость почвенной влаги достигает заранее установленной величины.

Принцип работы

Тензиометр состоит из пористого наконечника, соединённого с помощью наполненной водой трубки с вакуумным манометром. Пористый наконечник обычно конструируется из керамики из-за её структурной прочности и водопроницаемости. Трубка корпуса обычно прозрачная, так что можно легко наблюдать состояние воды в тензиометре.

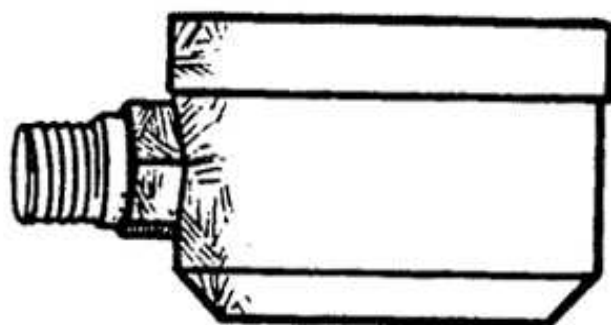


Клапан для технического обслуживания

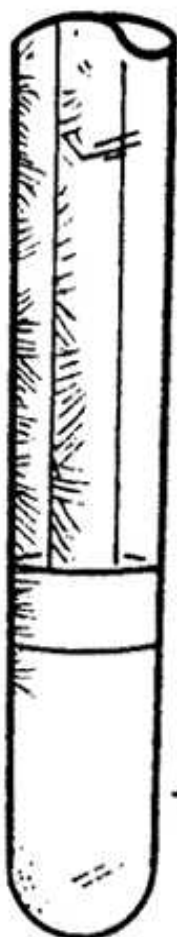


Резервуар

Резиновое уплотнение



Вакуумный ман



Пластмассовая трубка

Керамический наконечник

Рисунок 12-2. Составные части тензиометра

Тензиометры работают по тому принципу, что в закрытой камере образуется частичный вакуум, когда вода перемещается через пористый наконечник к близлежащей почве. Этот вакуум измеряется вакуумным манометром.

Тензиометр помещают в поле, соприкасая пористый керамический наконечник прочно с почвой. Пористый наконечник даёт возможность воде перемещаться через него в ответ на натяженность почвенной влаги. Образуется частичный вакуум, когда вода движется от герметически заделанной трубки тензиометра. Вакуум вызывает на вакуумном манометре показания, которое является непосредственным показанием сил притяжения между водой и частицами почвы. Это также показания энергии, которая необходима растению для того, чтобы извлечь воду из почвы.

Когда почва высыхает, натяжённость почвенной влаги увеличивается и показание вакуумного манометра тензиометра увеличивается. Наоборот, повышение содержания воды в почве (как при орошении или дожде) уменьшает натяжённость и снижает показание вакуумного манометра. Таким образом, тензиометр непрерывно регистрирует колебания потенциала почвенной влаги.

Диапазон измерения

Тензиометр вследствие своего способа работы может измерять натяженности почвенной влаги в диапазоне 0-85 сантибар. Тензиометры – полевые приборы, подходящие для определения условий влажности в диапазоне 0-40 сантибар, в котором должна оставаться влажность почвы для оптимального роста. Исследование систем микроорошения показано, что для оптимизации производства орошение следует планировать, когда натяжённость влаги достигает 40-60 сантибар на большинстве почв. Тензиометр не подходит для регулируемого дефицитного орошения (RDI) или частичного высушивания корневой зоны (PRD), форм орошения для которых натяжение почвы преднамеренно снижают до 200 сантибар.

Капиллярные силы удерживают почвенную воду в поровых пространствах ненасыщенной почвы. Её потенциал является отрицательным указывая, что для извлечения воды из почвы должна, быть выполнена работа. Нулевое показание водного потенциала указывает, что почва насыщена и корни растений могут страдать от отсутствия кислорода. Когда почва высыхает, вода становится менее доступной и водный потенциал становится более отрицательным.

Размещение

Тензиометры могут эффективно помогать ирригатору знать, применяет ли его система достаточно воды для культуры при их надлежащем размещении на участках, где должно происходить нормальное развитие корней. У деревьев наиболее активные корни располагаются у или недалеко от поливного трубопровода системы капельного орошения дерева, поэтому тензиометры надо помещать там. Также в Южном полушарии северо-западная сторона дерева получает жаркие после полуденные солнечные лучи, и этот участок имеет тенденцию высыхать быстрее. Таким образом, тензиометры следует помещать на северо-западной стороне дерева. У пропашных культур, как однолетних, так и многолетних, приборы следует помещать в ряду между растениями.

Ключевым фактором, касающимся размещения тензиометров, является то, что чувствительные наконечники тензиометров должны находиться в увлажненной зоне, образованной нисходящим и направленным наружу перемещением воды в почве. Если наконечники находятся на краю или снаружи увлажнённой зоны, показания прибора указывают на низкую влажность почвы. Это может привести к значительному избыточному поливу, особенно в автоматизированных системах. При очень близком расположении от капельницы показания прибора указывают на высокую влажность почвы, так как чувствительные наконечники будут находиться в сверх насыщенной части увлажнённой зоны. Обычно в большинстве случаев тензиометры должны находиться не ближе 30 см и не дальше 50 см от точки капельного водовыпуска. На лёгких песчаных почвах увлажнённый участок имеет тенденцию быть меньше вследствие менее обширного бокового перемещения воды, и, таким образом, тензиометр следует помещать на расстоянии примерно 30 см от капельницы. На более тяжёлых почвах увлажнённая зона больше и тензиометр следует помещать на расстоянии примерно 50 см от капельницы. Конечно, основная цель – поместить чувствительные наконечники в корневой массе растения, дерева или виноградника, так как это корневая система, которая извлекает воду и заставляет почву высыхать.

Тензиометры измеряют натяжённость почвенной влаги в относительно небольшом объеме почвы, непосредственно окружающей керамический наконечник. Поэтому керамический наконечник следует помещать в активной корневой зоне культуры. В зависимости от вида культуры, на измерительном участке может потребоваться два или более тензиометров. Рисунок 12-3 иллюстрирует правильное размещение тензиометров для пропашных культур и деревьев соответственно.

Для адекватной оценки водного режима больших площадей из-за различий в свойствах почвы может потребоваться несколько участков. В общем для каждых 2 га площади под культурой считается желательным один комплект тензиометров. Для более чувствительных культур требуется больше тензиометров. Для однородных разновидностей почвы может потребоваться меньше тензиометров.

Места, выбранные для установки, должны быть характерными для окружающих полевых условий. Низких влажных или сухих участков следует избегать, если они нехарактерны для средних почвенных условий.

Глубина размещения тензиометров имеет решающее значение. Для культур, укоренившихся на очень маленькой глубине (менее 300 мм), таких, как овощи, может потребоваться только один тензиометр. Тензиометр следует устанавливать в центре корневой зоны культуры примерно на 100-150 мм ниже поверхности. Ни в коем случае никакая часть керамического наконечника не должна подвергаться действию атмосферы.

Для культур с умеренно глубокими корневыми системами на каждом измерительном участке следует применять два тензиометра. В зоне максимальной концентрации корней, тензиометр следует устанавливать на меньшей глубине. Это обычно примерно на одной трети глубины активного укоренения. У деревьев, укоренившихся на небольшой глубине, часто применяются глубины установки 300 и 600 мм. В случае глубокого укореняющихся культур, с глубинами активных корней более 1,2 м тензиометры желательно устанавливать на трёх глубинах. Где подходит, можно применять другие комбинации глубин.

