

**ГОСУДАРСТВО ИЗРАИЛЬ**

**МАШАВ**  
МИНИСТЕРСТВО ИНОСТРАННЫХ  
СЕЛЬСКОГО  
ДЕЛ  
ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНОГО  
МЕЖДУНАРОДНОГО  
СОТРУДНИЧЕСТВА

**СИНАДКО**  
МИНИСТЕРСТВО  
ХОЗЯЙСТВА  
ЦЕНТР  
СОТРУДНИЧЕСТВА В  
ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**ОТДЕЛ ИРРИГАЦИИ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ**  
**СЛУЖБА ПРОПАГАНДЫ**

**ОРОШЕНИЕ ДОЖДЕВАНИЕМ**

Элимелех Сапир,  
специалист по ирригации  
и

Моше Снэ,  
руководитель отдела ирригации и почвоведения

2002  
ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Коэффициенты перевода	Внутр. страницы обложки
Перечень таблиц	3
Предисловие	4
Введение	4
Поверхностное орошение	6
Методы поверхностного орошения	6
Свойства почвы	7
Взаимоотношения почвы и воды	8
Скорость впитывания воды в почву (СВП)	12
Орошение дождеванием	16
Определения	17
Типы разбрызгивателей	18
Выбор расстояния между разбрызгивателями и их типа. Работа	24
Микроирригация	25
Механизированное орошение	29
Система напорного орошения	36
Автоматизация	45
Фильтрация	52
Фертигация	62
Трубопроводы	65
Муфты и принадлежности	66
Течение воды в трубах	69
Равномерность распределения воды	77
Техника (способы) орошения дождеванием	82
Планирование систем орошения дождеванием	87
Составление графика полива	92
Эксплуатация и обслуживание	96
Литература (на англ. языке)	101

### ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

№ табл.	Стр.
1 Классификация почв по размерам частиц	7
2 Доступная почвенная влага для почв с различным механическим составом	10
3 Типичные значения скорости инфильтрации (впитывания)	12
4 Показатели инфильтрации и коэффициент фильтрации для различных типов почв	14
5 Рекомендации по выбору расположения разбрызгивателей	25
6 Отверстия в сетке - примеры	53
7 Степень фильтрации дискового фильтра - пример	54
8 Размеры частиц фильтрующего элемента (песок) и обозначение размеров сеток	55
9 Номинальная производительность фильтров - примеры	58
10 Потери расхода в алюминиевых трубах	71
11 Коэффициент F в дождевальных крыльях	73
12 Пластмассовые трубы	76
13 Расчет коэффициента Кристиансена (равномерности)	81
14 Техническая характеристика разбрызгивателя	89
15 Максимально допустимое количество разбрызгивателей на дождевальном крыле	92
16 Годовой график орошения культур	92
17 Расчет дозирования при поливе - пример	94

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Новое издание руководства «Орошение дождеванием» содержит базовые материалы для студентов, впервые сталкивающихся с темой напорного орошения. Материал подготовлен в рамках проведения курсов по ирригации, организованных Министерством иностранных дел, Центром международного сотрудничества (МАШАВ), при посредстве Центра международного сотрудничества в области развития сельского хозяйства (СИНАДКО) Министерства сельского хозяйства и развития сельских районов Израиля.

Главные темы данного руководства - технология и теория орошения дождеванием. Рассматриваются также связанные с этим темы: взаимоотношения почвы, воды и растений, фертигация (удобрительное орошение), конструкция систем и т.д. Дается краткий обзор этих тем, которые были описаны в выпущенных ранее публикациях, подготовленных для курсов МАШАВА. В конце брошюры дается библиография (на английском языке).

При редактировании и изменении расположения материала упор был сделан на практических аспектах орошения дождеванием. Пользователи, обладающие более широкими познаниями, могут обратиться к обширной литературе по данной теме.

Мы хотим выразить признательность Аврааму Райсу и Ширли Орен, участвовавшим в переводе, корректировке, редактировании и печатании данной публикации. Кроме того, мы благодарим различных изготовителей дождевального оборудования в Израиле и за его пределами, любезно разрешивших воспользоваться данными и чертежами из их каталогов.

Элимелех Сапир и Моше Снэ.

## ВВЕДЕНИЕ

Среди отраслей, потребляющих воду для нужд человека, на первом месте стоит орошение сельскохозяйственных земель. Благодаря орошению значительно повышается урожайность культур и соответственно доход фермера, в особенности в засушливых районах.

Процесс орошения уходит своими корнями в далекую историю человечества. Он даже упоминается в Библии: **«И выходит река из Эдена для орошения сада...»** (Бытие, 2:10). Цветущие древние цивилизации возникали возле источников пресной воды, использовавшейся для орошения. В годы засухи людям приходилось мигрировать в поисках воды. К сожалению, с водой

связаны и менее приятные вещи - из-за нехватки воды возникали бесчисленные войны.

В древнем мире осуществлялись гигантские проекты орошения. Среди них можно назвать сооружение Великого канала в Китае - его длина составляла 1200 км; в Индии и в Шри Ланке системы подачи воды и ирригационные системы сооружались тысячи лет назад. Даже в наше время инженеры испытывают восхищение перед совершенством древних систем водоснабжения и применявшихся тогда методов орошения. Производство продуктов питания в Египте полностью зависит от Асуанской плотины, дающей воду для орошения долины Нила и некоторых прилегающих к ней пустынных районов. Благодаря этой плотине удастся обеспечить потребность населения в продовольствии.

До того, как человек сумел поставить на службу себе электричество, вода подавалась самотеком по естественным склонам, что требовало сооружения сети каналов; при этом приходилось производить земляные работы. Применяемые методы имеют свои ограничения, потому что вода не может поступать в зоны, расположенные выше ее источника. Подлинную революцию в технике орошения произвело изобретение насосов, при помощи которых можно было поднимать воду на требуемый уровень.

В настоящее время принята классификация технологии орошения, включающая две главные категории:

**Поверхностное (безнапорное) орошение:** полив по бороздам, полив по полосам, полив затоплением и т.д.

**Напорное орошение:** с применением разбрызгивателей (дождевателей), распылителей (струйное орошение) и капельное орошение.

Реки и ручьи являются естественными водоводами. Озера - естественные и искусственные - могут использоваться в качестве резервуаров (водохранилищ). Сооружение плотин превращает участки рек в резервуары и повышает их способность накапливать воду. После появления насосов в качестве водоводов стали использовать трубопроводы. Трубы изготавливаются из стали, алюминия, цемента и пластмасс. Рост населения на планете поставил задачу подачи воды на большие расстояния; следствием было развитие гидротехники, а это, в свою очередь, проложило путь к возникновению науки гидравлики. Можно поэтому сказать, что ирригация является **наукой выживания**.

Рис.О. 1.ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ; 2.ГОДОВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ В МИРЕ (в куб.км); а) в сельском хозяйстве; б) в промышленности; в) в муниципальном хозяйстве

### 3. ЖАЖДУЩИЙ МИР

#### 4. СТРАНА СНАБЖЕНИЕ ПРЕСНОЙ ВОДОЙ (куб.м на 1 чел.)

Канада	98,5	
Бразилия	42,96	
Австралия	19,0	
Венгрия		11,9
Мексика		3,8

Франция	3,4
Китай	2,3
Индия	2,2
Египет	0,9
Израиль	0,4

6. Источник: Всемирный институт ресурсов (World Resources Institute) .

## **ПОВЕРХНОСТНОЕ ОРОШЕНИЕ**

Поверхностное орошение - наиболее широко распространенный метод орошения, используемый в настоящее время. Более 90% поливных земель в мире (имеющих площадь 250 млн. га) орошаются этим методом. Существует классификация способов поверхностного орошения с разбивкой на группы. Выбор предпочтительного способа зависит от таких факторов, как методы возделывания сельскохозяйственных культур, климат, тип почвы, топография, наличие воды и средств ее распределения, ментальность фермеров и традиции. Наиболее важными факторами, характеризующими почву, являются структура и физические свойства: проницаемость почвы, водный поток на ее поверхности и движение внутри почвы; производительность поля и влажность завядания, а также показатели аэрации почвы. Наиболее важными климатическими факторами являются интенсивность выпадения осадков и эвапотранспирация в период вегетации. Тщательное изучение упомянутых выше факторов может содействовать получению высоких урожаев и высокого качества продукции при использовании такой технологии, которая кажется «древней».

## **МЕТОДЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРОШЕНИЯ**

### **Полив напуском по обвалованным полосам**

Орошаемое затоплением рисовое поле напоминает широкую борозду (4-18 м) с валиками по бокам; уклон по ширине - нулевой, а продольный уклон не превышает 1%. Открывая затвор в верхней части поля или приводя в действие сифоны, можно заполнить поле водой из канала или борозды. Данный метод годится лишь для определенных топографических структур, он требует выравнивания поля и большого расхода воды. Увлажнение поля в течение короткого периода времени предотвращает потери воды ниже глубины корнеобитаемой зоны. Эффективность системы следует проверять полевыми испытаниями (определяя движение фронта воды - прямого и возвратного - в функции времени). Подобный метод позволяет орошать поля, на которых выращиваются рис, бананы, люцерна и другие полевые культуры.

### **Планируемые полосы между контурными линиями**

Речь идет о методе, подобном методу полива по обвалованным полосам, с тем отличием, что стенки представляют собой контурные линии, как показано на Рис. 1.

### **Полив по бороздам**

Распределение воды на поле осуществляется с помощью узких канав; каждая канава подает воду к одному или двум рядам растений. Достижение высокой эффективности полива требует увлажнения в два этапа. На первом этапе вода подается быстро и с большим расходом, чтобы увлажнить поверхность почвы по всей борозде. Второй этап предусматривает подачу меньшего количества воды в течение более длительного периода времени с целью увлажнения почвы на глубине корнеобитаемой зоны.

Рис.1. Методы орошения ровных участков

1. Головной канал; 2. Дамба; 3. Полоса; 4. Затвор; 5. Чековый валик; 6. Валик уровня; 7. Контурный валик; 8. Головной трубопровод; 9. Безуклонная борозда

## **СВОЙСТВА ПОЧВЫ**

### **Механический состав почвы**

Чтобы добиться максимальной эффективности полива, следует учитывать свойства почвы. Почва образуется в процессе разрушения скальных пород и представляет собой скопление мелких частиц. Она сохраняет свою комковатость и пористость. Частицы имеют различные размеры. Классификация почв соответствует международным нормативным материалам.

**Таблица 1. Классификация почв и размеры частиц**

<b>Фракция</b>	<b>Размер в мм</b>
Глина	менее 0,002
Пыль	0,002-0,05*
Мелкий песок	0,05*-0,2
Крупный песок	0,2-2,0

\* Согласно **Американским** нормативам для механического состава почвы диапазон размеров мелкого песка должен быть в пределах 0,05-0,2 мм.

**Международные** нормативы дают диапазон 0,02-0,2 мм.

Рис.2. Наглядное представление частиц почвы различного размера (Американские нормативы)

1. Глина; 2. Пыль; 3. Мелкий песок; 4. Грубый песок; 5. Гравий; 6. Размер частиц (мм)

Различные виды почв состоят из фракций с частицами различных размеров, соотношение которых меняется в зависимости от вида почвы. Механический состав почвы определяет классификацию: почвы с высоким содержанием крупных частиц определяются как легкие, а почвы с высоким содержанием частиц глины - как тяжелые. Классификация подразделяет почвы на 12 типов, имеющих наименования в соответствии с соотношением различных фракций. Механический состав почвы оказывает влияние на соотношение содержания воды и воздуха в почве. Тяжелые почвы с высоким содержанием мелких частиц имеют высокую водоудерживающую способность, а при малых значениях нормы осушения поверхностный сток становится большим, а аэрация - недостаточной. В легких почвах с высоким содержанием крупных частиц аэрация будет удовлетворительной, зато водоудерживающая способность - низкой. Данная система классификации представлена на Рис.3, где изображен «Треугольник для определения механического состава почвы».

Рис.3. Треугольник для определения механического состава почвы  
 1.Песок; 2.Супесь; 3.Опесчаненный суглинок; 4.ПЫЛЬ; 5.Суглинок;  
 6.Опесчаненный иловатый суглинок; 7.Песчаная глина; 8.Иловатый суглинок;  
 9.Пылевато-иловый суглинок; 10.Пылеватая глина; 11.ГЛИНА; 12.Тяжелая глина

Рис.4. Легкая почва      Рис.5. Тяжелая почва  
 1.Поры; 2.Крупная частица; 3.Мелкие частицы

## **ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПОЧВЫ И ВОДЫ**

### **Насыщение**

Попадая на поверхность почвы во время дождя или при орошении - дождеванием или поверхностном, - вода проникает в почву и просачивается под действием силы тяжести. В определенный момент времени почва оказывается насыщенной водой - большая часть ее пор заполняется водой.

### **Полевая влагоемкость**

После того, как прекратился дождь или наступил перерыв в процессе полива, какая-то часть воды продолжает просачиваться вниз под действием силы тяжести. Длительность такого движения зависит от структуры, механического состава и других свойств почвы. Вытекающая из крупных пор вода освобождает место для воздуха.

### **Потеря почвенной влаги**

Вода испаряется с поверхности почвы и поглощается растениями, в результате чего накопленные запасы воды постепенно истощаются.



### Влажность завядания

Содержание почвенной влаги, при котором растения оказываются неспособны поглощать воду и не в состоянии восстановить свой тургор, выраженное в процентном содержании в почве - весовом или объемном, - определяется как влажность устойчивого завядания.

Рис.6. Водный режим почвы

1.Насыщение; 2.Вода; 3.Воздух; 4.Полевая влагоемкость; 5.Влажность устойчивого завядания

### Факторы, влияющие на различия в водоаккумулирующей способности

**Климат:** температура, радиация, относительная влажность, ветровой режим и т.д.

**Растения:** характеристики корневой системы и индекс площади листьев.

Рис.7. Соотношение воды и воздуха для двух типов почв, через 12 часов после полива

1.Легкая почва; 2.Частица почвы; 3.Вода; 4.Воздух; 5.Тяжелая почва

### Доступная почвенная влага

Доступная почвенная влага - это количество влаги, представляющее собой разность между полевой влагоемкостью и влажностью завядания:

**Доступная почвенная влага = содержание влаги при значении полевой влагоемкости - содержание влаги при значении влажности завядания.**

Количество доступной почвенной влаги представляет собой часть почвенной влаги, которая может быть извлечена из почвы корнями растений. Этот показатель зависит от типа и механического состава почвы. Не рекомендуется допускать ситуацию, при которой содержание почвенной влаги достигает значения влажности завядания, так как такое может привести к повреждению растений.

**Таблица 2. Доступная почвенная влага для почв с различным механическим составом**

Доступная почвенная влага на глубине 0-100 мм. (м <sup>3</sup> /га)	
Тяжелая глина	1550
Пылевая глина	1450
Опесчаненный суглинок	1250
Песок	450

Рис.8. Доступная почвенная влага

1.Почва при полевой влагоемкости; 2.Доступная для растения влага;  
3.Почвенная вода при полевой влагоемкости; 4.Почвенная вода при влажности завядания; 5.Почва при влажности завядания

### Определение водного режима почвы

Определение количества воды, которое необходимо подавать при поливе, можно осуществить одним из перечисленных способов.

**Климатические показатели** соотносятся с показателями эвапотранспирации растения. Широко распространена практика измерения скорости (интенсивности) испарения воды из **испарительного сосуда класса А**. Суточное потребление воды для данной культуры можно получить путем умножения измеренного потребления в мм/сутки на коэффициент данной культуры.