Для любого устройства измерения почвы требуется правильная установка и полевое техническое обслуживание.

Установка

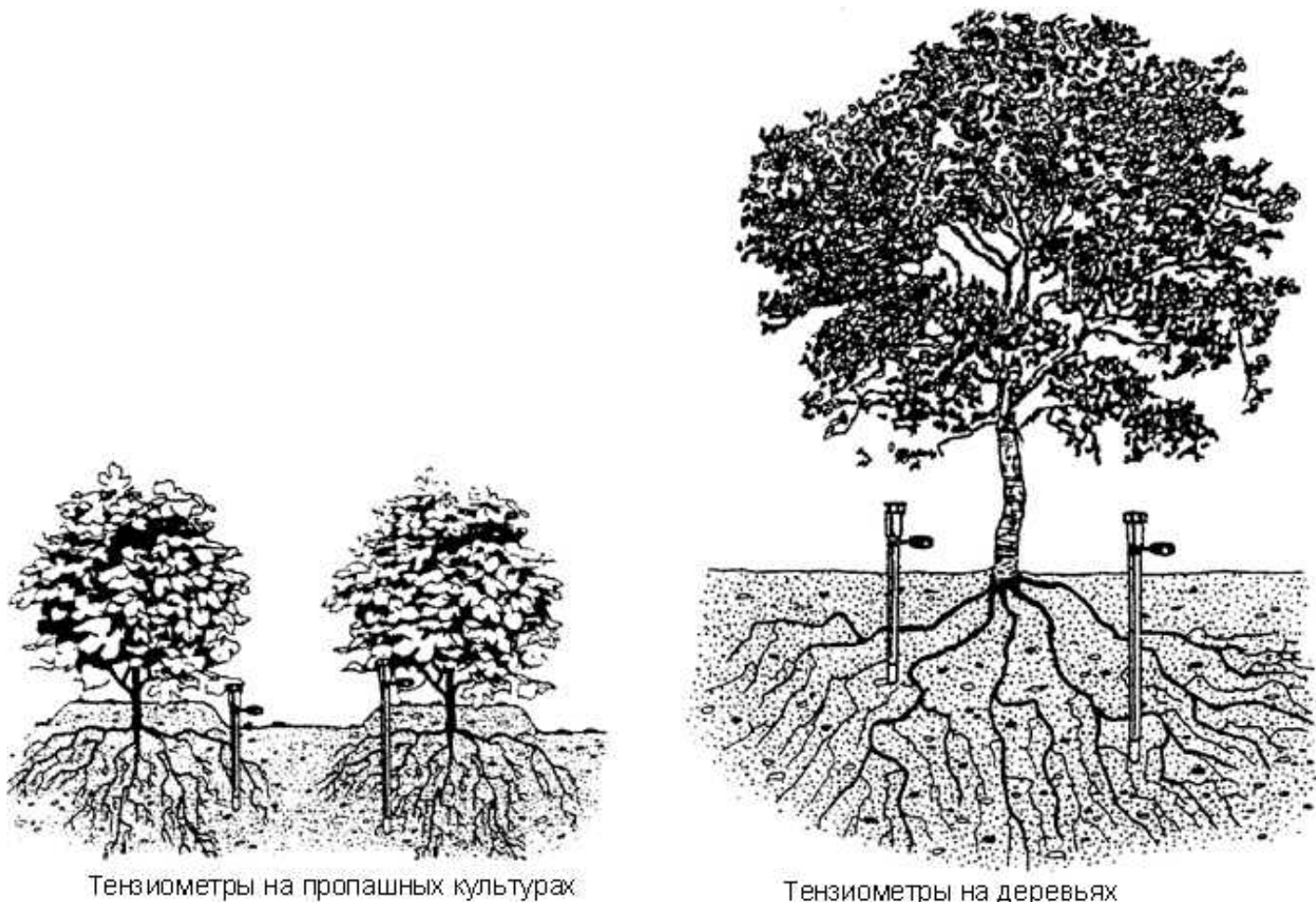


Рисунок 12-3. Надлежащее размещение тензиометров.

Составление графиков полива

Показания тензиометра отражают натяжённость почвенной влаги, т.е. они показывают относительную влажность почвы, окружающей пористый наконечник. Они не обеспечивают прямой информацией о количестве воды, содержащейся в почве. Эта информация, если она необходима, может быть получена из характеристической кривой влажности. Характеристическая кривая влажности

применяется для преобразования замеров натяженности влажности в проценты доступной влажности почвы.



Рисунок 12-4. Составление плана поливов с помощью тензиометров

Замеры тензиометра оказывают помощь в принятии решения, когда поливать, так как они дают непрерывные показания водного режима почвы. Решение поливать принимается, когда среднее всех соответствующих показаний тензиометра превышает данную критическую величину. Для оптимального производства критическая величина должна составлять около 40-60 сантиметбар.

Объем применяемой поливной воды должен быть адекватным для восстановления корневой зоны до величины, близкой к, но меньшей, чем полевая влагоёмкость. Причина этого та, что какая-либо избыточная вода теряется при глубоком просачивании ниже корневой зоны, перенося вместе с собой питательные элементы. Кроме того, поддержание влажности почвы на уровне, несколько ниже полевой влагоёмкости, создает некоторую способность к накоплению каких-либо дождевых осадков, которые могли иметь место.

Раздел 13

**Работа и техническое
обслуживание**

Техническое обслуживание системы

В зависимости от конструкции и качества используемых материалов, система может быть очень надежной и безаварийной или с непрерывным рядом поломок. Однако даже наилучшие системы требуют текущего осмотра и профилактического ремонта, и эти работы должны выполняться хорошо осведомлённым и ответственным персоналом. Система микроорошения может удовлетворительно работать в течение длительного времени, если составлена подходящая программа технического обслуживания, и её придерживаются с самого начала.

Одной из наиболее ранних проблем, стоящих перед проектировщиком систем микроорошения, было засорение или закупорка насадок и капельниц. Исследования открыли и установили ряд факторов, которые могут быть ответственными за феномен засорения, в том числе наличие микроорганизмов, размер и качество взвешенных частиц в воде и наличие некоторых растворённых веществ, таких, как железо, марганец и кальций, которые могут осаждаться и образовывать отложения в оросительных трубопроводах и капельницах. Там, где эти или другие факторы составляют потенциальную проблему, должна быть разработана подробная программа технического обслуживания, чтобы обеспечить оптимальную работу.

Техническое обслуживание системы фильтрации

Техническое обслуживание системы фильтрации составляет важную часть технического обслуживания всей системы. Песчано-гравийные фильтры, дисковые и сетчатые фильтры различных типов время от времени требуют очистки, обратной промывки или замены элементов фильтров. Песчаные фильтры и многие виды дисковых и сетчатых фильтров могут быть сконструированы для ручной или полностью автоматизированной обратной промывки, и большинство крупных систем микроорошения используют преимущества этих автоматизированных органов управления фильтрацией, чтобы снизить затраты труда.

Очистка сетчатых/дисковых фильтров

Ручные сетчатые/дисковые фильтры надо регулярно разбирать и смывать струёй воды из шланга, чтобы очистить элементы. Невыполнение этого приводит к образованию вещества на сетке/диске и к избыточной потере давления на фильтре. В результате этого работа системы неэффективна. Избыточная потеря давления на сетке служит также для ускорения движения частиц, особенно органического вещества, через сетку, где они могут входить в систему, и вызывать проблемы засорения. Местный опыт диктует частоту очистки, необходимо для поддержания сетчатого/дискового фильтра в хорошем состоянии.

Обратная промывка песчано-гравийных фильтров

Многие операторы систем плохо понимают песчано-гравийные фильтры, и многие проблемы, связанные с песчано-гравийными фильтрами, возникают из-за главного недостатка знаний требований к их работе и техническому обслуживанию. Многие отказы в работе песчано-гравийных фильтров были вызваны использованием песка плохого качества, ненадлежащим контролем потока обратной промывки, неадекватным потоком обратной промывки и плохим техническим обслуживанием.

Песчано-гравийный фильтр – это в своей основе резервуар, наполненный мелким песком. Вода обычно притекает выше верхушки песчаного слоя, вниз течет через слой и снаружи основания фильтра, покидая частицы почвы и другие примеси, уловленные в песчаном слое. Когда в песчаном слое накапливается слишком много инородного вещества, воде становится трудно продвигаться через фильтр и потеря напора в фильтре увеличивается. Эта увеличенная потеря напора указывает на то, что фильтр требует очистки путём обратной промывки.

Обратная промывка песчано-гравийного фильтра относится к процессу изменения направления потока воды через песчаный слой на противоположное. Это изменение направления потока на противоположное приводит во взвешенное состояние и взбалтывает песчаный слой и вымывает инородное вещество, уловленное фильтром. Песчано-гравийный фильтр надо промывать достаточно часто, чтобы содержать среду свободной от избыточного фильтруемого вещества. Невыполнение этого приводит к высоким потерям напора в фильтре и агрегации и цементированию песчаного слоя, особенно там, где в воде источника имеется железо или марганец.

Если система содержит песчано-гравийный фильтр, подвергающийся обратной промывке вручную, следует обратить внимание на частоту и периоды промывки. Органы управления автоматизированной обратной промывкой могут состоять из таймера, который включает обратную промывку с заданным интервалом, или датчика перепада давлений (ПД), который вызывает обратную промывку фильтра всякий раз, когда потеря напора в фильтре превышает установленные пределы. Часто и датчик перепада давлений, и таймер применяются вместе. Органы управления автоматической

обратной промывкой обычно надёжные и значительно снижают потребность в труде, необходимом для обратной промывки песчано-гравийных фильтров.

Важно, чтобы расход при обратной промывке был достаточно высоким, чтобы сильно разжидить и взболтать песчаный слой, однако достаточно низким, чтобы из камеры фильтра вымылось только фильтруемое вещество, а не сама среда фильтра.

Для работы песчано-гравийного фильтра важен выбор песка. Идеальным песком является остроугольный песок однородных размеров, полученный путём измельчения горной породы и тщательной сортировки его по крупности. Песок, найденный в природе, часто округлённый, плохо сортированный по размеру и полон «мелочи», что ухудшает работу фильтра. Проверяйте среду в фильтре каждые 2-3 сезона и замеряйте, если она не острая и неоднородная.

Техническое обслуживание в конце сезона

В конце поливного сезона песчано-гравийные фильтры следует подвергать тщательной обратной промывке и хлорировать, чтобы предупредить рост микроорганизмов. Следует опорожнить резервуары и дать им высохнуть, проверить уровень песка и осмотреть песок на признаки спекания или другие проблемы.

Мониторинг работы системы

Хорошо сконструированная система микроорошения имеет вмонтированные диагностические приборы, которые позволяют оператору осуществлять мониторинг работы системы и обнаруживать возможные проблемы на ранних стадиях. В эту категорию включены расходомеры, пункты проверки давления/манометры и запасные фильтры на распределительных клапанах.

Расходомеры

Расходомеры системы следует устанавливать на магистральных проводящих трубопроводах, и они должны давать показания расхода как мгновенно, так и совокупно. Показания этих расходомеров следует считывать регулярно и регистрировать их в журнале. Колебания в расходе системы могут указывать на то, что что-то в системе неладно.

Например, постепенное снижение расхода системы, который измерен расходомерами, может указывать на проблему с насосной станцией или на проблему засорения в поле. С другой стороны, внезапное повышение расхода системы может свидетельствовать о поломке трубопровода или наличии утечки в системе. Замеры совокупного расхода служат для проверки графиков полива водой.

Точки проверки давления

Система должна иметь достаточное количество точек проверки давления для того, чтобы можно было провести общую проверку давлений в системе. Значительно отличающиеся давления в различных частях системы могут указывать на то, что в какой-то части системы произошло некоторое засорение, утечка или возникла другая проблема. Следует регулярно проводить проверки давления и записывать давления.

Запасные фильтры распределительных клапанов

Запасные фильтры обычно меньше, вмонтированные или Y-фильтры устанавливаются на каждом распределительном клапане. В нормальных условиях эти фильтры, которые обычно имеют 80 и 120 меш, собирают мало загрязнителей, если они имеются, так как главная система фильтрации обычно удаляет это вещество. Если, однако, имеется поломка трубопровода или авария на главной фильтрующей станции или если система загрязнена по какой-либо иной причине, они помогают предупредить поступление инородного вещества из поливных трубопроводов. Периодический осмотр этих запасных фильтров может указывать на то что проблема существует.

Профилактический осмотр и промывка ответвлений от магистрального и поливных трубопроводов

Полевые условия, в которых должен находиться поливной трубопровод, крайне неблагоприятны. Когда труба устанавливается, она обычно подвергается растягивающим напряжениям некоторой величины, а также полевой технике, которая может поцарапать или повредить иным образом трубу. Если трубопровод прокладывается на поверхности, он может подвергаться прямым солнечным лучам. Камни, побеги и корни растений имеют тенденцию сжимать трубу. Крысы, муравьи и хулиганы на некоторых участках наносят значительный ущерб. Трубы должны противостоять воздействию химических удобрений, хлора и пестицидов. Программа текущего осмотра обнаруживает повреждение системы и может помочь предупредить дальнейшее повреждение.

Время от времени следует осматривать капельницы и измерять расход. Необходимо исследовать значительное отклонение от расчётного расхода. Общее снижение расхода может быть первым симптомом потенциально крупной биологической или химической проблемы засорения в системе. Этот тип проблемы гораздо легче устранять при обнаружении его на ранних стадиях.

Промывка ответвлений от магистрального трубопровода и поливных трубопроводов

Во многих системах микроорошения было установлено, что надо предусмотреть промывку ответвлений от магистрального трубопровода и поливных трубопроводов, для того чтобы удалить отстоявшиеся осадки; и, таким образом, промывка составляет важную часть текущего осмотра. Исследование показало, что большинство отстоявшихся осадков можно вымыть из трубы или трубопровода при скорости потока 0,5 метра в секунду, которая называется «скоростью промывки». В стандартных поливных трубопроводах размером диаметром 13 мм скоростью промывки 0,5 м/с эквивалентна расходу 4,0 л/м в конце нижнего течения. Ответвления от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы следует промывать вручную несколько раз в сезон. Откройте концы поливных трубопроводов в то время, как система работает, и дайте воде поступать в резервуар до тех пор, пока она не станет чистой. Соберите немного грязной воды в стеклянной банке и внимательно осмотрите её. Обратите внимание на природу загрязнений в воде. Если в воде для промывки имеется значительное количество загрязнителя, установите, что это. Это, по-видимому, бактериальная слизь?