Другой метод этой группы предусматривает определение потребности культуры в воде по формуле Пенмана; производится измерение температуры, солнечной радиации, скорости ветра и т.д., после чего оценивается потенциал эвапотранспирации.

Наиболее распространенным методом является практическое измерение содержания почвенной влаги. Измерение может производиться непосредственно **гравиметрическим** методом.

С помощью почвенного бура отбираются почвенные образцы. Их направляют в лабораторию, где каждый образец взвешивается и затем просушивается в течение 24 часов в сушильной печи при температуре 105 °С, после чего производится повторное взвешивание. Разница в весе до и после сушки представляет собой количество воды, содержащейся в почве. Содержание воды определяется как процент от **сухого** веса образца почвы. Если необходимо определить объемный процент воды, что представляется более актуальным при расчетах, связанных с поливом, весовой процент умножается на насыпную плотность.

Рис.9. Последовательность определения содержания почвенной влаги гравиметрическим методом (с использованием сушильной печи)

1.Весы; 2.Сушильная печь; 3.Почвенный бур

Еще один полезный инструмент для определения содержания влаги в почве - тензиометр. Прибор содержит керамическую чашку, трубку с водой и манометр (вакуумметр), закрепленный в непосредственной близости от воды в трубке. Натяженность почвенной влаги поддерживается в равновесном состоянии с натяженностью воды в трубке на глубине керамической чашки. Вода в мелких порах керамической чашки контактирует с почвенной водой. По манометру считывается натяженность почвенной влаги вблизи керамической чашки.

Рис.10. Тензиометры

При увеличении натяженности почвенной воды вода вытесняется из тензиометра через керамическую чашку. Увеличение внутренней натяженности в трубке приведет к перемещению деформируемой спиральной пружины механического манометра или ртутного столба в ртутном тензиометре.

Осмотический потенциал почвенного раствора не оказывает влияния на показания тензиометров, так как соли могут перемещаться внутрь керамической чашки и выходить из нее беспрепятственно. Приборы измеряют только потенциал почвенной основы, и в интервале влажности может быть получена хорошая точность.

Тензиометры имеют свои недостатки: измерения осуществляются только в определенной точке (по месту); малое время реакции; рабочий диапазон ограничивается пределами между насыщением и примерно -70 сантибар. Тензиометры нельзя использовать для измерения параметров влажности в относительно сухих почвах. Пузырьки воздуха, которые могут проникать при этом в прибор, искажают его показания.

Тензиометры требуют периодического ухода; после сухих периодов в них необходимо добавлять воду. При ухудшении контакта керамической чашки с почвой тензиометр перестает реагировать на изменения влажности почвы.

Тензиометр не производит непосредственного измерения влажности почвы. Он измеряет натяженность почвенной воды в единицах давления - сантибарах или кРа. Необходимо производить пересчет показаний натяженности в процентное значение влажности почвы.

Существуют более совершенные приборы для определения влажности почвы. Нейтронный датчик используется главным образом в исследовательской работе; этот прибор весьма дорог, а его калибровка слишком сложна для простого фермера. В настоящее время в полупромышленном масштабе используются емкостные датчики.

### **СКОРОСТЬ ВПИТЫВАНИЯ ВОДЫ В ПОЧВУ (СВП)**

Скорость впитывания воды в почву (скорость инфильтрации) - базовый параметр для проектирования и эксплуатации оросительных систем. По этому показателю можно судить о том, насколько быстро вода проникает в почву. Единица СВП - мм/ч. Скорость впитывания обычно уменьшается в течение межполивного периода. В глинистой или пылевой почве она резко уменьшается во время полива.

В первые полчаса скорость составляет 20 мм/ч.

Через час: 12 мм/ч.

Через 2 часа: 8 мм/ч.

Через 3 часа: 5 мм/ч, а через 4 часа - 4 мм/ч.

Уплотнение почвы при механизированной обработке приводит к снижению скорости впитывания в поливной сезон.

### **Таблица 3. Типичные значения скорости инфильтрации (впитывания)**

<b>Тип почвы</b>	<b>Скорость устойчивой инфильтрации (мм/ч)</b>
Песок	более 20
Суглинок	10-20
Глина	5-10
Глина, насыщенная натрием	1-5

Рис.11. Изменение инфильтрации по времени  
1.Мин; 2.Глина; 3.Опесчаненный суглинок

Приведенная выше таблица содержит данные о скорости инфильтрации для почв четырех типов.

На диаграмме показаны изменения скорости по времени для двух типов почвы. Скорость впитывания воды (СВП) для опесчаненного суглинка в начале равна 68 мм/ч, а спустя 90 минут стабилизируется примерно при 25 мм/ч. Значение СВП глинистых почв снижается с 50 мм/ч до 0 на протяжении 30 минут .

Выше была проиллюстрирована зависимость значений скорости от типа почв. Скорость впитывания зависит и от других переменных, таких как структура почвы, способы культивации, содержание органических веществ в почве и ее засоленность; при изменении этих параметров изменяется и скорость. Поэтому этот показатель необходимо применять лишь в качестве приближенного. Там, где это возможно, следует проводить полевые испытания для определения фактических значений скорости впитывания в стабильном состоянии, которое носит ярко выраженный местный характер.

### **Определение СВП**

Значения СВП определяются различными методами. Один из них состоит в определении скорости впитывания в небольшом сосуде. Сотрудник Калифорнийского университета (Davis) Марр предложил другой метод (см. иллюстрацию).

Рис.12. Измерение скорости впитывания «методом затопления»

1.Установка инфильтрометра с цилиндрическим кольцом; 2.Измерение скорости впитывания в небольшом сосуде

### **Определение СВП по методу Марра (с использованием канавок)**

Кольца устанавливаются в канавки, по которым течет вода. Показатель СВП измеряется с помощью рулетки для нескольких положений кольца.

### **Определение скорости впитывания методом затопления**

Кольцо (труба) диаметром 20 см устанавливается в почве на глубине 30 см таким образом, чтобы оно выступало над поверхностью примерно на 5-10 см.

Содержание влаги должно соответствовать преобладающим почвенным условиям до начала полива.

На первом этапе проверок (1, 2, 5, 10 мин) скорость впитывания измеряют, наливая воду из большого градуированного цилиндра, содержащего 2 л воды, на поверхность почвы внутри кольца; при этом находят начальную скорость впитывания. Примерно через 10 мин после начала испытаний скорость впитывания снижается, и тогда на верхнюю поверхность кольца устанавливается перевернутая воронка с градуированной шейкой (бюретка) и ставится сосуд для воды для поддержания постоянного тонкого слоя воды над поверхностью почвы. Производя периодические дискретные измерения уровня воды в бюретке, можно точно найти количество воды (в мл), проникающей в почву. Такой метод удобен для средних и тяжелых почв с равномерным профилем.

#### Метод измерения в небольшом сосуде

Скорость впитывания можно определять, используя небольшой сосуд размерами 60x60 см или 100x100см. Сосуд медленно заполняется водой, и скорость понижения уровня воды, представляющая скорость впитывания воды почвой, измеряется с помощью линейки, как показано на Рис.12. Важно обеспечить, чтобы поверхность почвы внутри сосуда оставалась ненарушенной в процессе образования; при этом сосуд будет имитировать нетронутую поверхность почвы. Период измерения разделяется на два этапа. Первый - это время, необходимое для достижения состояния равновесия, при котором скорость впитывания становится устойчивой. На втором этапе вода впитывается в почву неравномерно.

**Таблица 4. Показатели инфильтрации и коэффициент фильтрации для различных типов почв**

Инфильтрационная способность	Коэффициент фильтрации, мм/ч	Примечания
Нулевая инфильтрация	менее 0,025	Уплотненная почва, без дренажа
Очень медленная инфильтрация	0,025-0,25	Почва непригодна для дренажа; проблема засоренности почвы
Медленная инфильтрация	0,25-2,5	Медл. инфильтр. допускает аэрацию, необх. для развит. корн. системы
Умеренная инфильтрация	2,5-25	Достат. инфильтр.; почва с хорошим дренажом;

Быстрая инфильтрация	25-250	Скор. инфильтр., хорошая аэрация характерная для легкой почвы
Очень быстрая инфильтрация	более 250	Характерна для песчаных дюн

#### Источник:

Смит и Браунинг: «Определение коэффициента фильтрации в лабораторных условиях».

(Smith and Browning: Determination of hydraulic conductivity in the laboratory.)

С.Дасберг (ARO), Ф.Хойзенберг и О.Крамер (Irrigation & Soil Field Service) предложили усовершенствованный метод измерения. Он проиллюстрирован на приведенном ниже рисунке.

#### Рис.13. Измерение скорости инфильтрации методом затопления

1.Алюминиевая труба 8" (20 мм); 2.Мерный цилиндр 3.Впускная воздушная труба для поддержания постоянного давления воды; 4.Пластмассовая воронка; 5.Зажим; 6.Сосуд с водой; 7.Резиновая трубка; 8.Поверхность почвы; 9.Измерение скорости инфильтрации методом затопления а)первые минуты; б)непрерывное измерение

Такая схема обеспечивает удобство определения скорости инфильтрации воды методом затопления.

а. Схема для измерения скорости инфильтрации в начале орошения.

б. Схема для измерения скорости инфильтрации после ее стабилизации.

Интенсивность дождя при использовании систем орошения дождеванием ни в коем случае не должна превышать скорости поглощения воды. В противном случае возможно переувлажнение, а в результате стока может произойти эрозия верхнего слоя почвы. Полученные данные следует принимать во внимание при выборе типа капельниц (эмиттеров) и их расхода, а также при конструировании и выборе компоновки дождевальных аппаратов (распылителей), в поле и составлении графика орошения.

#### Измерение СВП с помощью разбрызгивателей

В зоне, где установлены кольца диаметром 30-50 см, утопленные в почву на несколько сантиметров, производится орошение всей площади разбрызгивателями с известной поливной нормой. Перемещение воды по поверхности почвы ограничивается кольцом. Избыток воды, не поглощенный почвой внутри кольца, стекает в калиброванный цилиндр большого размера, погруженный в почву снаружи кольца. Измерение скорости инфильтрации должно начинаться с началом стекания воды в цилиндр. Установив количество воды, подаваемой внутрь кольца ( $Q_1$ ) в единицу времени, и количество

накопившейся в цилиндре воды ( $Q_2$ ), можно будет рассчитать количество воды ( $Q_1 - Q_2$ ), попавшей внутрь кольца за это время.

«Метод измерения с помощью разбрызгивателей» наилучшим образом подходит для определения значений СВП при орошении дождеванием, поскольку здесь есть аналогия с воздействием капель воды на процесс образования корки на поверхности почвы.

Рис.14. «Измерение СВП с помощью разбрызгивателей»

1.Кольцо, окружающее зону измерения; 2.Поверхность почвы;  
3.Разбрызгиватель; 4.Мерный цилиндр для сбора стока из зоны внутри кольца

## ОРОШЕНИЕ ДОЖДЕВАНИЕМ

Дождевальные аппараты (разбрызгиватели) появились в начале XX столетия. Это были эмиттеры - устройства, подававшие воду под давлением для полива декоративных садов. Позднее такие устройства были приспособлены для полива полевых культур, плантаций и растений в парниках.

Орошение дождеванием приобрело более широкие размеры после второй мировой войны. Тогда промышленность начала производить недорогой алюминий в качестве изделия широкого потребления и, кроме того, начала ощущаться нехватка ровных участков земли, которые можно было поливать без применения аппаратов для подачи воды под давлением. Орошение дождеванием позволяет одновременно использовать большое число дождевальных крыльев с разбрызгивателями; при этом облегчается точное измерение расхода воды и регулирование скорости полива в зависимости от скорости впитывания воды почвой.

### Преимущества:

- Орошение дождеванием может применяться при разнообразных топографических условиях, на неровных участках и крутых склонах, не позволяющих использовать поверхностное орошение.
- Широкий выбор эмиттеров и насадок облегчает регулировку интенсивности полива в зависимости от скорости впитывания воды.
- Равномерное распределение воды в поле, что обеспечивает высокую эффективность ее использования.
- Легкость и простота работы; быстрая подготовка операторов.
- Точное измерение расхода воды.
- Высокая мобильность всей системы орошения при переходах с одного поля на другое.
- Использование позиционных систем сводит к минимуму трудозатраты.
- Возможность частого полива с небольшим расходом воды для содействия прорастанию, охлаждению, защите от заморозков и т.д.
- Замкнутая система подачи воды предотвращает загрязнение поливной воды в процессе перемещения и снижает вероятность засорения эмиттеров.

- Удобство смешивания удобрений с поливной водой.
- Легкость и удобство использования систем контроля орошения с компьютером.

### **Недостатки:**

- Высокие начальные капиталовложения.
- Дополнительные затраты на энергию, потребляемую для создания давления воды.
- Чувствительность к ветровому режиму.
- Потери воды за счет испарения с поверхности почвы и растительного покрова (полога), в случае увлажнения.
- Стимулирование заболеваний листьев при надкрановом орошении.
- Проблемы, связанные с накоплением соли на увлажненном пологе при надкрановом орошении.
- Ожог листьев и смыв пестицидов с полога при надкрановом орошении.
- Неблагоприятное влияние орошения на различные виды работ на ферме, такие как вспашка, опрыскивание, уборка урожая и т.д.
- Проблемы, связанные с образованием корки на поверхности почвы, и повышенный смыв.
- Потери воды на границах участка.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**Давление:** отношение силы, действующей на поверхность, к площади этой поверхности; единицы - кг/см<sup>2</sup>, бар или атмосфера.

**Напор воды:** давление в основании водяного столба; единица - м. Напор воды в основании водяного столба высотой 10 м составляет 10 м=1 атм (ок. 1 бар).

**Количество воды:** измеряется в объемных единицах. В метрической системе приняты единицы литр (л) и кубический метр (м<sup>3</sup>) (1000 л=1 м<sup>3</sup>) .

**Расход воды (подача):** объем воды, перемещаемой через определенное сечение в единицу времени. Единица в метрической системе: м<sup>3</sup>/ч или л/ч.

**Диаметр круга увлажнения:** диаметр круга на поверхности почвы, увлажнение в котором производится определенным разбрызгивателем. Диаметр равен удвоенному радиусу действия разбрызгивателя. Единица измерения - метр (м).

**Расстояние между разбрызгивателями (шаг):** расстояние между разбрызгивателями по длине трубопроводов (дождевальных крыльев) с распылителями и между ними. Пример: 12 м x 18 м.

Рис.15. Расстояние между разбрызгивателями

1. Прямоугольное расположение;
2. Диагональное расположение;
3. Длина;
4. Ширина



**Интенсивность дождя:** сила, с которой капли воды воздействуют на почву во время дождевания. Интенсивность зависит от числа капель, их размера, скорости и угла удара капли дождя при попадании на поверхность почвы. Интенсивность выражается в качественных показателях: высокая, средняя, низкая.

Рис.16. Интенсивность полива (дождя)

1.Высокая интенсивность - крупные капли; 2.Низкая интенсивность - мелкие капли

**Расход при поливе (поливная норма):** количество воды, подаваемое на единицу площади в единицу времени:  $1 \text{ мм/ч} = 1 \text{ м}^3 \text{ на } 0,1 \text{ га в час}$ .

**Межполивной период:** промежуток времени между двумя операциями полива, т.е. между началом одного цикла полива и началом следующего цикла.

**Продолжительность цикла полива:** промежуток времени от начала до завершения одной операции полива на определенном участке.

**Скорость ветра:** единица скорости - метр в секунду (м/сек).

Рис.17. Влияние ветра на равномерность распределения воды

1.При отсутствии ветра - равномерное распределение; 2.Влияние ветра - неравномерное распределение.