Имеются ли крупные объединённые частицы? Есть ли доказательства осаждения железа? Есть ли какое-либо вещество, которое могло бы быть песком из песчано-гравийного фильтра? Проверьте загрязнитель под микроскопом. Поместите образцы грязной воды в две маленькие банки или пробирки. Обработайте одну несколькими каплями хлорной извести, а другую – несколькими каплями соляной кислоты. Обратите внимание на какие-либо изменения: хлор разъедает органическое вещество, тогда как кислота растворяет многие неорганические осадки. Кислота или хлор не разъедают частицы почвы и песка.

Типичная программа технического обслуживания для системы микроорошения

Первый запуск в сезоне

- Проверьте, работают ли надлежащим образом насос, всасывающие фильтры насоса и связанные расходомеры/регулирующие оборудование.
- Проверьте песчано-гравийную фильтростанцию на спекание и немедленно проведите цикл тщательной промывки. Замените запасные батареи, применяемые в контроллере промывки фильтров.
- Проверьте другие фильтры, осматривая решетки, и, если необходимо, очистите.
- Постепенно наполните магистральные трубопроводы со скоростью примерно 0,5 м/с во избежание повреждения трубопровода.
- Перед открытием каких-либо ответвлений от магистрального трубопровода промойте магистральный трубопровод. Это обычно делают с помощью сливного/промывочного клапанов, установленных в нижних точках и концах магистрального трубопровода. Благодаря этому удаляется много вещества, которое, возможно, осело в магистральном трубопроводе зимой.
- Проверьте систему на утечки и перебои капельниц и очистите.
- В каждом блоке промывайте как ответ ветвления от магистрального трубопровода, так и поливные трубопроводы до тех пор, пока не вымоются все осадки и мусор.
- Если полевые запасные фильтры были установлены, проверьте на снижение давления на фильтре и, если необходимо, разберите и очистите.
- В каждую смену настройте распределительные клапаны на надлежащее давление и обеспечьте работу всех регуляторов давления.
- Осмотрите визуально каждый блок на капельницы, засоренные или с низким расходом. Если какие-нибудь обнаружены, выясните, вызвано ли засорение органическими (бактериальной слизью или водорослями) или неорганическими (осаждёнными солями, чешуёй, песком и т.д.) веществом. Если проблему создает органическое вещество, выберите программу хлорирования; если неорганическое, то вначале проверьте, хорошо ли работают фильтры, а затем выберите программу впрыскивания кислоты, чтобы снизить pH и растворить осадки.
- Как только установлены надлежащие давления распределительных клапанов, проведите испытания на равномерность распределения (DU) в каждом блоке и зарегистрируйте (если равномерности распределения были зарегистрированы в предыдущие годы, сравните их с ними). Если установлен расходомер, зарегистрируйте также расход главного насоса. Ухудшение равномерности распределения является свидетельством того, что капельницы, возможно, достигли конца срока службы в полевых условиях требуют замены.

Периодический профилактический осмотр (по меньшей мере раз в месяц в течение поливного сезона)

- Проверьте давление на распределительном клапане и отрегулируйте, если необходимо.
- Проверьте перепад давлений всех фильтров и, если необходимо, подвергните их обратной промывке.
- Промойте ответвление от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы, наблюдая качество воды для промывания. Помните, что данное обнаружение и, следовательно, очистка от органических или неорганических примесей может предупредить проблемы засорения капельниц.
- Если расходомер установлен, сравните расходы в системе с зарегистрированным расходом при запуске системы. Если происходит значительное снижение, т.е. более 10%, проверьте полевые капельницы и определите соответствующую стратегию химической очистки. В некоторых случаях Вам может потребоваться осуществление программы непрерывного хлорирования путём поддержания в системе примерно 1-2 ppm (частей на миллион) свободного хлора.

Отключение в конце сезона

- Применяйте в течение всего сезона программу впрыскивания хлора, чтобы обеспечить гибель всех бактерий до того, как система будет отключена. Хлорируйте концентрацией примерно 10-20 ppm (частей на миллион) в течение 30-60 минут и затем промывайте в течение последующих 30-60 минут и затем промывайте в течение последующих 60 минут. В течение этого времени промойте также ответвления от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы.
- Подвергните фильтр тщательной обратной промывке и очистите их. Осушите песчано-гравийные фильтры.
- Осушите запасные фильтры.
- Осушите магистральные трубопроводы и ответвления от магистральных трубопроводов с тем, чтобы в трубах не оставалась вода, которая может вызывать рост бактерий зимой.

Раздел 13

**Работа и техническое
обслуживание**

Техническое обслуживание системы

В зависимости от конструкции и качества используемых материалов, система может быть очень надежной и безаварийной или с непрерывным рядом поломок. Однако даже наилучшие системы требуют текущего осмотра и профилактического ремонта, и эти работы должны выполняться хорошо осведомлённым и ответственным персоналом. Система микроорошения может удовлетворительно работать в течение длительного времени, если составлена подходящая программа технического обслуживания, и её придерживаются с самого начала.

Одной из наиболее ранних проблем, стоящих перед проектировщиком систем микроорошения, было засорение или закупорка насадок и капельниц. Исследования открыли и установили ряд факторов, которые могут быть ответственными за феномен засорения, в том числе наличие микроорганизмов, размер и качество взвешенных частиц в воде и наличие некоторых растворённых веществ, таких, как железо, марганец и кальций, которые могут осаждаться и образовывать отложения в оросительных трубопроводах и капельницах. Там, где эти или другие факторы составляют потенциальную проблему, должна быть разработана подробная программа технического обслуживания, чтобы обеспечить оптимальную работу.

Техническое обслуживание системы фильтрации

Техническое обслуживание системы фильтрации составляет важную часть технического обслуживания всей системы. Песчано-гравийные фильтры, дисковые и сетчатые фильтры различных типов время от времени требуют очистки, обратной промывки или замены элементов фильтров. Песчаные фильтры и многие виды дисковых и сетчатых фильтров могут быть сконструированы для ручной или полностью автоматизированной обратной промывки, и большинство крупных систем микроорошения используют преимущества этих автоматизированных органов управления фильтрацией, чтобы снизить затраты труда.

Очистка сетчатых/дисковых фильтров

Ручные сетчатые/дисковые фильтры надо регулярно разбирать и смывать струёй воды из шланга, чтобы очистить элементы. Невыполнение этого приводит к образованию вещества на сетке/диске и к избыточной потере давления на фильтре. В результате этого работа системы неэффективна. Избыточная потеря давления на сетке служит также для ускорения движения частиц, особенно органического вещества, через сетку, где они могут входить в систему, и вызывать проблемы засорения. Местный опыт диктует частоту очистки, необходимо для поддержания сетчатого/дискового фильтра в хорошем состоянии.

Обратная промывка песчано-гравийных фильтров

Многие операторы систем плохо понимают песчано-гравийные фильтры, и многие проблемы, связанные с песчано-гравийными фильтрами, возникают из-за главного недостатка знаний требований к их работе и техническому обслуживанию. Многие отказы в работе песчано-гравийных фильтров были вызваны использованием песка плохого качества, ненадлежащим контролем потока обратной промывки, неадекватным потоком обратной промывки и плохим техническим обслуживанием.

Песчано-гравийный фильтр – это в своей основе резервуар, наполненный мелким песком. Вода обычно притекает выше верхушки песчаного слоя, вниз течет через слой и снаружи основания фильтра, покидая частицы почвы и другие примеси, уловленные в песчаном слое. Когда в песчаном слое накапливается слишком много инородного вещества, воде становится трудно продвигаться через фильтр и потеря напора в фильтре увеличивается. Эта увеличенная потеря напора указывает на то, что фильтр требует очистки путём обратной промывки.