**Номинальный диаметр трубы:** диаметр трубы (стальной или асбестоцементной) до 10" - это внутренний диаметр в дюймах (1 дюйм=25,4 мм). Для труб большего диаметра, а также для труб из алюминия и пластмасс указывается наружный диаметр: в дюймах - для алюминиевых труб и в миллиметрах - для труб из пластмасс.

## ТИПЫ РАЗБРЫЗГИВАТЕЛЕЙ

Детали разбрызгивателей изготавливаются из металлов и пластических материалов. Разбрызгиватели устанавливаются на металлических или пластмассовых стояках различной высоты, в соответствии с применяемой технологией полива и высотой растений.

Классификация разбрызгивателей производится в зависимости от их функции, схемы работы, рабочего давления, расхода, материалов, из которых изготовлены детали, и т.д.

### Схема работы (тип привода)

Разбрызгиватели работают от давления воды. Водяная струя, испускаемая из насадки, приводит в действие подвижный элемент разбрызгивателя.

**Ударный возвратно-поворотный разбрызгиватель:** водяная струя, выходящая из насадки, ударяет по рычагу коромысла, перемещая деталь в направлении против часовой стрелки. Пружина возвращает коромысло в

исходное положение. В результате его удара о корпус разбрызгивателя происходит поворот последнего в противоположном направлении. Разбрызгиватели такого типа могут иметь одну, две или три насадки. Изготавливаются различные модификации разбрызгивателей. Их применяют для орошения дождеванием полевых культур и садов; угол выброса струи составляет  $30^\circ$ . Для подкоронового орошения садов рекомендуется выбирать угол выброса струи в пределах  $4-7^\circ$ . Вначале детали разбрызгивателей изготавливались из металла, но позднее предпочтение стали отдавать пластмассам. Износ подвижных деталей и насадок, изготовленных из пластмассы, значительно ниже износа металлических деталей. Ударные возвратно-поворотные разбрызгиватели надежны в работе, однако для обеспечения этого необходимо строго соблюдать график регулярного обслуживания.

**Турбинный разбрызгиватель с коромыслом:** водяная струя вызывает перемещение колеса с канавками, ударяющее по коромыслу. Удар коромысла приводит к вращению разбрызгивателя. Детали турбинных разбрызгивателей изготавливают из пластмасс; их применяют для орошения полевых и садовых культур. Орошение ведется при низких расходах.

Рис.18. Ударный возвратно-поворотный разбрызгиватель

Рис.19. Турбинный разбрызгиватель с коромыслом

**Гигантские дождевальные аппараты (дальноструйные)** представляют собой большие разбрызгиватели с коромыслом; их детали выполнены из латуни, число насадок или две или три. Рабочее давление - высокое (4-8 бар). Диапазон расхода у таких дождевальных аппаратов лежит в пределах  $6-60 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Их применяют для полива кормовых и полевых культур при использовании позиционных установок либо в качестве передвижных дождевальных аппаратов «автономного» типа.

Большинство разбрызгивателей с коромыслом являются устройствами секторного полива; они способны подавать воду лишь на часть круга увлажнения.

Рис.20. Гигантский дождевальный аппарат

**Выдвижные («стреляющие») разбрызгиватели** - широко применяются для полива лужаек. Разбрызгиватель «выстреливает» в начале полива, а после отключения возвращается в исходное положение - в корпус, находящийся ниже уровня почвы; там он остается в положении готовности до начала следующего цикла полива. Благодаря этому возможно беспрепятственное пользование лужайками, парками и площадками для игры в гольф, равно как и работа газонокосилок. Существует широкий выбор разбрызгивателей такого типа; выпускаются разбрызгиватели секторного полива и поднимающиеся устройства различной высоты.

Рис.21. «Стреляющий» разбрызгиватель

Рис.22. Использование «стреляющего» разбрызгивателя для полива лужайки

**Позиционные разбрызгиватели** с деталями из латуни или жестких пластмасс. Они не имеют подвижных частей. Разбрызгиватели такого типа используются главным образом в садах. Выпускаются разбрызгиватели секторного и кругового полива. Диапазон (дальность) - меньше, чем у разбрызгивателей кругового полива.

Рис.23. Позиционный разбрызгиватель

Рис.24. Регулируемый позиционный разбрызгиватель

Каталоги изготовителей содержат основные сведения о технических характеристиках и работе разбрызгивателей. В них указывается расход ( $Q$ ) и эффективный диаметр круга увлажнения ( $D$ ) для диапазона допускаемых значений рабочего давления ( $P$ ). Кроме того, в каталогах даются рекомендации по выбору расстояний между разбрызгивателями, расходе и равномерности полива.

#### **Детали ударного возвратно-поворотного разбрызгивателя**

**Основание:** соединение со стояком имеет внутреннюю или наружную резьбу, диапазон диаметров 0,5"–3" (12,7-76,2 мм).

**Трубка:** вставляется в основание и соединяется с корпусом разбрызгивателя. Между основанием и трубкой располагаются 1-3 уплотнения, выполняющие роль подшипников; они обеспечивают более плавное вращение разбрызгивателя и сведение к минимуму износа в результате трения между трубкой и основанием.

**Механизм защиты от попадания песка:** содержит пружину сжатия и наружную пластмассовую втулку, которая препятствует попаданию песка и гравия снаружи.

**Корпус:** служит для установки корпусных деталей, в которых располагаются насадки, а также подвижные части разбрызгивателя. В «Разбрызгивателе мостового типа» пружина крепится в установочном корпусе, тогда как в «Разбрызгивателе розеточного типа» она не крепится к корпусу.

**Пружина:** содействует вращению разбрызгивателя, возвращая рычаг коромысла, приводимого в действие струей воды, выходящей из насадки. В «Разбрызгивателе розеточного типа» усилие пружины можно регулировать в соответствии с размером насадки и напором воды. Пружины обычно изготавливаются из меди; в случаях, когда используется очищенная вода, рекомендуется применять пружины из нержавеющей стали.

#### **Перечень деталей**

- 1.Вал коромысла
- 2.Втулка коромысла

- 3. Пружина растяжения
- 4. Коромысло
- 7. Корпус
- 8. Втулка
- 11. Пружина сжатия
- 14. Основание соединительного элемента
- 15. Трубка соединительного элемента
- 16. Уплотнительная шайба
- 17. Тефлоновая «смазывающая» шайба
- 25. Крышка
- 28. Сопло
- 32. Распылительный наконечник (2,5 мм)
- 33. Пробка

Рис.25. Детали разбрызгивателя

**Рычаг ударника:** обеспечивает вращение разбрызгивателя, улучшая распределение воды в соответствии с числом ударов (30-60 в мин). Существует два типа рычагов ударника.

1. Лопатка: жесткий рычаг без подвижных элементов, используется при работе со средними и высокими давлениями.

2. Привод двойного действия (клиновый). Пластмассовый клин насажен на валу на конце рычага. Используется при работе с низкими давлениями, при малом диаметре круга увлажнения; возможен выход из строя.

**Буфер:** снижает до минимума износ корпуса, вызываемый ударами рычага, и служит в качестве направляющей для рычага.

Рис.26. Привод с лопаткой

Рис.27. Привод двойного действия с клином

Рис.28. Разбрызгиватель секторного полива

**«Разбрызгиватели мостового типа»:** у некоторых типов разбрызгивателей коромысло соединяется с корпусом с помощью вала, закрепленного на «мосту» между двумя вертикальными опорами. Вращение разбрызгивателя обеспечивается при ударах рычага по одной из опор. Возвратная пружина насажена на вал.

**«Разбрызгиватели розеточного типа»:** существуют разбрызгиватели без мостового элемента. Пружина закреплена в положении выше коромысла с помощью розетки - пластмассовой или керамической. В морозы или при работе в условиях повышенной запыленности защиту пружины осуществляет пластмассовая крышка.

Рис.29. «Разбрызгиватель мостового типа»

Рис.30. «Разбрызгиватель розеточного типа»

Рис.31. Защищенный «Разбрызгиватель розеточного типа»

## Насадки

Разбрызгиватель может иметь одну, две или три насадки. Их тип и размер будут определять расход, равномерность распределения и размеры капель. Насадки могут изнашиваться, что приводит к изменению расхода и схемы распределения воды. Так, если орошающая вода содержит песок, обладающий абразивным воздействием, это приведет к увеличению диаметра отверстия насадки и, соответственно, расхода; кроме того, может произойти изменение распределения воды. Пластмассовые насадки более устойчивы к износу за счет истирания, чем металлические.

Существуют различные типы насадок. Насадка круглого сечения обычно предназначена для получения длинной струи, а насадка эллиптического или полукруглого сечения - короткой. Максимальная дальность достигается при направлении струи под углом  $30^\circ$  по отношению к поверхности почвы; при подкрановом орошении предпочтение отдается значениям углов  $4^\circ$  и  $7^\circ$ . Размер насадки выражается в миллиметрах. Ввиду того, что существуют насадки с сечениями, отличными от круглого, указываемые размеры могут представлять собой номинальный размер, эквивалентный размеру насадки круглого сечения с таким же расходом. Размер насадки обычно штампуются на ее наружной поверхности. Для маркировки пластмассовых насадок принято использовать цветовые обозначения.

Рис.32. Типы насадок

- 1.Эксцентричная насадка; 2.Насадка для образования длинной струи;
- 3.Гнездовая насадка

Расход через насадку ( $Q$ ) зависит от напора воды, диаметра насадки и ее коэффициента трения.

$$Q = v_p x d^2 x 12,5 C, \text{ где}$$

$Q$  - подача воды через насадку (расход), в литрах в час (л/ч) .

$P$  - напор воды в м.

$D$  - номинальный диаметр насадки в мм.

$C$  - коэффициент трения. Для насадок малого диаметра, до 5,5 мм  $C=0,95$ .

Для насадок среднего диаметра 5,5-8 мм  $C=0,9$ .

Для насадок большого диаметра  $C=0,85$ .

Для конкретной насадки расход, зависящий от давления, определяется по формуле:

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

$Q_1$  - расход при напоре  $P_1$  .

**$Q_2$  - расход при напоре  $P_2$  .**

### **Угол струи**

Угол, под которым подается струя воды из насадки, определяет дальность (диапазон), чувствительность к ветру и равномерность распределения воды. При больших значениях угла - до  $45^\circ$  - достигается больший диапазон, однако увеличивается и чувствительность к ветру. При поливе полевых культур принято использовать угол  $30^\circ$ , тогда как для подкранового орошения во фруктовых садах преобладают значения угла  $4-7^\circ$  .

Рис.33. Углы струи

1. Угол  $30^\circ$

### **Назначение разбрызгивателей различных типов**

– **Разбрызгиватели общего назначения:** орошение дождеванием полевых культур, кормовых культур и овощей - угол струи  $30^\circ$ , одна или две насадки.

– **Подкрановое орошение:** используются в садах, угол струи  $4-7^\circ$ . В эту группу входят подкрановые разбрызгиватели с коромыслом, турбинные разбрызгиватели с коромыслом и вращающиеся разбрызгиватели, миниразбрызгиватели, микроразбрызгиватели и микроструйные аппараты - опрыскиватели и центробежные.

– **Гигантские дождевальные аппараты** - дальноструйные (пушки): используются для полива зерновых и кормовых культур в качестве автономных установок, на дождевальных крыльях, перемещаемых вручную или устанавливаемых на самоходных платформах.

– **Разбрызгиватели секторного полива:** устанавливаются на концах крыльев и на границах участков; позволяют избежать потерь воды за пределами участков и смачивания дорог.

– **Регулируемые разбрызгиватели:** существуют разбрызгиватели с компенсацией давления и с регулированием расхода. Имеют более простую конструкцию и допускают эксплуатацию в сложных топографических условиях.

– **«Стреляющие» разбрызгиватели:** используются для полива лужаек, садов и площадок для игры в гольф.

### **Расход воды для разбрызгивателей**

– **Низкий расход:** 20-500 л/ч. Используются в различных садах и парниках.

– **Средний расход:** 500-5000 л/ч. Используются главным образом для орошения дождеванием фруктовых садов, полевых культур, кормовых культур и овощей.

– **Высокий расход:** Более 5 м<sup>3</sup>/ч. Используются при значительных расстояниях между объектами и в механизированных поливных устройствах (машинах).

### Давление (напор)

– **Низкое давление:** до 2 бар (20 м). Микроструйные разбрызгиватели, микроразбрызгиватели, миниразбрызгиватели, вращающиеся разбрызгиватели и турбинные разбрызгиватели с коромыслом.

– **Среднее давление:** 2-5 бар (20-50 м). Ударные возвратно-поворотные разбрызгиватели

– **Высокое давление:** Выше 5 бар (50 м). Ударные возвратно-поворотные разбрызгиватели, большие и гигантские.

### ВЫБОР РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ РАЗБРЫЗГИВАТЕЛЯМИ И ИХ ТИПА. РАБОТА

Есть несколько базовых факторов, которые необходимо учитывать при выборе разбрызгивателей в зависимости от конкретных рабочих условий:

- Расход и диаметр круга увлажнения при различных значениях давления.
- Допустимый диапазон давлений и рекомендуемое расстояние между эмиттерами.
- Расстояние между растениями.
- Скорость впитывания воды в почву. Скорость полива (расход) должна быть ниже скорости впитывания воды.
- Ветровой режим на протяжении сезона полива.
- Качество воды.

#### Расход разбрызгивателя (л/ч)

**Поливная норма (мм/ч) = Расст. между разбрызгивателями (мхм)**

При выборе типа разбрызгивателей и расстояния между ними следует учитывать значение скорости ветра на участке. При увеличении скорости ветра расстояние должно быть меньшим.

Ветровой режим (скорость, м/с):

Безветрие 0-1,0

Ветер средней силы 1,0-2,5

Сильный ветер 2,5-4,0

Очень сильный ветер более 4,0. Не рекомендуется надкрановое орошение.

**Таблица 5. Рекомендации по выбору расположения разбрызгивателей**

Расположение м/с	Скорость ветра, диам. круга увлажнения	Расстояние, %
---------------------	---	---------------

Прямоугольное	Безветрие	60	
	2		50
	3, 5		40
	Более 3,5	30	
Диагональное	Безветрие	65	
	2		55
	3, 5		45
	Более 3,5	30	

Расположение разбрызгивателей в шахматном порядке позволяет увеличить расстояния между ними при наличии ветра.

## МИКРОИРРИГАЦИЯ

Термин «микроирригация» (микроорошение) относится к методам орошения с использованием водяных эмиттеров с очень малыми отверстиями, работающими с небольшими расходами. Не существует реального различия между разбрызгивателями для обычного полива и эмиттерами, которые используются для микроирригации; тем не менее, эмиттеры, расход которых ниже 200 л/ч, можно классифицировать как микроэмиттеры. Под определение «эмиттеры для микроирригации» подпадают микроразбрызгиватели, струйные микроразбрызгиватели, вихревые эмиттеры, распылители и капельницы-дождеватели. (Вопросы **капельного орошения** в данной брошюре не рассматриваются).

Методы микроирригации (исключая капельное орошение) предназначены в основном для фруктовых садов. Они отличаются от методов орошения дождеванием полевых культур и овощей. В последнем случае желательным результатом является равномерное распределение подаваемой воды (как при дожде) по всей орошаемой территории. В случае полива фруктовых садов нельзя обеспечить полный охват и равномерное распределение воды, и в этом нет необходимости. При поливе фруктовых садов ставится иная цель - равномерная подача воды к каждому дереву и распределение воды в соответствии с расположением корневой системы в почве.

В настоящее время практикуют полив фруктовых садов с использованием дождевателей-разбрызгивателей. В таких случаях применяются разбрызгиватели того же типа, что и при поливе полевых культур, в особенности когда необходимо защитить растения от заморозков и сильной жары. Совершенно понятно, что в садах невозможно обеспечить равномерное распределение воды на поверхности почвы - этому мешает крона деревьев. Орошение дождеванием в фруктовых садах считается предпочтительным в случаях, когда при выборе методов полива задача защиты от мороза является важным фактором; в то же время следует отметить, что орошение дождеванием фруктовых садов имеет много недостатков. Смыв пестицидов с полога затрудняет борьбу с вредителями; кроме того, повышается заболеваемость листьев и плодов. Потребление энергии при надкroновом орошении - выше, чем при подкroновом орошении.



Ввиду сказанного выше преобладающим методом напорного полива фруктовых садов является подкрановое орошение с использованием разбрызгивателей малого объема с малым углом струи, мини- и микроразбрызгивателей, а также микроструйных разбрызгивателей, распылителей и капельниц.

Детали микроразбрызгивателей обычно изготавливают из жестких пластических материалов. Они значительно меньше по размеру и дешевле, чем обычные разбрызгиватели.

Имеются четыре главных типа эмиттеров:

- 1.Позиционные микроэмиттеры
- 2.Многоструйные эмиттеры
- 3.Вихревые эмиттеры
- 4.Микроразбрызгиватели.

Многоструйные микроэмиттеры образуют несколько струй. Они менее чувствительны к ветровому режиму, чем микрораспылители. Благодаря отсутствию движущихся деталей эмиттеры этого типа надежны в работе.

В эмиттере с качающимся отражателем вода выбрасывается из круглого отверстия и ударяет в отражатель, в результате чего происходит разбрызгивание. Эмиттер прост и надежен в работе.

Рис.34. Микроэмиттеры различных типов

В распылителях туманообразующие отражатели обеспечивают образование тонкой струи, что обеспечивает равномерное распределение воды по поверхности песчаных почв; такие устройства также обеспечивают защиту от мороза. В то же время при их использовании приходится считаться с воздействием ветра и потерями за счет испарения.

Имеется выбор конфигураций отражателей, позволяющий получить охват в пределах от 45 до 360° .

Выпускаются микроразбрызгиватели различных конфигураций. Характерной особенностью их является то, что отражатель вращается вокруг центрального вала. Благодаря этому зона орошения оказывается большей, чем при использовании микрораспылителей. В устройствах центробежного типа вращается корпус с насадками. Наличие подвижных деталей повышает чувствительность к внешним факторам, а также общий износ, что является недостатком. Кроме того, увеличивается вероятность разрушения деталей. В сезон сбора урожая порой случается, что машины для сбора плодов наезжают на эмиттеры и опоры микроразбрызгивателей, разрушая их. Штанги гербицидных опрыскивателей и машин для обработки почвы также могут повреждать эмиттеры.

Вихревые эмиттеры не имеют движущихся деталей. Вода завихряется в круглой камере, что обеспечивает небольшой расход воды, подаваемой через отверстия относительно большого диаметра; опасность засорения при этом снижается. Эмиттер этого типа позволяет увлажнять участки меньшей площади, чем эмиттеры других типов.

Большинство микроразбрызгивателей имеет модульную конструкцию. Многие детали взаимозаменяемы; выбор соответствующих деталей позволяет получать требуемые расходы, диапазоны, схемы распределения и размеры капель, в зависимости от конкретных требований. Стоимость микроразбрызгивателей - невысокая.

Рис.35. Микроразбрызгиватель на опоре

Рис.36. Микроэмиттеры модульной конструкции

1.Туманообразующий эмиттер; 2.Распылитель малого размера;  
3.Распылитель с увеличенным диапазоном; 4. Распылитель с защитой от насекомых; 5.Распылитель, подающий воду в зону, равную половине круга;  
6.Распылитель роторный, среднего диапазона; 7.Распылитель роторный, большого диапазона; 8.Распылитель с перевернутым ротором

Микроэмиттеры менее подвержены засорению, чем капельницы; если, тем не менее, засорение происходит, оно сразу же обнаруживается и легко устраняется. Существуют эмиттеры, снабженные небольшим выполненным заодно с устройством клапаном, позволяющим отключать подачу воды в процессе очистки.

Есть группа микроразбрызгивателей, которые могут засоряться яйцами и выделениями пауков, муравьев и других насекомых, а также песком, поднимающимся от поверхности грунта при попадании на нее каплей от расположенных рядом эмиттеров. Для предотвращения таких нежелательных явлений были разработаны устройства защиты от насекомых. Колпачки против муравьев и мелких насекомых, устанавливаемые на разбрызгивателях, предотвращают попадание в систему насекомых, желающих добраться до воды или построить гнездо внутри эмиттера. Пауки, попадающие в центробежные разбрызгиватели, способны вызывать заедание, выводя устройство из строя.

Если произошло засорение разбрызгивателя и неисправность не устранена своевременно, возникает опасность засыхания растений или уменьшения урожайности и качества продукции; следует иметь в виду, что во многих случаях растения орошаются только одним эмиттером.

Рис.37. Микроразбрызгиватель модульной конструкции

1.Поворотный элемент; 2.Мостик; 3.Насадка с цветовым кодированием;  
4.Противотуманный элемент с цветовым кодированием (по заказу); 5.Резьбовая головка (Брит. конич. резьба) В . S . P . 1 / 2 " или 3 / 8 " , или М-11; 6.Клапан 4 мм (Butterfly Barb); 7.Резьбовый клапан 3 / 8 " или 1 / 4 " W , или 3 / 16 "

Рис.38. Мостовой микроразбрызгиватель

Микроэмиттеры с компенсацией давления и регулированием расхода используются для орошения участков с большим уклоном. Пульсирующие камеры позволяют работать с меньшими расходами (подачами) воды. Микроразбрызгиватели весьма просты в эксплуатации и обслуживании в

сравнении с другими подобными устройствами для систем микроиригации. Кроме того, их можно применять для защиты от морозов.

Системы с микроразбрызгивателями, с другой стороны, обычно требуют более высоких расходов воды, чем системы капельного орошения - открытые и закрытые.

Микроэмиттеры, как правило, присоединяются к дождевальным крыльям с помощью микротрубок из пластмассы. Они монтируются на опорах на высоте примерно 25 см выше уровня почвы. В определенных случаях резьбовые микроэмиттеры устанавливаются на жестких стояках диаметром 1/2-3/4", либо непосредственно на крыльях. При поливе дождеванием в парниках применяются микроразбрызгиватели иной компоновки - «перевернутые».

Во многих случаях микроиригация растений в парниках применяется для повышения относительной влажности и снижения температуры окружающего воздуха. В системах устанавливаются распылители, образующие очень мелкие капли. Управление осуществляется в прерывистом режиме по сигналам автоматического измерительного устройства.

Рис.39. Различные детали

1.Ротор U . D.; 2.Ротор; 3.Верхний подшипник; 4.Насадка; 5.Многоструйный элемент 360°; 6.Распылитель; 7.Круглый элемент, малый; 8.Клапан; 9.Элемент защиты стержня; 10.Элемент защиты от насекомых

Рис.40. Компактный миниразбрызгиватель

Микроэмиттеры мостового типа обеспечивают лучшую опору для центробежного устройства, однако вертикальная часть моста приводит к образованию сухого участка за вертикальной опорой.

Рис.41. Резьбовой микроэмиттер

Рис.42. Распылитель

Микроиригация - эффективный метод полива, позволяющий обеспечить точную подачу удобрений и воды с малыми расходами в фруктовых садах. В парниках этот метод применяется в случаях, когда необходимо повысить относительную влажность и регулировать климат с помощью распылителей и опрыскивателей. Расстояние между эмиттерами должно регулироваться в зависимости от схемы распределения подаваемой воды. Данные о схемах полива приводятся в каталогах изготовителей.

## **МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ОРОШЕНИЕ**

Нехватка квалифицированной рабочей силы, быстрый переход от поверхностного орошения к напорному, плюс необходимость одновременно орошать большие площади - все это привело к возникновению метода механизированного орошения. Вначале создали метод, связанный с использованием передвижной дождевальной установки осевого перемещения

вместо систем с ручным перемещением и механизированных колесных дождевальных установок вместо аналогичных установок с ручным перемещением. Позднее были разработаны более совершенные системы: дальноструйные дождевальные установки, дождевальные машины с поливом в прямолинейном движении и в движении по кругу. Механизированное орошение выгодно применять при работе на больших участках прямоугольной формы, площадью 10-20 га на ровной местности или при небольших уклонах. Применение механизированного орошения на участках неправильной формы имеет невысокую эффективность и приводит к потерям воды.

### **Передвижная дождевальная установка осевого перемещения**

В установках этого типа используются обычные алюминиевые трубы длиной 12 м. Соединение труб осуществляется с помощью усиленных муфт, что сводит к минимуму опасность поломки в процессе буксировки. Трубы поддерживаются полозками или колесами, установленными на расстоянии 6-12 м друг от друга. Если используются более длинные трубы, в середине устанавливается стояк, что повышает устойчивость в процессе буксировки. Перемещение трубопроводов происходит в горизонтальном направлении вдоль рядов.

Рис.43. Передвижная дождевальная установка на колесах

Рис.44. Принадлежности к передвижной установке

1.Принадлежности к передвижной установке; 2.Салазки; 3.Полозок; 4.Стабилизатор; 5.Колеса; 6.Прицепной крюк; 7.Муфта с хомутом; 8.Муфта с защелкой; 9.Муфта с защелкой, двухсторонняя.

### **Колесная дождевальная установка**

В колесной дождевальной установке используются трубы диаметром 3-6" из алюминия или оцинкованной стали. Труба служит осью металлических колес радиусом 0,5-1 м. Длина дождевального крыла составляет 300-400 м, а в отдельных случаях может достигать 600 м.

Разбрызгиватели устанавливаются вдоль крыла на вращающихся соединительных устройствах, снабженных балластом, что обеспечивает вертикальное положение стояка. Ширина орошаемого участка в каждом конкретном положении зависит от технических характеристик разбрызгивателей. Обычно она находится в пределах 20-30 м. В системе устанавливаются двигатели внутреннего сгорания; привод колес при перемещении на новый орошаемый участок осуществляется с помощью приводного вала. Продолжительность цикла полива в каждой позиции - от 3 до 12 часов. После того, как расход воды достигнет установленной величины, ее подача автоматически отключается. Далее оператор включает двигатель, и система перемещается на следующую позицию, удаленную на 12-24 м.

Колесные дождевальные установки можно использовать только на участках с уклоном до 5% и для полива культур с низким пологом.

### **Дальноструйная дождевальная установка**

Установки этого типа требуют высокого рабочего давления в насадках, порядка 6-8 атм. Расход одной установки может достигать 250 м<sup>3</sup>/ч, а радиус круга увлажнения - 50 м. Вода подается с помощью гибкого шланга или жесткой трубы большого диаметра. Шланг наматывается на барабан, перемещаемый на прицепе.

Рис.45. Передвижная дальноструйная дождевальная установка

Для перемещения установки используются собственный двигатель внутреннего сгорания или источник давления воды. Существует и другая компоновка: установка монтируется на колесной тележке и перемещается с одной стороны поля на другую при помощи троса.

### **Дождевальная установка (крыло) с поливом в прямолинейном движении**

Рис.46. Дождевальное крыло с поливом в прямолинейном движении

Крыло с прямолинейным перемещением содержит трубопровод длиной 200-400 м, выполненный из оцинкованных стальных труб большого диаметра. Трубопровод монтируется на передвижных вышках на колесах. Водяные эмиттеры установлены на трубопроводе по всей длине крыла. Для привода системы в действие служат двигатели - дизельные или электрические, либо источник давления воды. Вода подается от гидрантов, установленных в поле; соединение осуществляется с помощью гибких шлангов большого диаметра или шлангов, которые тянутся за установкой. Имеются специальные соединительные устройства для подключения или отключения воды. Возможен и иной вариант подачи воды - непосредственно насосом из канала на границе поля. Регулирование подачи воды зависит от скорости перемещения установки, скорости впитывания воды почвой и расхода эмиттеров. Длина поля может быть в пределах 1000-2000 м. После того, как установка достигла конца поля, ее можно развернуть на 180° и вернуть в начальное положение по прилегающей полосе.

### **Дождевальная установка с поливом в движении по кругу**

Рис.47. Участок, орошенный установками для полива в движении по кругу (вид с самолета)

Конструкция установок этого типа подобна конструкции установок с поливом в прямолинейном движении. Однако между ними существуют три основных различия.

В установке данного типа дождевальное крыло вращается вокруг центрального элемента (опоры) подобно стрелке часов. Опора подключается к источнику воды. Использование движения по кругу приводит к тому, что различные эмиттеры осуществляют полив различных зон. Для достижения равномерности полива необходимо, чтобы расход различных эмиттеров увеличивался при приближении к периферии. Расчет необходимого расхода и шага эмиттеров ведется по специальной программе с использованием компьютера. Установки такого типа лучше всего применять для полива участков квадратной формы; при этом площадь орошаемого участка составит примерно 80% площади квадрата. Полный полив квадратных участков требует использования специальных угловых приспособлений.

Применение описанных выше аппаратов затрудняет работу системы и приводит к увеличению стоимости примерно на 25%. Установка с поливом в движении по кругу, имеющая штангу длиной 400 м, позволяет осуществить полив кругового участка площадью 50 га без угловых приспособлений; при использовании последних площадь увеличивается до 64 га.

Рис.48. Универсальная система (может применяться для полива в прямолинейном движении и в движении по кругу)

Рис.49. Главная вышка установка с поливом по кругу

В последние десять лет были созданы системы двойного назначения, позволяющие работать в режиме полива с прямолинейным движением и движением по кругу. Для изменения режима достаточно сменить узел привода и ввод воды.

Главное достоинство установок с поливом в движении по кругу - экономия трудозатрат. Благодаря тому, что дождевальное крыло вращается вокруг центральной оси, нет необходимости в перемещении системы с одной позиции на другую в процессе орошения. Системы этого типа во время поливного сезона обычно остаются на месте. Подвод воды к центральному элементу установки не связан с какими-то сложностями, что позволяет обойтись без длинных гибких шлангов или гидрантов, которые применяются в установках с поливом в прямолинейном движении.

Еще одно достоинство описываемой системы - простота в работе; электродвигатель может подключаться к источнику питания, находящемуся недалеко от места подачи воды.

Стоимость необходимой инфраструктуры: расходы на питающие сети, гидранты, средства автоматики и электропитания могут достигать 25-50% общей стоимости системы.

Применение механизированного орошения позволяет добиться экономии за счет рабочей силы. Операторы должны иметь хорошую подготовку и профессиональные знания.

## Водяные эмиттеры

Первые механизированные системы оснащались обычными разбрызгивателями высокого давления. Однако в ряде случаев не удавалось добиться равномерного распределения. Причиной этого были следующие факторы: слишком большое расстояние между эмиттерами, сток в условиях высокой нормы полива, а также воздействие капель воды на поверхность почвы. Недостатком разбрызгивателей этого типа было высокое потребление энергии. В передвижных системах полива наряду с поливной нормой имеется еще один важный фактор - **удельный расход в продольном направлении (УРПН)**, или часовой расход на единицу длины в направлении движущегося крыла. Используя этот показатель, можно оценить рабочие характеристики установки, а конкретно - максимальную площадь, которую позволяет оросить система.