Обратная промывка песчано-гравийного фильтра относится к процессу изменения направления потока воды через песчаный слой на противоположное. Это изменение направления потока на противоположное приводит во взвешенное состояние и взбалтывает песчаный слой и вымывает инородное вещество, уловленное фильтром. Песчано-гравийный фильтр надо промывать достаточно часто, чтобы содержать среду свободной от избыточного фильтруемого вещества. Невыполнение этого приводит к высоким потерям напора в фильтре и агрегации и цементированию песчаного слоя, особенно там, где в воде источника имеется железо или марганец.

Если система содержит песчано-гравийный фильтр, подвергающийся обратной промывке вручную, следует обратить внимание на частоту и периоды промывки. Органы управления автоматизированной обратной промывкой могут состоять из таймера, который включает обратную промывку с заданным интервалом, или датчика перепада давлений (ПД), который вызывает обратную промывку фильтра всякий раз, когда потеря напора в фильтре превышает установленные пределы. Часто и датчик перепада давлений, и таймер применяются вместе. Органы управления автоматической

обратной промывкой обычно надёжные и значительно снижают потребность в труде, необходимом для обратной промывки песчано-гравийных фильтров.

Важно, чтобы расход при обратной промывке был достаточно высоким, чтобы сильно разжидить и взболтать песчаный слой, однако достаточно низким, чтобы из камеры фильтра вымылось только фильтруемое вещество, а не сама среда фильтра.

Для работы песчано-гравийного фильтра важен выбор песка. Идеальным песком является остроугольный песок однородных размеров, полученный путём измельчения горной породы и тщательной сортировки его по крупности. Песок, найденный в природе, часто округлённый, плохо сортированный по размеру и полон «мелочи», что ухудшает работу фильтра. Проверяйте среду в фильтре каждые 2-3 сезона и замеряйте, если она не острая и неоднородная.

Техническое обслуживание в конце сезона

В конце поливного сезона песчано-гравийные фильтры следует подвергать тщательной обратной промывке и хлорировать, чтобы предупредить рост микроорганизмов. Следует опорожнить резервуары и дать им высохнуть, проверить уровень песка и осмотреть песок на признаки спекания или другие проблемы.

Мониторинг работы системы

Хорошо сконструированная система микроорошения имеет вмонтированные диагностические приборы, которые позволяют оператору осуществлять мониторинг работы системы и обнаруживать возможные проблемы на ранних стадиях. В эту категорию включены расходомеры, пункты проверки давления/манометры и запасные фильтры на распределительных клапанах.

Расходомеры

Расходомеры системы следует устанавливать на магистральных проводящих трубопроводах, и они должны давать показания расхода как мгновенно, так и совокупно. Показания этих расходомеров следует считывать регулярно и регистрировать их в журнале. Колебания в расходе системы могут указывать на то, что что-то в системе неладно.

Например, постепенное снижение расхода системы, который измерен расходомерами, может указывать на проблему с насосной станцией или на проблему засорения в поле. С другой стороны, внезапное повышение расхода системы может свидетельствовать о поломке трубопровода или наличии утечки в системе. Замеры совокупного расхода служат для проверки графиков полива водой.

Точки проверки давления

Система должна иметь достаточное количество точек проверки давления для того, чтобы можно было провести общую проверку давлений в системе. Значительно отличающиеся давления в различных частях системы могут указывать на то, что в какой-то части системы произошло некоторое засорение, утечка или возникла другая проблема. Следует регулярно проводить проверки давления и записывать давления.

Запасные фильтры распределительных клапанов

Запасные фильтры обычно меньше, вмонтированные или Y-фильтры устанавливаются на каждом распределительном клапане. В нормальных условиях эти фильтры, которые обычно имеют 80 и 120 меш, собирают мало загрязнителей, если они имеются, так как главная система фильтрации обычно удаляет это вещество. Если, однако, имеется поломка трубопровода или авария на главной фильтрующей станции или если система загрязнена по какой-либо иной причине, они помогают предупредить поступление инородного вещества из поливных трубопроводов. Периодический осмотр этих запасных фильтров может указывать на то что проблема существует.

Профилактический осмотр и промывка ответвлений от магистрального и поливных трубопроводов

Полевые условия, в которых должен находиться поливной трубопровод, крайне неблагоприятны. Когда труба устанавливается, она обычно подвергается растягивающим напряжениям некоторой величины, а также полевой технике, которая может поцарапать или повредить иным образом трубу. Если трубопровод прокладывается на поверхности, он может подвергаться прямым солнечным лучам. Камни, побеги и корни растений имеют тенденцию сжимать трубу. Крысы, муравьи и хулиганы на некоторых участках наносят значительный ущерб. Трубы должны противостоять воздействию химических удобрений, хлора и пестицидов. Программа текущего осмотра обнаруживает повреждение системы и может помочь предупредить дальнейшее повреждение.

Время от времени следует осматривать капельницы и измерять расход. Необходимо исследовать значительное отклонение от расчётного расхода. Общее снижение расхода может быть первым симптомом потенциально крупной биологической или химической проблемы засорения в системе. Этот тип проблемы гораздо легче устранять при обнаружении его на ранних стадиях.

Промывка ответвлений от магистрального трубопровода и поливных трубопроводов

Во многих системах микроорошения было установлено, что надо предусмотреть промывку ответвлений от магистрального трубопровода и поливных трубопроводов, для того чтобы удалить отстоявшиеся осадки; и, таким образом, промывка составляет важную часть текущего осмотра. Исследование показало, что большинство отстоявшихся осадков можно вымыть из трубы или трубопровода при скорости потока 0,5 метра в секунду, которая называется «скоростью промывки». В стандартных поливных трубопроводах размером диаметром 13 мм скоростью промывки 0,5 м/с эквивалентна расходу 4,0 л/м в конце нижнего течения. Ответвления от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы следует промывать вручную несколько раз в сезон. Откройте концы поливных трубопроводов в то время, как система работает, и дайте воде поступать в резервуар до тех пор, пока она не станет чистой. Соберите немного грязной воды в стеклянной банке и внимательно осмотрите её. Обратите внимание на природу загрязнений в воде. Если в воде для промывки имеется значительное количество загрязнителя, установите, что это. Это, по-видимому, бактериальная слизь?

Имеются ли крупные объединённые частицы? Есть ли доказательства осаждения железа? Есть ли какое-либо вещество, которое могло бы быть песком из песчано-гравийного фильтра? Проверьте загрязнитель под микроскопом. Поместите образцы грязной воды в две маленькие банки или пробирки. Обработайте одну несколькими каплями хлорной извести, а другую – несколькими каплями соляной кислоты. Обратите внимание на какие-либо изменения: хлор разъедает органическое вещество, тогда как кислота растворяет многие неорганические осадки. Кислота или хлор не разъедают частицы почвы и песка.