Удельный расход в продольном направлении - это частное от деления часового расхода системы на длину крыла. Пример: расход системы - 600 м<sup>3</sup>/ч, длина крыла - 400 м.

$$\text{УРПН} = 600:400 = 1,5 \text{ м}^3/\text{м}\cdot\text{ч}.$$

Чем выше УРПН системы, тем большую площадь можно оросить в течение заданного времени, при условии отсутствия стока.

Обычный диапазон значений УРПН от 0,5-2 м<sup>3</sup>/ч. Скорость перемещения обычно находится в пределах 50-100 м/ч.

В последние десятилетия наблюдается тенденция использовать эмиттеры малого объема, установленные с меньшим шагом, с целью преодоления указанных выше проблем. Были разработаны статические и динамические распылители, вращающиеся и центробежные устройства, которые устанавливаются по длине крыла с шагом 1-4 м. Обычный диапазон расходов эмиттеров - от 1 до 5 м<sup>3</sup>/ч.

Водяные эмиттеры классифицируются в зависимости от рабочего давления и типа насадки.

Для систем высокого давления требуется давление на входе воды выше 4 атм.

Для систем среднего давления пределы давлений в месте подвода воды 2-4 атм.

Для систем низкого давления пределы давления в месте соединения 1-2,5 атм.

Требуемое полезное давление в водяных эмиттерах находится в пределах 3-6 атм для больших ударных возвратно-поворотных разбрызгивателей, 2-4 атм в малых разбрызгивателях, 0,6-2 атм в распылителях и центробежных разбрызгивателях, 0,4-0,7 атм в точных разбрызгивателях с малым расходом энергии.

При конструировании системы необходимо принимать во внимание такие факторы, как потери давления из-за трения на участке между входом и эмиттером, трение в дождевальном крыле и особенности топографии.

Разбрызгиватели высокого давления имеют большую дальность струи. Поэтому, несмотря на высокий расход в продольном направлении, местная поливная норма может быть ниже, чем в системах с низким и средним давлением. Недостатки системы: чувствительность к воздействию ветра и высокие затраты на энергию. Системы низкого давления имеют большие значения поливной нормы, что может вызывать сток - даже несмотря на небольшое воздействие капель воды на поверхность почвы.

Рис.50. Расположение эмиттеров в установках с поливом в движении по кругу

1.Расположение разбрызгивателей; 2.Распыливающие наконечники низкого давления; 3.Вращающиеся наконечники низкого давления; 4.Ударные возвратно-поворотные разбрызгиватели низкого давления, с низкой траекторией; 5.Ударные возвратно-поворотные разбрызгиватели высокого давления; 6.Вид сбоку/зона полива; 7.Давление в фунт./кв. дюйм.

Рис.51. Регистрация подачи воды струйными эмиттерами - крупный план

В позиционных распылителях струя воды, выходящая из насадки, попадает на неподвижный отражатель, в результате чего образуется облако из мелких капель воды в форме конуса. Диаметр круга увлажнения относительно невелик, в пределах 2-4 м, что требует уменьшения шага эмиттеров на крыле до 1-3 м.

Динамические микроэмиттеры имеют вращающиеся отражатели, что приводит к значительному увеличению диаметра круга увлажнения - до 15 м и более. Поэтому более выгодным представляется увеличение шага эмиттеров на крыле до 4 м и снижение поливной нормы. Вращение в устройствах кругового полива происходит с меньшей скоростью (1-2 об/мин). Образующиеся при этом капли имеют сравнительно большие размеры, а чувствительность к ветру невелика, однако возникает проблема: удар капель о поверхность почвы может привести к увеличению стока.

Рис.52. Эмиттеры различных типов

1.Эмиттеры низкого давления; 2.Эмиттер кругового полива; 3.Качающийся эмиттер; 4.Разбрызгиватель; 5.Ударный возвратно-поворотный разбрызгиватель

Скорость вращения в эмиттерах центробежного типа значительно выше, а размеры капель - меньше. Сила удара капель о поверхность почвы будет меньшей, однако повышается чувствительность к ветру. В динамических разбрызгивателях нового поколения, таких как *Wobbler* (центробежный) и *Nutator*, отражатели могут сгибаться (перемещаясь подобно маятнику) в дополнение к вращательному движению, что повышает равномерность распределения.

От угла отклонения зависит диапазон диаметров круга увлажнения. Угол изменяется в пределах от 10 до 45°.

При поливе тяжелых почв с низкой скоростью поглощения воды можно применять штанги с распылителями. Устанавливая на них вместо



разбрызгивателей 3-7 распылителей малого объема, можно значительно уменьшить сток и потери воды.

Из-за снижения давления и колебаний напора может снизиться эффективность полива с использованием механизированных систем. Слишком высокое давление ускоряет износ насадок и отражателей. Некоторые изготовители оборудования указывают зависимость гарантий от наличия регуляторов давления перед эмиттерами. На участках с заметными изменениями топографии колебания давления вызывают колебания расхода эмиттеров, что делает необходимой установку регуляторов давления или расхода. Это, в свою очередь, требует периодической калибровки блоков регулятор-эмиттер в начале сезона полива. Потеря давления в регуляторах колеблется в пределах 0,3-0,7 бар, в зависимости от расхода эмиттера. Эти данные следует принимать во внимание при выборе давления на входе воды.

При поливе ровных участков предпочтительно регулировать давление на входе воды. Это дешевле, чем использование других методов, и позволяет снизить расходы по обслуживанию.

Расстояние по высоте между эмиттером и растительным пологом является важным фактором, определяющим равномерность распределения воды. Чем выше находится эмиттер, тем больше диапазон значений площади зоны увлажнения и тем ниже влияние полога; однако при этом возрастает чувствительность к ветру. Оптимальная высота эмиттера над уровнем земли - примерно 2 м. Для растений с высоким пологом, таких как кукуруза, можно применять подкороновый полив, требующий меньшего шага установки эмиттеров вдоль крыла.

В точных установках с малым расходом энергии эмиттеры монтируются на гибких трубах, отходящих вниз от крыльев. Их нижний край располагается на высоте 0,3-0,4 м над землей. Трубки установлены на крыле через ряд. Поливная норма при этом очень высокая, в связи с чем возникает опасность стока. Этого можно избежать, выбирая подходящий метод возделывания земли.

Современные механизированные установки оборудуются совершенными регуляторами, обеспечивающими полный контроль скорости перемещения, расхода, времени начала орошения и отключения воды, а также защиту от резких колебаний давления и разрыва труб.

Использование датчиков позволяет регулировать точное перемещение и установку дождевального крыла при движении вдоль ряда и гарантирует отключение подачи воды вблизи границы поля.

Вышки мешают нормальному распределению воды, подаваемой эмиттерами. Проблему решают, заменяя эмиттеры над вышками устройствами для секторного полива, подающими воду в зоны по бокам колес. Такое решение имеет еще одно преимущество: колеса перемещаются по сухой почве, не вызывая ее уплотнения.

Существуют установки, оборудованные встроенными автоматическими фильтрами. Наличие фильтров особенно важно в случаях, когда вода подается насосом непосредственно из канавы на поле.

Установки с поливом в прямолинейном движении и в движении по кругу могут применяться для хемигации. В прошлом инсектициды подавались через систему полива. В настоящее время предпочитают монтировать отдельную систему распылительных трубопроводов, а система орошения при этом служит только как средство для транспортировки.

## **СИСТЕМА НАПОРНОГО ОРОШЕНИЯ**

Работа системы орошения под давлением зависит от наличия источника воды, резервуаров и насосных средств. Эффективность использования энергии и подачи воды зависит от характеристик систем подачи и распределения воды.

### **Основные элементы системы**

- \* Насосная установка
- \* Подводящий трубопровод
- \* Головка (блок) управления
- \* Главный и вспомогательный трубопроводы
- \* Разветвленные трубопроводы
- \* Дождевальные крылья
- \* Стояки
- \* Эмиттеры
- \* Принадлежности: клапаны, обратные клапаны, выпускные воздушные клапаны, вакуумные клапаны, фильтры, муфты, регуляторы давления и расхода, устройства для фертигации и т.д.

### **Насосная установка**

Насос подает воду из источника (колодец, река, озеро, резервуар, и т.д.). Насосы приводятся двигателями - электрическими или дизельными. Они подают воду под давлением в систему орошения. Вода может также поступать от стороннего поставщика, ответственного за поддержание требуемого напора в системе орошения. Возможен и другой вариант: фермер сам обеспечивает подачу воды насосом из какого-то источника или находит дополнительные средства создания давления воды в месте подвода.

Там, где есть источник электроэнергии, существует недорогой способ привода насосов электродвигателями. При отсутствии электроэнергии возможно использование дизельных, керосиновых или бензиновых двигателей. Эффективность насосной установки является важным фактором, влияющим на стоимость топлива, расход и гидростатический напор.

Насосная установка включает три главных элемента: силовой агрегат, привод насоса или редуктор и собственно насос.

Рис.53. Электронасосы для подачи воды  
1.Вертикальный насос; 2.Горизонтальный насос

## Центробежные насосы

Центробежные насосы обычно используются для перекачивания поверхностной воды в систему орошения либо для повышения давления в ней. Рабочее колесо (импеллер) создает центробежную силу, передавая энергию от двигателя к воде. Центробежная сила отбрасывает воду к периферии колеса и выходу насоса. Подводимая мощность пропорциональна расходу насоса и давлению.

## Погружные турбонасосы

Такие насосы устанавливаются вертикально в скважинах и применяются для перекачивания поверхностной воды. Узел привода может монтироваться на головке турбины выше уровня воды либо - в погруженном состоянии - в водонепроницаемом корпусе. Насосы имеют диагональное колесо, создающее центробежную и подъемную силы. В насосах такой конструкции увеличение расхода может вызывать снижение гидростатического напора.

Надлежащий уход за насосами позволяет добиваться кпд выше 80%. Неправильный уход и износ могут привести к снижению этого показателя. Содержание песка в воде ускоряет износ.

## Силовые агрегаты

Электродвигатели имеют кпд в пределах 75-90%. Кпд двигателей внутреннего сгорания значительно ниже - в пределах 25-35%.

В насосных установках энергия передается от силового узла к насосу. Трансмиссионный вал электронасосов соединяется непосредственно с валом двигателя, устраняя необходимость в специальном приводе насоса. В случаях применения двигателей внутреннего сгорания используется привод с ортогональной зубчатой передачей, в результате чего может изменяться скорость (число оборотов насоса). Кпд привода с ортогональной зубчатой передачей составляет примерно 95%. Там, где применяется ременная передача, кпд будет в пределах 85-95%.

## Расчет потребляемой мощности на валу насоса

$$\underline{Q \times H}$$

$$N = 270 \times Q \times H \times \eta$$

**N** - потребляемая мощность (л.с.)

**Q** - расход насоса, м<sup>3</sup>/ч

**H** - полный требуемый напор (высота подъема + потери на трение + потери, вызванные топографическими факторами + рабочее давление) в м (1 м=1 бар).

**η** - кпд насоса (десятичная дробь).

## Подводящие трубопроводы

По подводящим трубопроводам вода поступает из источника на поливаемый участок. Трубы изготавливаются из стали, с покрытием или без него, или пластмасс, таких как ПВХ (поливинилхлорид), полиэтилен, полипропилен, или из стекловолокна. Диаметры труб могут быть в пределах от 3" (75 мм) до 14" (350 мм). Они должны выдерживать резкое возрастание давления. Диапазон рабочих давлений от 8 до 20 атм (80-200 м).

Рис.54. Сеть подводящих трубопроводов  
1. Деревня «А»; 2. Участки; 3. Сад (цитрусовые культуры)

### **Блок (головка) управления**

Блок управления включает элементы, обеспечивающие управление процессами орошения и фертигации. Базовый блок управления может содержать клапан и, при необходимости, фильтр. Более сложные блоки управления могут включать регулятор с компьютером, устройство для подачи удобрений, регулятор давления, выпускной воздушный клапан и т.д.

### **Элементы блока управления**

1. Разветвленный трубопровод с тройником
2. Выпускной воздушный клапан
3. Главный клапан
4. Водомер
5. Шаровой клапан
6. Главный гидравлический клапан
7. Выход воды к инжектору удобрений
8. Вход жидкого удобрения
9. Фильтр
10. Регулятор давления
11. Секторные клапаны
12. Бак с удобрением
23. Регулятор орошения
14. Обратный клапан

Рис.55. Блок управления (типовая конструкция)

### **КЛАПАНЫ**

Клапаны регулируют поток воды в системах орошения. Их используют для включения и отключения, регулирования давления и расхода, а также для предотвращения обратного потока.

Клапаны могут управляться вручную или автоматически, с помощью механических, гидравлических или электрических механизмов. Существуют различные типы клапанов, разработанных для решения различных производственных задач.

## **Задвижки**

Задвижки применяются главным образом для открытия и перекрытия подачи воды. Диск или клин, присоединенный к шпинделю задвижки, регулирует поток воды. Типовая конструкция - с подъемным шпинделем, что позволяет видеть степень открытия задвижки, так как резьбовая часть шпинделя находится снаружи. Открытие или закрытие происходит медленно. Быстродействие может быть достигнуто при перемещении шпинделя вверх или вниз с помощью механического рычага.

Задвижки регулируют расход воды в частично открытом положении, поскольку закрытие большей части проходного сечения происходит в момент, когда задвижка почти полностью закрыта. Профиль регулирования расхода - нелинейный.

## **Шаровые клапаны**

Шаровой клапан имеет компактную конструкцию. Регулирующий элемент - сферический. Изменение положения клапана происходит при повороте на  $90^\circ$ . Такой клапан допускает полное открытие проходного сечения при минимальном снижении давления в полностью открытом положении. Изменение расхода - нелинейное; по этой причине шаровые клапаны применяются для регулирования расхода только в случаях, когда необходимо дросселирование.

## **Проходные вентили**

Проходные вентили используются для дросселирования и регулирования расхода. При частичном закрытии характеристика у них будет линейной. Контроль осуществляется подъемным шпинделем. Конструкция вентиля обеспечивает при полном открытии два поворота потока на  $90^\circ$ . Потери давления в проходных вентилях - намного более значительные, чем в шаровых клапанах и задвижках при полном их открытии. Существенные потери давления - крупный недостаток клапанов этого типа.

## **Угловые клапаны и клапаны с «Y»-образным плунжером**

Потери давления в клапанах этого типа - весьма умеренные, изменение расхода - линейное. В угловых клапанах углов меньше, чем в проходных вентилях; поворот потока воды на  $90^\circ$  происходит только один раз. В клапанах с «Y»-образным плунжером поворот происходит дважды, как в проходных вентилях, однако угол поворота в них равен  $45^\circ$ . Поток - почти такой же свободный, как в задвижках.

Рис.56. Компоновки клапанов

1. Клапан с «Y»-образным плунжером; 2. Гидравлический клапан с «Y»-образным плунжером; 3. Проходной вентиль; 4. Шаровой клапан; 5. Измерительный автоматический клапан

### **Мембранные клапаны**

В клапанах этого типа вода отделена от вала и втулки вала гибкой мембраной. Для закрытия клапана осуществляется прижатие мембраны к опоре. В полностью открытом положении потери давления незначительны. Механизм привода вала в мембранных клапанах подобен механизму привода задвижек.

### **Дроссельные клапаны**

В дроссельном клапане элемент, регулирующий расход жидкости, представляет собой диск, шарнирно закрепленный на оси в корпусе клапана. В полностью открытом положении клапана диск располагается параллельно потоку воды, благодаря чему потери за счет трения будут незначительными. Дроссельные клапаны имеют простую и компактную конструкцию, обеспечивая хорошее дросселирование. Характеристика расхода при закрытии управляющим устройством - нелинейная.