Типичная программа технического обслуживания для системы микроорошения

Первый запуск в сезоне

- Проверьте, работают ли надлежащим образом насос, всасывающие фильтры насоса и связанные расходомеры/регулирующие оборудование.
- Проверьте песчано-гравийную фильтростанцию на спекание и немедленно проведите цикл тщательной промывки. Замените запасные батареи, применяемые в контроллере промывки фильтров.
- Проверьте другие фильтры, осматривая решетки, и, если необходимо, очистите.
- Постепенно наполните магистральные трубопроводы со скоростью примерно 0,5 м/с во избежание повреждения трубопровода.
- Перед открытием каких-либо ответвлений от магистрального трубопровода промойте магистральный трубопровод. Это обычно делают с помощью сливного/промывочного клапанов, установленных в нижних точках и концах магистрального трубопровода. Благодаря этому удаляется много вещества, которое, возможно, осело в магистральном трубопроводе зимой.
- Проверьте систему на утечки и перебои капельниц и очистите.
- В каждом блоке промывайте как ответ ветвления от магистрального трубопровода, так и поливные трубопроводы до тех пор, пока не вымоются все осадки и мусор.
- Если полевые запасные фильтры были установлены, проверьте на снижение давления на фильтре и, если необходимо, разберите и очистите.
- В каждую смену настройте распределительные клапаны на надлежащее давление и обеспечьте работу всех регуляторов давления.
- Осмотрите визуально каждый блок на капельницы, засоренные или с низким расходом. Если какие-нибудь обнаружены, выясните, вызвано ли засорение органическими (бактериальной слизью или водорослями) или неорганическими (осаждёнными солями, чешуёй, песком и т.д.) веществом. Если проблему создает органическое вещество, выберите программу хлорирования; если неорганическое, то вначале проверьте, хорошо ли работают фильтры, а затем выберите программу впрыскивания кислоты, чтобы снизить pH и растворить осадки.
- Как только установлены надлежащие давления распределительных клапанов, проведите испытания на равномерность распределения (DU) в каждом блоке и зарегистрируйте (если равномерности распределения были зарегистрированы в предыдущие годы, сравните их с ними). Если установлен расходомер, зарегистрируйте также расход главного насоса. Ухудшение равномерности распределения является свидетельством того, что капельницы, возможно, достигли конца срока службы в полевых условиях требуют замены.

Периодический профилактический осмотр (по меньшей мере раз в месяц в течение поливного сезона)

- Проверьте давление на распределительном клапане и отрегулируйте, если необходимо.
- Проверьте перепад давлений всех фильтров и, если необходимо, подвергните их обратной промывке.
- Промойте ответвление от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы, наблюдая качество воды для промывания. Помните, что данное обнаружение и, следовательно, очистка от органических или неорганических примесей может предупредить проблемы засорения капельниц.
- Если расходомер установлен, сравните расходы в системе с зарегистрированным расходом при запуске системы. Если происходит значительное снижение, т.е. более 10%, проверьте полевые капельницы и определите соответствующую стратегию химической очистки. В некоторых случаях Вам может потребоваться осуществление программы непрерывного хлорирования путём поддержания в системе примерно 1-2 ppm (частей на миллион) свободного хлора.

Отключение в конце сезона

- Применяйте в течение всего сезона программу впрыскивания хлора, чтобы обеспечить гибель всех бактерий до того, как система будет отключена. Хлорируйте концентрацией примерно 10-20 ppm (частей на миллион) в течение 30-60 минут и затем промывайте в течение последующих 30-60 минут и затем промывайте в течение последующих 60 минут. В течение этого времени промойте также ответвления от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы.
- Подвергните фильтр тщательной обратной промывке и очистите их. Осушите песчано-гравийные фильтры.
- Осушите запасные фильтры.
- Осушите магистральные трубопроводы и ответвления от магистральных трубопроводов с тем, чтобы в трубах не оставалась вода, которая может вызывать рост бактерий зимой.

Раздел 14
Устранение
проблем системы

Засорение капельниц

Наибольшей потенциальной проблемой с которой сталкивается оператор системы микроорошения, является засорение капельниц. Так как у большинства капельниц водоводы очень маленькие, они легко засоряются частицами минерального или органического вещества. Это может снизить расход, вызвать неравномерность распределения воды и вызвать вследствие этого стресс и повреждение растений. В некоторых случаях в поливной воде, подаваемой потребителю, присутствуют загрязнители и они недостаточно отфильтровываются. Эти загрязнители могут включать частицы почвы, живые или мёртвые органические вещества и чешую со ржавых труб.

В других случаях загрязнители проникают в систему на стадии установки и недостаточно вымываются из системы. В эту категорию входят насекомые, тефлоновая лента, стружка обрезки поливинилхлоридных труб и частицы почвы.

В заключение отметим, что загрязнители могут расти, объединяться или осаждаться в воде, когда она стоит в трубопроводах или испаряется с капельниц или насадок между поливами. При некоторых обстоятельствах в системах микроорошения могут образовываться окись железа, двуокись марганца, углекислый кальций, водоросли и бактериальные слизи. Решение определённой проблемы засорения должно основываться на природе проблемы. Обработка кислотой успешно применялась для растворения осадков марганца, железа и кальция, а хлор применялся для расщепления органических веществ. Где возможно, дайте системе до конца высохнуть; иногда это способствует достаточному сжатию органических веществ, чтобы частично открыть засорившиеся капельницы или насадки, которые можно затем более эффективно обработать химическими веществами.

Борьба с солёностью

В районах, где в течение года выпадает значительное количество осадков, происходит частый вынос солей, отложившихся вместе с поливной водой. Однако в более сухих районах в почве могут накапливаться значительные отложения соли вследствие отсутствия естественного вымывания. Это отложение соли пропорционально солёности поливной воды.

В регионах, где используется солёная поливная вода, отложение солей происходит часто на поверхности почвы. Соли также концентрируются под поверхностью почвы по периметру объёма почвы, увлажняемой каждой капельницей.

При отсутствии дождя этому накоплению может противостоять должным образом сконструированная и управляемая система орошения. Однако нечастый сильный дождь может смывать накопившиеся соли в корневую зону, вызывая опасную высокую солёность, если система не работает. Следовательно, когда дождь проходит после периода накопления солей, поливную воду следует применять до тех пор, пока не выпадет около 50 мм дождевых осадков, чтобы предупредить перемещение солей в корневую зону и способствовать выносу солей под корневую зону. Ещё одна проблема, с которой сталкиваются при применении солёной воды, – это перемещение солей через корневую зону. Соли легко перемещаются с почвенной водой и концентрируются на внешних краях смоченного периметра. Таким образом, капельницы следует устанавливать таким образом, чтобы вызвать движение воды (и солей) от растений, а не к ним.

Бактериальное осаждение железа

Проблемы системы микроорошения, связанные с железом, вызваны введением растворимых солей железа (содержащих двухвалентное железо) в систему, где вследствие ряда факторов они могут окисляться (трёхвалентное железо) и осаждаются, вызывая засорение.

Есть некоторые виды бактерий, которые могут вызывать осаждение нерастворимой окиси железа, окисляя растворимую закись железа. Проблемы с бактериями железа встречались при низких концентрациях железа – 0,1 ppm (частей на миллион). Такие формы осадка железа, как красный нитевидный ил, который может прикрепляться к поливинилхлоридным и полиэтиленовым трубам и полностью засорять капельницы.

Обычная обработка хлорирование воды, чтобы устранить, или подавить активность бактерий. Хлорирование можно проводить непрерывно в дозе 1 ppm (частей на миллион) в течение 30-60 минут ежедневно.

Бактериальное осаждение серы

Бактерии могут образовывать органическую серную смесь, если вода содержит более 0,1 ppm общих сульфидов. Эти бактерии образуют белые хлопковые массы слизи, которые могут полностью закупоривать капельницы.

Проблемы могут также создаваться взаимодействиями железа и серы в системе. Сита фильтров из нержавеющей стали могут вызывать осаждение односернистого железа при применении

для фильтрации воды с высокой концентрацией сульфидов. Наличие растворённого железа и сульфидов может вызывать химическую реакцию, в результате которой образуется нерастворимое односернистое железо. В некоторых условиях впрыскивание питательных веществ, содержащих железо. В некоторых условиях впрыскивание питательных веществ, содержащих железо, в воду с сульфидными также вызывает осаждение.

Рекомендуемая обработка для борьбы с бактериями серной слизи – периодическое хлорирование в дозе 10-20 ppm свободного хлора, который измеряется на поле, в течение 30-60 минут ежедневно.

Химическое осаждение железа

Когда вода откачивается из водоносного горизонта в оросительную систему, в физико-химической окружающей среде воды происходит много изменений. С точки зрения растворимости железа, давление, pH и температура являются наиболее важными переменными. Какое-нибудь растворившееся железо в воде водоносного горизонта обычно встречается в форме двухвалентного железа как закись железа. Условия могут способствовать растворимости железа, когда вода грунтовая, осаждение, вероятно, происходит, как только вода поступает в оросительную систему, особенно между поливами.

Это приводит к осаждению железа в системе. Если даже присутствуют незначительные количества железа (0,1 ppm или более), может произойти засорение капельниц. Впрыскивание нехелатных фосфатов или солей кальция ускоряет этот процесс, и их следует избегать в водах, содержащих железо.

Обработка вод, содержащих железо, где химическое осаждение представляет проблему, может быть достигнута удалением железа из воды или сохранением железа в растворе. Рекомендуются следующие методы:

Аэрация и отстаивание

Это наиболее надёжный способ удаления железа из поливной воды. Система работает путём тщательной аэрации воды на входе отстойника или давая ей возможность падать на ряд отражательных перегородок или течь по ним, или распылять воду в воздухе. Каждый способ даёт возможность введения больших количеств кислорода в воду, который окисляет закись железа в окись железа. Окись железа осаждается в воде и оседает на дне бассейна при условии, что даётся достаточно времени для отстаивания.

Аэрация и отстаивание – недорогой и почти безопасный метод удаления железа, требующий незначительного технического обслуживания и мало обучения. Так как большинство вод, содержащих железо, – это воды выкачиваемые из скважины в систему, находящуюся под давлением. Следовательно, аэрация и процесс отстаивания страдают тем недостатком, что вода должна откачиваться «двумя насосами», т. е. требуется дополнительный насос на выходе отстойного бассейна для того, чтобы вновь подавать воду под давлением. Хотя это правда, что «двойное откачивание» требует двух насосов, оно не приводит к повышению стоимости энергии, так как общая высота подъёма воды остаётся той же.

Осаждение хлора.

Свободный хлор мгновенно окисляет закись железа в окись железа, которая затем осаждается в растворе. Надо определить концентрацию железа и надо впрыскивать хлор в дозе 1 ppm (частей на миллион) на каждые 0,7 ppm железа. Может потребоваться некоторое количество хлора, чтобы уничтожить какие-либо бактерии железа и подавить рост бактериальной слизи.

Полное смешивание хлора лучше всего достигается созданием турбулентности в системе. Если полное смешивание не достигается, железо проходит в ответвление от магистрального трубопровода и поливные трубопроводы, где оно осаждается. После полного смешивания железо удаляется фильтрацией. Фильтр с песчано-гравийной средой – наиболее подходящий фильтр, его следует часто подвергать обратной промывке и предпочтительно автоматизировать.

Применение хлора для осаждения железа эффективно, когда соблюдаются соответствующие методики. Однако это требует внимания к работе и обслуживанию оборудования для инъекции хлора и блока фильтрации, и стоимость хлора может быть значительной в больших системах с высокими содержаниями железа в источнике воды. Обычно хлор применяется для осаждения железа, когда аэрация и отстаивание невозможны.

Надо принять меры предосторожности в тех случаях, когда в источнике воды присутствует марганец, так как окисление марганца хлором протекает гораздо медленнее, чем окисление железа. Поэтому там, где присутствует марганец, применение хлора может привести к осаждению марганца после фильтра, вызывая проблемы закупорки в системе.

pH контроль

Железо более растворимое при более низких значениях рН. рН может подниматься, когда воду откачивают из водонасосного горизонта и железо осаждается. Кислоту можно впрыскивать для сохранения железа в растворе, или её можно применять, чтобы периодически растворять осадки железа, которые образовались в течение какого-то периода времени.

Впрыскивание кислоты можно также применять для очистки системы, которая стала частично засоренной железом до принятия одной из вышеуказанных предупредительных мер. рН снижают до 4,0 или менее на период 30-60 минут. Это растворяет железо и вымывает его из системы.

Осаждение солей кальция

Осаждение солей кальция в капельницах и поливных трубопроводах, распространенного при некоторых водах и появляется как белая плёнка или гальваническое покрытие на внутренних поверхностях системы. Эту проблему легко устранить впрыскиванием кислоты в такой дозе, что рН снижается до менее чем 4,0 в течение 30-60 минут. Однако важно это делать до того, как произойдет полная закупорка капельниц, так как кислота не придаёт в соприкосновение с воздухом, которые закрыты для потока воды.

Раствор для обработки засорений кальцием – это обработка соляной (хлористоводородной) кислотой. Соляную кислоту впрыскивают в такой дозе, чтобы достичь рН 4,0 в поливной воде, в течение 30-60 минут.

Токсичность бора

Бор встречается в воде в той или иной форме анионов. Обычный диапазон в природных водах составляет от 0,01 до 10 ppm (частей на миллион). Концентрации, больше этой, известны, но весьма часто это вода из горячих источников или морская вода. Бор не оказывает измеримого действия на физические свойства почвы в количествах, которые могут выдерживать растения. Бор не так легко удалить из почвы, как хлорид или нитрат, но большинство его можно удалить последовательной промывкой.

Небольшое количество бора необходимо для роста растений, но концентрация, немного выше оптимальной, токсична для растений к избытку, чем другие. Растения, выращиваемые на некоторых песчаных почвах, которые орошали в течение нескольких лет водой с очень низким содержанием бора (менее 0,02 ppm) могут развивать борную недостаточность. Следующие диапазоны служат хорошим руководством по опасности бора в поливной воде:

Ниже 0,5 ppm Хорошо для всех культур

0,5-1,0 ppm Хорошо для большинства культур; чувствительные культуры могут повреждаться (могут повреждаться листья, но урожай может не подвергаться никакому влиянию)

1,0 -2,0 ppm Хорошо для полу устойчивых культур. У чувствительных культур обычно снижается урожай и сила роста

2,0 ppm и более Хорошие урожай дают только устойчивые культуры

Растения, выращиваемые на почвах с высоким содержанием извести, могут выдерживать больше бора, чем растения выращиваемые на не карбонатных почвах.

В таблице 14-1 приводится ряд распространённых сельскохозяйственных культур в порядке их устойчивости к бору.

Таблица 14-1. Относительная устойчивость растений к бору.