### **Управляющие клапаны**

Управляющие клапаны представляют собой сочетание клапана с исполнительным механизмом. В системах орошения применяются электрические и гидравлические исполнительные механизмы. Типы клапанов - поршневые или с гибкой мембраной. Управление осуществляется от электрического клапана (соленоида) или гидравлического исполнительного механизма. Управляющие сигналы к последнему подаются по электропроводам либо в виде гидравлического давления через трубки малого диаметра. Управляющие клапаны подразделяются на нормально открытые (НО) и нормально закрытые (НЗ). Клапаны первого типа находятся в открытом положении при отключении источника питания, а нормально закрытые остаются в закрытом положении при отключении питания. Клапаны второго типа обеспечивают большую безопасность: при нарушении в системе питания подача воды прекращается. Их недостатком является увеличение потерь давления.

### **Электрическое управление гидравлическими клапанами**

Во многих случаях для приведения в действие управляющего элемента применяется гидравлическое давление, для регулирования которого используется электрический ток, подаваемый к исполнительному механизму. Элемент, регулирующий расход, может представлять собой поршень, который открывает или перекрывает движение жидкости в клапане. Поршневые исполнительные механизмы также служат в качестве регуляторов расхода.

Рис.57. Управляющие клапаны

1.Механический управляющий клапан; 2.Электрический управляющий клапан; 3.Гидравлический управляющий клапан

В соленоидных клапанах, широко используемых в системах орошения, перемещение поршня осуществляется за счет электромагнитных сил; другой вариант - приведение в действие контрольного клапана (золотника), открывающего кран. Электрические клапаны управления можно открывать и закрывать вручную.

### **Гидравлическое управление клапаном**

Структура гидравлического управляющего клапана, или исполнительного механизма, подобна структуре электрического управляющего клапана, с тем отличием, что усилие передается за счет изменения давления над мембранным или поршневым устройством. Сигнал изменения давления передается через трубки гидравлического управления или путем частичного отклонения потока воды, идущего через клапан. Большинство гидравлических управляющих клапанов выполняется нормально открытыми.

### **Обратные клапаны**

Назначение обратных клапанов - предотвратить обратное течение воды в сетях орошения и подачи воды. В них используются различные рабочие элементы: шар, подъемный диск, наклоняющийся диск, перекидной или качающийся диск. Открытие прохода воды обеспечивается давлением воды, текущей в нормальном направлении. В таких клапанах обратное течение предотвращается благодаря действию силы тяжести или усилию пружины в случаях, когда давление прямого потока превышает давление обратного потока. Давление, создаваемое обратным течением или весом столба воды в трубопроводе, прижимает управляющий элемент к опоре, перекрывая проход жидкости и предотвращая поток в обратном направлении.

Рис.58. Обратные клапаны

1.Обратный клапан; 2.Обратный клапан в разрезе; 3.Комбинированный обратный клапан; 4.Предохранительный клапан; 5.Выход; 6. 2-й обратный клапан; 7.Запирающее устройство

### **Предохранительные (разгрузочные) клапаны**

Предохранительные клапаны защищают сети орошения от недопустимого повышения давления. При срабатывании они быстро открываются и выпускают небольшие количества воды для сброса избыточного давления, возникшего в системе. Закрытие таких клапанов может осуществляться с помощью нагруженного пружины диска или за счет гидравлического давления. В

клапанах некоторых типов пружину можно регулировать на заданное предельное давление. При превышении допускаемого давления клапан частично открывается, выпуская некоторое количество воды.

### **Регуляторы давления**

Регуляторы давления используются там, где для нормального функционирования чувствительных к давлению элементов, таких как дождевальные крылья и эмиттеры в системах микроиригации, необходимо поддерживать низкое постоянное давление. Регуляторы применяются также в системах, в которых имеют место колебания давления, с целью поддержания постоянного давления за регулятором. Структура регуляторов давления подобна структуре мембранных и пружинных предохранительных клапанов.

Рис.59. Регуляторы давления

1.Колпачок; 2.Пружина; 3.Шпиндель; 4.Втулка; 5.Корпус; 6.Регулятор давления - в разобранном виде; 7.Блок с 6 клапанами; 8.Регулятор давления с гидравлическим управлением

Поток воды дросселируется под воздействием пружины, расположенной выше мембраны, и противодействия воды на нижнюю поверхность мембраны. Вода из камеры высокого давления клапана направляется в камеру над мембраной, компенсируя сжатие пружины, при изменении давления перед ней. В результате такого действия происходит дросселирование управляющего клапана, что поддерживает давление на заданном уровне.

### **Выпускные воздушные клапаны**

В оросительных сетях проблема попадания воздуха в систему является очень важной, поскольку при этом может произойти серьезное повреждение некоторых элементов системы. Воздух попадает в систему при заливке насоса или если подача воды перекрывается главным клапаном в то время, когда местные клапаны остаются открытыми. Воздух поступает в сеть, в которой осуществляется дренаж, через эмиттеры. В начале цикла полива попадание воздуха в водомер может нарушить точность показаний; в особо серьезных случаях возможен перегрев и расплавление лопастей рабочего колеса.

Еще один возможный результат попадания воздуха в трубопроводы - гидравлический удар, вызываемый сжатием воздуха; если при резком повышении давления оно оказывается выше рабочего давления в системе, последствием может быть разрыв трубопроводов. Чтобы не допустить вредного воздействия попавшего в систему воздуха, используются выпускные воздушные клапаны. Такие клапаны следует устанавливать в более высоких точках трубопроводов, где происходит скопление попавшего в систему воздуха.

Рабочим элементом таких клапанов является поплавок. Когда трубопровод не заполнен водой или заполнен ею только частично, поплавок занимает нижнее положение, при котором отверстие в верхней части корпуса открыто.



Воздух при этом может входить в систему и выходить из нее. После заполнения системы водой поплавков поднимается в свое верхнее положение, перекрывая отверстие.

Имеются два основных типа выпускных воздушных клапанов:

**кинетический воздушный клапан** и **автоматический воздушный клапан**.

Клапан первого типа рассчитан на выпуск больших объемов воздуха при низких давлениях. Использование таких клапанов выгодно в начале цикла полива, когда необходимо выпустить из системы большие объемы воздуха в течение короткого времени. Кроме того, он допускает обратный поток воздуха в систему после отключения подачи воды - для предотвращения создания вакуума в трубопроводах. При высоких давлениях, когда система заполнена водой до предела, такой клапан работать не может.

**Автоматический воздушный клапан** может работать как при низких, так и при высоких давлениях, однако он способен выпускать лишь небольшие объемы воздуха. Главное назначение такого клапана - выпускать небольшие количества воздуха, который выделяется из воды при изменениях температуры и давления в период полива.

Комбинированный воздушный клапан является сочетанием клапанов двух типов в одном корпусе. С его помощью можно полностью решить задачи, возникающие в различных ситуациях при выделении воздуха из сетей полива.

Рис.60. Вид в разрезе различных выпускных воздушных клапанов

1.Автоматический; 2.Кинетический; 3.Комбинированный; 4.Крышка; 5.Насадка «автоматического клапана»; 6. Уплотнение «кинетического клапана»; 7.Поплавок «кинетического клапана»; 8.Уплотнение «автоматического клапана»; 9.Поплавок «автоматического клапана»; 10.Корпус; 11.Кольцо круглого сечения; 12.Основание

### Пропускная способность клапана

Вода, проходящая через клапан, теряет часть энергии на трение о стенки клапана и поверхности других деталей. Ввиду того, что сечение зоны свободного прохода больше, стены имеют более ровную поверхность, а число точек поворота потока меньше, пропускная способность клапана будет более высокой. Принято считать, что показатель расхода ( $K_v$ ) относится к часовому расходу, приводящему к потере напора 10 м (1 атм).

**Показатель расхода  $K_v$  или  $C_v$  рассчитывается по следующей формуле:**

$$K_v, C_v = \frac{Q}{\sqrt{\frac{dp}{S} \cdot 0,5}}$$

где:

**$K_v$**  - показатель расхода ( $m^3/ч$  при падении давления 1,0 бар)

**$C_v$**  - показатель расхода ( $г/мин$  при падении давления 1,0 фунт/кв.дюйм)

**Q** - расход ( $\text{м}^3/\text{ч}$  или  $\text{г}/\text{мин}$ )

**dp** - падение давления (бар или фунт/кв. дюйм)

**S** - удельный вес текучей среды (для воды - 1,0).

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ**

В современных системах полива автоматизация является существенным элементом эксплуатируемой системы. Благодаря автоматизации экономятся трудозатраты и обеспечивается точная и своевременная подача воды и питательных веществ.

Автоматическая система включает четыре основных элемента: датчики и измерительные устройства, контрольные и регулирующие устройства, устройства ввода и вывода, а также средства связи между различными элементами. Два основных средства автоматизации - регуляторы времени и количественных параметров.

Системы автоматизации классифицируются в зависимости от степени контроля.

\* **Точечная** автоматизация: автоматическое устройство монтируется непосредственно на клапане; оно управляет только этим клапаном и никак не влияет на другие клапаны или системы.

\* **Местная** автоматизация: несколько клапанов на участке; их работа регулируется и координируется одним блоком.

\* **Центральная** автоматизация: блоки местной автоматизации связаны с главным центральным блоком и контролируются им.

## **Функции**

Средства автоматики могут приводиться в действие в различных режимах:

- \* Отключение подачи воды. Возобновление подачи производится вручную.
- \* Автоматическое включение и отключение подачи воды на базе времени.
- \* Открытие по времени, закрытие по количеству.
- \* Режим, описанный выше, плюс обратная связь и регистрация количества поданной воды.
- \* Совмещенные операции орошения и фертигации, с регистрацией количества воды и удобрения или без нее.
- \* Последовательная работа клапанов на участке.
- \* Контроль полива на базе информации от датчиков. Примеры параметров: температура, ветер, дождь, почвенная влага, напор воды и т.д.
- \* Контроль водных источников в соответствии с потребностями в поле.
- \* Интегрированный контроль источников воды и систем ирригации.
- \* Интегрированная конструкция и работа систем ирригации.

## **Расходомеры**

Расходомер - основное средство мониторинга и контроля подачи воды в системах орошения под давлением. Он является единственным средством,

облегчающим контроль полива в количественных категориях. Обычный расходомер состоит из корпуса и установленного в нем рабочего колеса - горизонтального или вертикального. Рабочее колесо вращается потоком воды и передает вращательное движение к измерительной шкале, установленной на корпусе. Шкала градуирована в единицах фактического расхода воды, проходящей через корпус. Расходомер дает визуальное изображение данных о количестве поданной воды либо, при наличии электрического выходного устройства, посылает сигналы к регуляторам полива, компьютерам или регистраторам данных.

Рис.61. Расходомеры

1.Расходомер Уолтмана (Waltman); 2.Расходомер в разрезе; 3.Расходомер с электрическим выходом

### **Схемы регулирования**

В системах орошения используются две основные схемы регулирования:

- \* Разомкнутые системы, осуществляющие только заданные функции.
- \* Замкнутые системы, в которых используются сигналы обратной связи от датчиков, принимаются и реализуются решения в системе полива.

### **Разомкнутые системы регулирования**

В разомкнутых системах регулирования решения принимаются оператором, изменяющим установку регуляторов для получения требуемых характеристик. Устройства, требующие внешнего вмешательства оператора, принято считать элементами разомкнутых систем управления.

В разомкнутых системах, работающих на базе времени, регулируется продолжительность орошения. Основные контролируемые параметры: график орошения, интервалы и продолжительность периода подачи воды. При сочетании контроля времени и количества воды в системах применяется таймер для задания начала процесса полива, и прекращение полива происходит после подачи заранее заданного объема воды. Разомкнутые системы регулирования - недорогие, доступные и гибкие. Однако они требуют для достижения эффективного полива частого вмешательства оператора с целью ручного возвращения системы в исходное положение.

### **Замкнутые системы регулирования**

При использовании таких систем оператор задает общую схему. Система регулирования принимает решение о времени и количестве подачи воды. Сигналы обратной связи передаются в режиме реального времени к регулятору от одного или нескольких воспринимающих блоков. Регуляторы замкнутых систем получают данные о параметрах окружающей среды, таких как соотношение почвы и влаги, температура, излучение, скорость ветра и относительная влажность. Данные сравниваются с заданной программой, и

принимается решение о необходимости осуществления полива. Решение основывается на измерении соотношения почвы и влаги и расчете потребления воды растениями.

### **Таймеры ирригации**

Таймер ирригации представляет собой блок часов, приводящий в действие один или более узлов системы ирригации в заданное время. Таймеры ирригации могут выполнять, в сочетаниях, перечисленные ниже функции:

- \* **Часы/таймер** измеряет время для выполнения графика орошения.
  - \* **Селектор (календарных) дат** позволяет производить установку дней работы системы.
  - \* **Настройка времени работы станции** позволяет производить установку времени начала работы - дня и часа, а также продолжительности периода полива для каждой станции (позиции).
  - \* **Устройство ручного пуска** позволяет оператору включать автоматический цикл, не нарушая установленного графика.
  - \* **Устройство ручного управления** на каждой станции позволяет оператору вручную начинать цикл ирригации, не меняя заданного графика.
  - \* **Главный выключатель** регулирует включение всей системы орошения.
  - \* **Устройство пропуска станции** используется для исключения заданных позиций из очередного цикла орошения.
  - \* **Главный клапан** управляет работой оборудования для предотвращения обратного потока и автоматически останавливает процесс полива при неисправности в системе.
  - \* **Вывод пуска насоса** соединяет соленоид пуска насоса с исполнительным механизмом каждой станции. Управление работой насоса, таким образом, синхронизируется с управлением процессом полива.
- Таймеры могут быть электромеханическими или электронными.

### **Электромеханические контроллеры**

Электромеханические контроллеры используют электрические часы и механическое переключающее устройство для приведения в действие клапанов полива. Эти устройства надежны, они не подвержены воздействию пиков и выбросов в системе питания. При отключении питания данные запрограммированного цикла не будут стерты. Вместе с тем, контроллеры этого типа, в отличие от электронных, имеют ограничения в отношении выбора последовательности цикла.

### **Электронные контроллеры**

В электронных контроллерах используются твердотельные и интегральные схемы для приведения в действие часов/таймера, устройств памяти и функции контроля. Некоторые системы этого типа чувствительны к параметрам сети электропитания; на них влияют надежность, наличие пиков и выбросов и

возможность отключения отдельных потребителей мощности. Контроллеры имеют модульную конструкцию и позволяют реализовать множество схем по выбору потребителя, а стоимость их относительно невелика.

Устройства, использующие принцип контроля на базе времени, широко применяются для полива приусадебных огородов, питомников и разводочных теплиц. В этих случаях полив длится сравнительно короткие периоды времени, вследствие чего недостаточная точность в отношении объема подаваемой воды из-за колебания давления не имеет решающего значения. Точность можно повысить, поддерживая давление постоянным с помощью бустерного насоса и регуляторов давления.

### **Системы контроля полива на базе компьютера**

В системах этого типа используют сочетание аппаратных и программных средств для регулирования ирригации и фертигации в режиме замкнутого контроля. Система осуществляет контроль измеряемых переменных, сравнивает их с заданными параметрами, принимает решения о необходимых действиях и выполняет эти действия.

#### **Датчики**

Датчик замыкает электрическую цепь при изменении заданного измеряемого параметра. Существует два основных типа датчиков: аналоговые и цифровые.

Аналоговые датчики передают непрерывный электрический сигнал, например напряжения, проводимости, емкости или любого другого измеряемого параметра электрического тока.

Датчики этого типа применяются в случаях, когда необходимо знать величины параметров, которые могут принимать переменные состояния, и недостаточно ограничиться состояниями включения/выключения; пример - измерение колебаний давления в системе.