(В каждой группе растения, названные первыми, считаются более чувствительными, а названные последними, – более устойчивыми)

Чувствительные 0,5 ppm (частей на миллион)	Полу устойчивые, 1 ppm	Устойчивые, 2 ppm
Лимон	Фасоль Лима	Морковь
Грейпфрут	Сладкий картофель	Латук
Авокадо	Перец стручковый сладкий	Капуста
Апельсин	Помидор	Репка
Ежевика канадская	Тыква	Лук
Абрикос	Овёс	Кормовые (конские) бобы
Персик	Сорго двухцветное	Гладиолус
Черешня (вишня)	Кукуруза	Люцерна
Хурма	Рожь	Свёкла столовая
Фиговое дерево (кадота)	Пшеница	Свёкла кормовая
Виноград	Ячмень	Свёкла сахарная

Яблоня	Маслина европейская	Пальма
Груша	Горох полевой	Финик пальчатый
Слива	Редька	Аспарагус
Ильм американский	Душистый горошек	Атель
Фасоль обыкновенная	Хлопчатник Пима	
Топинамбур	Хлопчатник Акала	
Орех грецкий	Картофель	
Орех черный	Подсолнечник (местный)	
Кария пекан		

Сульфат меди и хлор для борьбы с водорослями

Количество сульфата меди или хлора, необходимое для борьбы с различными видами водорослей, показано в таблице 14-2. Некоторые инженеры применяют стандартную дозу для всех видов, обычно примерно 1 ppm (часть на миллион). Меньше количества часто успешны как профилактические дозы, предупреждающие проблему.

Таблица 14-2. Сульфат меди и хлор для борьбы с водорослями.

Организм	Запах	$CuSO_4$ ppm	$CuSO_4$ кг	Хлор, ppm
DIATOMACEAE				
Asterionella	Ароматический	0,10	1,37	0,5-1,0
Melosira		0,30	4,29	2,0
Synedra	Земляной	1,00	14,25	1,0
Navicula		0,07	1,03	
CHLOROPHYCEAE:				
Conferva		1,00	14,25	
Scenedesmus		0,30	4,29	
Spirogyra		0,20	2,92	0,7-1,5
Ulothrix		0,20	2,92	
voivox	Рыбный	0,25	3,61	0,3-1,0
Xygnema		0,70	9,96	
Coelastrum		0,30	4,29	
CYANOPHYCEAE:				
Anabaena	Плесневой	0,10	1,37	0,5-1,0
Clathrocystis	Травяной	0,10	1,37	0,5-1,0
Oscillaria		0,20	2,92	1,1
Aphanizomenon	Плесневой	0,15	2,06	05,-1,0
PROTOZOA				
Euglena		0,50	7,21	
Uroglena	Рыбный	0,05	0,69	0,3-1,0
Peridinium	Рыбный	2,00	28,50	
Chlamydomonas		0,50	7,21	
Dinobryon	Ароматический	0,30	4,29	0,3-1,0
Synura	Огуречный	0,10	1,37	0,3-1,0
SCHIZOMYCETES				
Beggiatoa	Гнилостный	5,00	71,25	
Crenothrix	Гнилостный	0,30	4,29	0,5

*Килограммов сульфата меди на миллион литров воды.

Повреждение животными распределительных сетей регулярно обрабатываемы сельскохозяйственных земель

Повреждение животными иногда представляет значительную проблему для систем микроорошения, особенно на участках, граничащих с неосвоенной землёй. Есть несколько видов землероек, которые могут вызывать повреждение поверхностных или закрытых полиэтиленовых трубопроводов, в том числе кролики, сумчатые барсуки, крысы, мыши, билби, и вомбаты. Известно, что различные другие животные, в том числе вороны, какаду, лисицы, зайца и собаки динго, повреждали поливные трубопроводы, по-видимому, в поисках воды. При наличии в достаточных количествах эти животные могут сильно повреждать систему микроорошения, прогрызая дыры в поливных трубопроводах.

Повреждение муравьями

Повреждение муравьями и кузнечиками тонкостенных полиэтиленовых труб имело место в различных частях мира и представляло крупную проблему в некоторых регионах. Повреждение муравьями обычно встречается в форме дыр, прогрызенных в стенках ленточных труб. Это повреждение разрушает гидравлическую целостность ленточного трубопровода и может привести к сильным экономическим потерям у фермеров. Исследователи на Гавайях отмечали, что повреждение ленты весьма сильное в трубопроводе, имеющем толщину стенок менее 15 мил. (0,38 мм)

Повреждение открытых компонентов в поле

Полиэтилен подвержен повреждению в поле по двум основным причинам: вследствие деградации, вызванной поворачиванием действием ультрафиолетового света (ультрафиолетовая деградация) и растрескивания, вызванного экологическим стрессом. Эти два вида повреждений очень разные с точки зрения их причин и симптомов и должны внимательно распознаваться для определения точного диапазона.

Ультрафиолетовая деградация

Ультрафиолетовая деградация полиэтиленового шланга и трубопровода происходит, когда ультрафиолетовый свет проникает в пластмассу и вызывает молекулярные изменения, приводящие к постепенному ухудшению пластмассы. Симптомами ультрафиолетовой деградации являются растрескивание шланга, или трубопровода, обычно в верхней половине, которая подвергается действию солнечного света. Стандартный метод предупреждения ультрафиолетовой деградации – это включение небольшого количества мелко истолченной сажи, называемой углеродной сажой (“carbon black”), в смолу до прессования. Эта угольная сажа окрашивает прозрачный полиэтилен в чёрный цвет и поглощает ультрафиолетовый свет, защищая изделие и предупреждая деградацию. Ультрафиолетовая деградация является результатом недостаточных содержаний углеродной сажи в изделии и может быть предупреждена тщательным контролем производства. Необходимо минимум 2% углеродной сажи, для того, чтобы обладать хорошей устойчивостью к ультрафиолетовой деградации.

Растрескивание, вызванное экологическим стрессом

Растрескивание, вызванное стрессом окружающей среды, – широкий термин, который относится к раскалыванию или растрескиванию гибкого трубопровода или трубопровода, который подвергается действию окружающей среды. Повреждение часто происходит в точках, где материал подвергается растрескиванию, вызванного стрессом окружающей среды, – это растрескивание полиэтиленового гибкого трубопровода в месте, где он прикрепляется ко вставной муфте или к капельнице.

Растрескивание, вызванной стрессом окружающей среды, весьма часто происходит в результате применения неподходящих видов полиэтилена, плохих сортов качества полиэтилена, полученных от изготовителей игрушек и т.д. Так как нет видимого различия между хорошим изделием и изделием, которое, вероятно, подвержено, единственная защита от растрескивания, вызываемого стрессом, получение шлангов труб от изготовителей, достойных уважения.

Штампованные выдавливанием полиэтиленовые шланги и трубы испытывают на их устойчивость к растрескиванию вследствие стресса, вызванного окружающей средой (ESCR), складывая вдвое образец длиной 300 мм, помещая зазубренные вставные муфты в концы образца и погружая образец в ванну с температурой 76°C, содержащую раствор из 105 дезинфицирующего (моющего) средства и 90% воды по объёму. Образец проверяют на признаки повреждения, которое обычно возникает в виде трещины или расколов в точках стресса (на сгибе или на вставных соединительных частях труб). Время повреждения обычно колеблется от нескольких минут до нескольких часов. Образцы, которые повреждаются через 48 часов или менее, очень подозрительны, опыт показал, что полевые повреждения, вероятно, происходят в течение 6 месяцев – 1 года после установки такого материала.

В Австралии есть стандарт, который применяется при изготовлении полиэтилена низкой плотности (AS2698.1) В стандарте даются параметры, относящиеся к ультрафиолетовой деградации и растрескиванию, вызываемому стрессом окружающей среды.