Цифровые датчики представляют собой механические или электронные выключатели, регистрирующие состояния включения/выключения. Цифровые датчики полезны в случаях, когда необходимо указывать пороговое состояние, например открытие и закрытие устройства. Они могут давать указания о том, достигнуто ли пороговое значение переменной состояния. Примеры цифровых датчиков: поплавковый выключатель в резервуаре и переключающий тензиометр, определяющий, в какой момент содержание почвенной влаги превышает заданное значение.

В системах управления с компьютером измеряются следующие переменные: расход, давление, соотношение почвы и влаги, температура воздуха, скорость ветра, солнечная радиация, относительная влажность, электропроводность и уровень pH поливной воды.

#### **Аналого-цифровой интерфейс**

Компьютерные системы основаны на цифровой информации, и электрические сигналы, поступающие от датчиков, должны быть преобразованы из аналоговой формы в цифровую. Преобразование осуществляется аналого-цифровым интерфейсом. Цифровые сигналы, возникающие при замыкании выключателей и измерении пороговых значений параметров, регистрируются в устройствах памяти. Непрерывные электрические (аналоговые) сигналы преобразуются в двоичные цифры, характеризующие считываемые переменные. Точность преобразования зависит от разрешающей способности преобразующего оборудования.

### **Типы компьютеров**

Аппаратные средства для аналого-цифрового преобразования непосредственно связаны с системой компьютера, в качестве которой может использоваться персональный компьютер или специальный программируемый контроллер.

### **Связь**

Кроме местного автоматического устройства, в котором контрольный блок автоматики установлен непосредственно на концевом клапане, все прочие системы автоматики имеют линию связи, которая соединяет датчики с блоком управления конечного клапана. Иногда возникает необходимость в многоступенчатой линии связи.

Сигналы между контрольным блоком и концевыми узлами могут иметь форму гидравлических или электрических импульсов.

При небольшой протяженности линий передачи, гидравлическая связь имеет преимущество перед электрической: нет необходимости во внешнем источнике энергии, и кроме того, гидравлические клапаны большого диаметра не требуют преобразования электрических сигналов в сигналы гидравлики с помощью электрического клапана. Трубопроводы водяной системы управления с диаметрами трубок в пределах 6/4-8/6 мм дешевле электрического кабеля.

Гидравлические системы имеют недостатки: зависимость от топографии, возможность механического повреждения и попадания в систему воздуха. В прошлом длина магистральной связи ограничивалась несколькими сотнями метров. В последнее время, однако, были созданы вспомогательные устройства, позволяющие использование более длинных магистралей и работу в условиях изменяющейся топографии.

Гидравлические системы связи имеют еще один недостаток: сигналы могут передаваться только в одном направлении, что не позволяет осуществить обратную связь с главным блоком.

Электрические импульсы передаются по кабелям или через системы беспроводной связи.

При необходимости осуществлять связь в диапазоне не более 1000 м использование кабелей оказывается более дешевым. Средства беспроводной связи страдают из-за помех при вещании и неблагоприятных погодных условий,

а при работе с кабелями приходится считаться с возможностью их механического повреждения.

Непосредственное управление работой конечного клапана с помощью электрических импульсов применяется только при поливе приусадебных огородов и питомников, где обычно используются клапаны малого диаметра. В системах с клапанами большого диаметра управление осуществляется от гидравлики. Электрический сигнал преобразуется небольшим соленоидом, который управляет подачей воды к гидравлическому клапану.

### **Конфигурация**

Местные автоматические системы следят за графиком полива и контролируют устройство для фертигации.

В автоматических системах последовательного типа главный блок управления поставляется по особому заказу. При последовательном орошении закрытие одного гидравлического клапана вызывает подачу сигнала, приводящего к открытию следующего гидравлического клапана. В более совершенных системах последовательность операций регулируется центральным контроллером.

Существуют две базовые модели сети центральной автоматики.

При использовании компоновки типа «звезда» каждый местный узел соединяется непосредственно с центральным блоком. Используемые кабели - двухжильные, что позволяет посылать сигналы от центрального блока, а также питать энергией полевые установки. Если требуется информация в системе обратной связи, кабель должен быть трехжильным.

В кольцевых сетях все полевые установки связаны с центральным блоком одним кабелем, образуя замкнутый контур. Кабель - многожильный, и каждый местный блок соединяется двумя или тремя проводами с центральным блоком. Возможна и иная компоновка, в которой используется двухжильный кабель. Оба кабеля соединены с местными блоками. Компьютер центрального блока непрерывно сканирует местные блоки, подавая импульсы высокой частоты; при этом идентифицируются все блоки, к ним подается требуемая информация, а от них принимается информация обратной связи. Такая конфигурация удешевляет полевое оборудование, однако она требует компьютера более высокого уровня.

### **Функции компьютера**

Быстрое развитие и удешевление микрокомпьютеров позволяет добиться высокого совершенства в автоматическом управлении процессом полива. В новых контроллерах и компьютерах систем полива применяются стандартные промышленные микропроцессоры, а также стандартные платы памяти и терминалы. Эта конфигурация облегчает интеграцию процесса составления графика полива, самого полива и его контроль в едином блоке. Сегодня широко используется такой процесс, как условная операция, соотнесенная с информацией обратной связи, которая передается от находящихся в поле местных блоков и воспринимающих устройств на поле. Кроме того,

осуществляется интегрированное управление системой орошения, охватывающее все элементы системы - от источника воды до самого последнего концевой клапана в поле.

Рис.62. Регулятор подачи воды при орошении

## **ФИЛЬТРАЦИЯ**

Правильная фильтрация - существенный элемент напорного орошения. Многочисленные неудачи в процессе перехода к этому методу орошения можно отнести на счет недостаточной фильтрации, которая приводит к засорению эмиттеров и нарушает равномерность распределения воды.

Загрязняющие вещества, содержащиеся в воде, можно подразделить на три категории:

- \* Неорганические взвешенные природные частицы: песок, ил и глина, химические осадки.

- \* Органический зоопланктон, фитопланктон, водоросли, простейшие, бактерии и грибы.

- \* Органические остатки.

Поверхностная вода, подаваемая насосами из открытых водоемов - прудов, озер, рек, ручьев, каналов и местных резервуаров, обычно содержит больше загрязнений, чем подземные воды. Если для полива используются оборотные сточные воды, приходится также осуществлять тщательную фильтрацию.

Чтобы предотвратить засорение водяных эмиттеров систем орошения под давлением, подаваемую к ним воду необходимо предварительно фильтровать. Методы и оборудование для фильтрации могут быть различными. Применяются сетчатые, дисковые, гравийные и песчаные фильтры. Схема работы сепараторов песка отличается от схем других устройств; она основана на использовании центробежных сил или процесса отстоя.

### **Сетчатые фильтры**

Фильтры этого типа имеют наиболее широкое распространение в практике полива. Корпус фильтра изготавливается из металла или армированной пластмассы. В нем имеются четыре отверстия: для впуска воды, для выпуска воды, для присоединения дренажного клапана и для очистки (в верхней части). Большинство фильтрующих элементов выполняется в виде опорного цилиндрического каркаса из литой пластмассы в сочетании с сеткой. Материалом сетки может быть нержавеющая сталь, нейлон или полиэфирная пластмасса. Существуют три главных вида сеток: перфорированный стальной лист, не требующий опорной конструкции, сетка из проволоки клиновидного сечения и плетеная проволочная сетка. Последняя применяется наиболее часто, так как она имеет наиболее высокое отношение свободного проходного сечения к общей площади сетки.

Выпускаются различные типы плетеных сеток, соответствующие различным потребностям фильтрации.



Рис.63. Детали фильтра

1.Заслонка фильтра; 2.Крышка; 3.Верхнее уплотнение; 4.Наружный фильтрующий элемент; 5.Внутренний фильтрующий элемент; 6.Патрубок из ПВХ; 7.Нижнее уплотнение; 8.Корпус фильтра; 9.Дренажный клапан; 10.Вход воды; 11.Выход воды

Рис.64. Типы сеток

1.Перфорированный лист; 2.Сетка из проволоки клиновое сечения;  
3.Плетеная проволочная сетка

Степень очистки при фильтрации определяется в двух системах единиц: **в микронах** и **в единицах меш**. При оценке уровня фильтрации в микронах показатель означает максимальный диаметр шаровидной частицы, способной пройти сквозь проволочную сетку. Система меш предполагает подсчет количества проволочек сита на длине в 1" (25,4 мм). Метод определения в двух системах не обеспечивает полного соответствия. Так, у двух сеток, имеющих один и тот же меш, ширина отверстия может быть различной из-за различной толщины проволоки. Примерное преобразование при переходе от одной системы к другой можно осуществлять по приближенной формуле: **меш х микрон = 15000**.

Таблица 6. Отверстия в сетке - примеры

Меш	Размер отверстия	Толщина проволоки
	в мкм	в мкм
40	420	250
50	300	188
80	177	119
100	149	102
120	125	86
155	100	66
200	74	53

Рис.65. Фильтрующие элементы

1) А.Диски с канавками; В.Плетеная проволочная сетка на опоре;  
С.Перфорированный лист

Выбор подходящего значения степени фильтрации зависит от диаметра проходного сечения для воды в эмиттерах и типа загрязняющих веществ, содержащихся в воде. Если это взвешенные неорганические твердые частицы (песок, ил, химические осадки), максимальный диаметр отверстия должен быть равен 40-50% ширины самого малого прохода для воды в эмиттере. Если же загрязняющие вещества - органические или биологические материалы, эта цифра будет 25-30% ширины прохода для воды в эмиттере. Сетчатые фильтры хорошо работают в системах, где вода содержит неорганические загрязняющие

вещества; если же в ней содержится много органических и биологических загрязняющих веществ, это может привести к быстрому засорению сетки.

Рис.66. Сетчатые фильтры - Потеря напора (пример)

1.Потеря напора/расход 2.м; 3.бар 4.Рекомендуемый диапазон 5.м<sup>3</sup>/ч

### Дисковые фильтры

Рис.67. Дисковый фильтр

Рис.68. Дисковый фильтр - схема движения воды

Дисковые фильтры могут работать в системах, в которых вода содержит различные загрязняющие вещества - неорганические твердые частицы и органические остатки. Корпус фильтра изготавливается из металла или пластмассы. Фильтровальный элемент представляет собой пакет кольцеобразных дисков с канавками, плотно стянутый резьбовым колпачком. Фильтрация происходит при протекании воды через канавки. Благодаря пересечению канавок обеспечивается высокая степень фильтрации. Крупные частицы задерживаются на наружной поверхности пакета. Более мелкие частицы и органические остатки остаются во внутренних канавках. Дисковые фильтры обладают лучшей задерживающей способностью, чем сетчатые фильтры с такими же характеристиками. Определение степени фильтрации - такое же, как для сетчатых фильтров. Уровень фильтрации может обозначаться цветом диска.

**Таблица 7. Степень фильтрации дискового фильтра - пример**

Меш	Размер отверстия в мкм	Цвет диска
18	800	Белый
40	400	Синий
80	200	Желтый
120	130	Красный
140	115	Черный
200	75	Зеленый
600	25	Серый

### Фильтры с фильтрующим материалом

Фильтры этого типа применяются для защиты эмиттеров с малым сечением прохода, например капельниц и микроразбрызгивателей, в тех случаях, когда вода содержит большое количество органических остатков, например, когда воду подают насосами из открытых водоемов или если используют оборотную воду. Сосуд с фильтрующим материалом большой ширины (0,5-1,25 м) изготавливают из углеродистой стали, покрытой эпоксидной смолой, из нержавеющей стали или армированной пластмассы, например стекловолокна. Фильтрующий материал - частицы размером 1,5-4 мм из базальтового щебня,

частицы измельченного гранита или мелкий кварцевый песок. Органические загрязняющие вещества прилипают к поверхности частиц фильтрующего материала и оседают в сосуде фильтра. Скопившуюся грязь следует периодически удалять промывкой обратным потоком, чтобы предупредить чрезмерные потери напора. Степень фильтрации обозначается так же, как в сетчатых и дисковых фильтрах.

Рис.69. Фильтр с фильтрующим материалом - процесс фильтрации

Рис.70. Фильтр с фильтрующим материалом - процесс промывки обратным потоком

**Таблица 8. Размеры частиц фильтрующего элемента (песок) и обозначение размеров сеток**

Песок №	Эффективный размер частиц песка (мм)	Обозначение сетки (меш)
8	1,5	70
11	0,8	140
16	0,65	170
20	0,45	230
30	0,28	400

Рис.71. Фильтры с фильтрующим материалом - параллельная компоновка

### **Отделители песка (сепараторы)**

Песок и другие частицы почвы могут создавать сложности при фильтрации, что вызывает необходимость применения фильтрующих элементов с малым размером отверстий; при этом засорение происходит быстрее. Лучший способ фильтрации воды с высоким содержанием частиц почвы - осаждение частиц с помощью отделителей песка перед системой фильтрации. Существует два типа отделителей песка. Традиционная конструкция основывается на принципе осаждения частиц грунта, содержащихся в песке, путем снижения скорости потока в отстойниках или осадочных баках. В баках закрытой конструкции сохраняется напор воды, а при использовании открытых осадочных баков необходимо производить дополнительное перекачивание воды. Второй тип устройств - центробежный отделитель песка (гидроциклон), в котором отделение песка и других взвешенных частиц от воды осуществляется за счет центробежной силы, возникающей при тангенциальном потоке воды в конусном контейнере. Частицы песка отбрасываются центробежной силой и, достигая конусной стенки, опускаются вниз, в сборную камеру на дне контейнера. Когда последний заполняется, производится его промывка - ручная или автоматическая. Вода, очищенная от частиц песка, выходит через отверстие в верхней части отделителя песка.

Рис.72. Гидроциклон

Рис.73. Схема работы гидроциклона

1.Выход чистой воды; 2.Вход воды; 3.Сборник осадка; 4.Дренажный клапан

Рис.74. Гидроциклонный отделитель песка - потери напора и рекомендуемая производительность

1.Потеря напора/расход; 2.м<sup>3</sup>; 3.бар; 4.Рекомендуемый диапазон 5.м<sup>3</sup>/ч

### **Впускные сетчатые фильтры**

Эти фильтры с отверстиями большого размера (меш 30-10; 0,5-1,5 мм) устанавливаются на входе впускного патрубка насоса при перекачивании поверхностной воды. Их назначение - защита насоса. Использовать такие фильтры можно только для воды с умеренным содержанием органических загрязняющих веществ. Высокое их содержание вызовет немедленное засорение фильтров.

### **Характеристики фильтров**

#### **Надежность**

Дисковые фильтры считаются очень надежными. Вероятность выхода из строя или разрыва фильтрующего элемента ниже, чем в сетчатых фильтрах. Последние считаются наименее надежными. Сетки могут рваться и разрушаться в результате коррозии и колебаний давления. Поддерживающий сетку каркас рассчитывается таким образом, чтобы выдерживать колебания давления.

#### **Производительность и потери напора**

При протекании воды через фильтры происходит потеря напора. Величина ее зависит от конструкции фильтра и степени фильтрации, производительности и скорости скопления грязи. На потери напора влияют различные параметры фильтра. В общем случае для конкретного фильтра повышение уровня фильтрации приводит к снижению номинальной производительности из-за высоких потерь напора и более быстрого накопления грязи.

При работе с сетчатыми фильтрами необходимо принимать во внимание перечисленные ниже параметры.

**Диаметр:** Указываются диаметры на входе и выходе воды.

**Площадь фильтрации:** общая площадь фильтрующего элемента. Требуемая площадь фильтрации для воды с умеренным содержанием загрязнений находится в диапазоне 10-30 см<sup>2</sup> на 1м<sup>3</sup>/ч производительности для орошения дождеванием, 25-60 см<sup>2</sup> для струйных микроразбрызгивателей и 60-150 см<sup>2</sup> для капельного орошения.

**Площадь отверстий:** общая площадь прохода отверстий.

**Эффективный показатель фильтрации:** отношение площади отверстий к площади фильтрации.

**Показатель фильтра:** отношение между площадью отверстий и площадью поперечного сечения входного отверстия.

Чем выше значение указанных выше параметров, тем выше производительность фильтра. В фильтрах других типов номинальная производительность рассчитывается в соответствии с допустимыми потерями напора.

Номинальная производительность (пропускная способность) фильтров соотносится с потерей напора 2 м (0,2 атм) в чистом фильтре. По мере скопления грязи потеря напора увеличивается. Фильтр подлежит очистке, когда потеря напора достигает 5 м (0,5 атм). В гидроциклонных отделителях песка для эффективной работы номинальная потеря напора должна быть 1,5 м (0,15 атм), а рекомендуемый диапазон будет 2,5-5 м (0,25-0,5 атм). Если расход воды изменяется часто, целесообразно устанавливать несколько отделителей песка, соединенных параллельно и оснащенных рабочим клапаном. Число рабочих установок для проведения конкретных работ должно выбираться в зависимости от заданной производительности. Сравнение фильтров различных типов показывает, что меньше всего грязи скапливается в сетчатых фильтрах, далее идут дисковые фильтры, а больше всего грязи образуется в фильтрах с фильтрующим материалом (песком или гравием).

**Таблица 9. Номинальная производительность фильтров - примеры**

Изготовитель	Диаметр и тип фильтра	Степень фильтрации - мкм	Производительность м <sup>3</sup> /ч
Odis	2" сетчатый	60-400	15-25
Arkal	2" дисковый	100-400	25
Arkal	2" дисковый	75	16
Arkal	2" дисковый	25	8
Amiad	3" сетчатый	80-300	50
Amiad	3" дисковый	100-250	50
Odis	4" сетчатый	60-400	80
Netafim	4" гравийный	60-200	60-120
Netafim	6" отделитель песка		140-230

### Направление потока

Направление потока воды через фильтрующий элемент имеет большое значение. В **дисковых** фильтрах направление потока задается - вода должна идти от периметра внутрь. При этом на наружной поверхности пакета дисков, имеющей больший диаметр, задерживаются более крупные частицы, чем на внутренней поверхности меньшего диаметра. Что же касается сетчатых фильтров, для них лучшим вариантом является поток изнутри наружу. Такое

направление потока больше подходит для механизмов самоочистки; кроме того, снижается вероятность разрыва сетки из-за колебаний давления. Многие сетчатые фильтры содержат два фильтрующих элемента. Наружный элемент с отверстиями большего размера задерживает крупные частицы, а внутренний, изготовленный из сетки с отверстиями меньшего размера, служит для окончательной фильтрации. Существуют фильтры с диагональным или спиральным потоком воды из насадок; в них загрязняющие частицы направляются в верхнюю или нижнюю часть фильтра, откуда они могут удалиться путем промывки или выходить наружу самотеком.

В фильтрах с **фильтрующим материалом** поток направляется сверху вниз. Вода входит в бак в его верхней части и проходит через слой фильтрующего материала, находящегося на перфорированном листе; очищенная вода выходит из нижней части бака. Для улучшения промывки обратным потоком треть объема бака оставляется свободной от фильтрующего материала.

В отделителях песка тангенциальный поток воды создает центробежные силы; твердые частицы оседают на дне отделителя. Выход чистой воды расположен в верхней части фильтра.

### **Эксплуатация и обслуживание**

Эффективная работа фильтра требует строгого выполнения графика обслуживания. Фильтрующие элементы должны очищаться регулярно. Наилучшим указанием о необходимости очистки является разность давления воды на входе и выходе. При скоплении грязи на фильтрующем элементе она увеличивается. Для возможности измерения разности давлений на входе и выходе фильтра устанавливаются патрубки для измерительных приборов. Для регистрации и регулирования давления вручную можно использовать манометр игольчатого типа; другой вариант - присоединение двух патрубков к трехходовому клапану, на котором закреплен манометр. Когда разность давлений достигает 0,5 атм (5 м), рекомендуется производить очистку фильтра. Если такая операция производится вручную, следует проверить, не произошло ли повреждение фильтрующего элемента. Особое внимание нужно обратить на уплотнительные кольца круглого сечения, проверяя точность их установки между корпусом и крышкой фильтра.

В дисковых фильтрах диски с канавками следует промывать водой. Для этого ослабляется стягивающий винт. При пропускании потока воды через фильтр произойдет разделение дисков. Эту операцию следует выполнять осторожно, чтобы грязь не попала во входной водяной патрубок. По окончании очистки винт следует затянуть.

Рис.75. Промывка дискового фильтра

### **Самоочистка и автоматическая промывка**

Ручная очистка фильтров может оказаться нецелесообразной в некоторых случаях: при сильном загрязнении воды, при установке фильтров в удаленных пунктах, а также там, где возникают проблемы с рабочей силой (наличие и оплата). Для конкретных потребностей фильтрации были разработаны различные механизмы автоматической очистки фильтров. В большинстве случаев процесс очистки регулируется в зависимости от измеренной разности давлений, а начало самоочистки происходит по достижении заданной разности напоров. Другой вариант - очистка по истечении времени, заданного таймером.

Существует несколько методов самоочистки сетчатых фильтров. В устройствах с циркуляцией поддерживается поток профильтрованной воды, при этом не происходит увеличение потерь напора. Грязь непрерывно удаляется с сетки благодаря спиральному движению направленного вниз потока воды; загрязняющие вещества попадают в сборник, расположенный на конце корпуса. Удаление грязи может осуществляться вручную, в непрерывном режиме с помощью дренажного клапана или автоматически по достижении заданной разности давлений на входе и выходе воды. Операция очистки продолжается в течение заданного времени. Механизм очистки и промывки может приводиться гидравлическим давлением, создаваемым потоком воды, либо от электродвигателя. Очистка сетки производится вращающимися щетками или всасывающими патрубками. Щетки работают более эффективно с сетками, имеющими относительно крупные отверстия (более 200 мкм), а для более мелких сеток размером до 200 мкм лучшим вариантом будет использование вращающихся всасывающих патрубков.

Рис.76. Автоматический фильтр со щетками

Рис.77. Автоматический фильтр со всасывающими патрубками

Для автоматической промывки дисковых фильтров необходимо ослабить крепление пакета дисков. При использовании метода, сочетающего вращение и очистку, создается противопоток воды и освобождается стяжной винт пакета дисков, после чего поток воды, вымывающий грязь из канавок, разделяет диски. Грязь удаляется из фильтра через дренажный клапан, который открывается автоматически.

Автоматическая промывка фильтров с фильтрующим материалом производится путем направления обратного потока воды из нижней части фильтра. Скопившаяся грязь выходит через дренажный клапан. Обратный поток создается автоматически по достижении заданной разности давлений.

Для автоматической промывки дисковых фильтров и фильтров с фильтрующим материалом создается обратный поток профильтрованной воды. В большинстве случаев используется компоновка, включающая несколько фильтров. Промывка фильтров производится последовательно, по одному.

Рис.78. Система автоматической фильтрации - схема потока воды  
1. Дренаж воды (выход); 2. Выход воды; 3. Вход воды

## **Расположение фильтров**

Расположение фильтров в системе орошения определяется с учетом качества воды и потребности в фильтрации для эмиттеров.

Если поверхностная вода, содержащая загрязняющие вещества, подается насосом из рек, ручьев, каналов и других открытых резервуаров, весьма важным становится выбор места установки насоса и глубины погружения всасывающей трубы. При возможности следует производить перекачивание в направлении против ветра, так как в противном случае находящиеся на поверхности воды загрязнения и растения могут под действием ветра попасть в зону всасывания насоса. Оптимальный уровень (глубина) забора воды - ниже верхнего слоя растительности и других загрязняющих материалов; в то же время забор воды должен производиться из верхнего слоя, содержащего достаточное количество растворенного кислорода. В определенных случаях рекомендуется использовать камеру для откачивания, защищенную фильтром с крупными отверстиями, во избежание закупорки всасывающего патрубка грязью.

Если перекачиваемая вода содержит песок или другие взвешенные твердые частицы, необходимо непосредственно перед насосом устанавливать отстойник или отделитель песка. Это позволит предотвратить осаждение твердых частиц в сети подачи воды.

Если вода содержит большое количество загрязняющих веществ, необходимо осуществлять многоступенчатую фильтрацию. В месте забора воды устанавливаются автоматические фильтры - сетчатые, дисковые или с фильтрующими элементами; возможно использование группы фильтров. На орошаемых участках устанавливаются дополнительные фильтры - сетчатые или дисковые.

Если для полива используется вода из глубоких колодцев с умеренным содержанием загрязняющих веществ, удовлетворительным решением может оказаться фильтрация на месте полива.

## **Способы дополнительной обработки воды**

В отдельных случаях приходится производить дополнительную химическую обработку поливной воды; наиболее широко применяется окисление и кислование. Окисление производят с целью разложения органических материалов и предупреждения образования слизи в результате воздействия серо- и железобактерий. В качестве окислителя обычно используется хлор. Можно добавлять к воде в твердом виде или в виде жидкого раствора гипохлорит натрия ( $\text{NaHClO}_2$ ) либо газообразный хлор. Использование последнего обходится дешевле и является эффективным. Следует, однако, помнить, что хлор - опасный газ. Если в воде присутствует двухвалентное железо, для уничтожения железобактерий и обеспечения выпадения железа в виде осадка из воды требуется содержание хлора в количестве 1 ppm (1 часть на миллион). Там, где присутствует сероводород, для уничтожения серобактерий, предупреждения образования слизи и осаждения серы необходимо 9 ppm хлора на 1 ppm серы.



Эффективное хлорирование обеспечивает разложение органических материалов и предупреждает появление водорослей и планктона в ирригационных трубопроводах и капельницах. Эффективность хлорирования проверяется по наличию остаточного хлора на конечных участках трубопроводов в количестве 1-2 ppm.

Кислование воды необходимо при работе с «жесткой» водой, содержащей большой процент бикарбонатов. Распространенные химикаты, применяемые для кислования, - серная, азотная и фосфорная кислоты. Хлорирование воды, подвергнутой кислованию, является намного более эффективным, чем применение щелочной воды; при этом снижается потребность в хлоре.

Химическую обработку воды весьма полезно производить перед ее подачей в систему фильтрации, чтобы уменьшить содержание загрязняющих веществ и обеспечить задержание разложившихся веществ в фильтрах. Сечение проходов для воды в эмиттерах меньше, поэтому возрастает важность химической обработки. Кислование воды должно производиться перед хлорированием. Запрещается смешивать химикаты для двух процессов, так как это может привести к возникновению опасной химической реакции.

### **Определение качества воды**

Точное определение качества воды существенно необходимо для выбора подходящей системы фильтрации и ее успешной работы. Химический состав воды может проверяться в лаборатории или на месте, с использованием полевых испытательных комплектов. Для эффективного хлорирования очень важно определить содержание остаточного хлора в дождевальных крыльях.

Были разработаны специальные устройства для оценки содержания загрязнений в воде. Миниатюрный гидроциклонный отделитель песка, присоединенный к системе питания водой, может использоваться для измерения содержания частиц почвы в воде. По количеству частиц почвы, скопившихся в конусном сепараторе, можно судить о содержании почвы в воде.

Более совершенным устройством является измеритель возможного засорения, разработанной Израильской Ассоциацией водного хозяйства (Israeli Water Works Association). Этот прибор измеряет время, необходимое для создания потери напора воды 3 м (0,3 атм) при постоянном потоке скопившихся загрязнений через сетку. В результате измерений получают сравнительный показатель - время возможного засорения, который можно применять для определения потребностей в фильтрации.

### **ФЕРТИГАЦИЯ**

Фертигация (удобрительное орошение) сочетает подачу воды и удобрений через систему полива. Удобрения поступают в систему орошения и распределяются в почве вместе с поливной водой. Применение этого способа при орошении дождеванием дает значительные выгоды. Наиболее впечатляющие результаты достигаются при микроирригации, хотя многие культуры выгодно орошать и с помощью иных методов. Ввиду того, что

отношение площади смачивания к общей площади участка в этом случае меньше, а промежутки между периодами полива - короче, преимущества оказываются еще более значительными. При подаче удобрений с поливной водой в системах частичного смачивания предупреждаются потери, связанные с их внесением в почву на участках, которые не поливались водой.

### **Преимущества фертигации**

- \* Равномерное распределение питательных веществ, вносимых в почву с поливной водой.
- \* Более глубокое проникновение питательных веществ в почву.
- \* Меньшие потери удобрений с поверхности почвы.
- \* Лучшая координация подачи питательных веществ в зависимости от потребностей культур, меняющихся в цикле роста.
- \* Более высокая эффективность внесения удобрений, что содействует их экономии.
- \* Регулирование и точное дозирование подачи удобрений в автоматических и полуавтоматических системах орошения позволяет избежать вымывания питательных веществ из-под обитаемой зоны.
- \* Частое внесение питательных веществ поддерживает требуемый уровень их содержания в маргинальных маломощных и песчаных почвах.
- \* Возможность обходиться без механизированного разбросного внесения удобрений предупреждает уплотнение почвы, а также повреждение растений и плодов.
- \* Фертигация содействует экономии трудозатрат и облегчает внесение удобрений.

### **Ограничения и меры предосторожности**

- \* Вред для здоровья в случае, если система подачи поливной воды присоединяется к сети подачи питьевой воды. Уменьшение объема подаваемой воды может привести к возникновению обратного потока воды, содержащей удобрения, и ее попаданию в систему снабжения питьевой водой.
- \* Вымывание питательных веществ при избыточном количестве подаваемой воды создает опасность загрязнения подземных и поверхностных источников воды.
- \* В систему орошения можно подавать только такие удобрения, которые полностью растворяются.
- \* Кислые удобрения способны приводить к коррозии металлических деталей системы орошения.
- \* Растворенные удобрения могут взаимодействовать с поливной водой. Последствие этого - повышение рН воды и выпадение в осадок нерастворимых солей, что приведет к засорению эмиттеров и системы фильтрации.
- \* Растворы кислых удобрений могут вызвать у оператора ожоги и другие повреждения.

\* Применение фертигации связано с начальными расходами на оборудование для ее осуществления.

\* Эксплуатация и обслуживание оборудования требует высокой квалификации персонала.

### **Оборудование для фертигации**

Подача удобрений через систему орошения под давлением требует преодоления давления в сети. Есть несколько способов решения этой задачи.

\* Создание разности давлений путем дросселирования потока воды в верхней зоне участка и направление части воды через бак с твердым растворимым удобрением, где оно постепенно растворяется и разбавляется в воде. Возможно также применение жидких удобрений из бака для удобрений.

Рис.79. Бак для удобрений

Рис.80. Бак для удобрений пропорциональный

\* Всасывание с помощью устройства с насадком Вентури, в котором на пути потока воды создается препятствие. Скорость потока воды в узком сечении увеличивается, создавая отрицательный напор, ниже атмосферного давления. Трубка, установленная в узком сечении, всасывает раствор удобрения из открытого бака для удобрения.

Рис.81. Инжектор Вентури - поперечное сечение

1.Вход удобрения; 2.Выход воды; 3.Зона всасывания удобрения; 4.Вход воды

\* Впрыск раствора удобрения насосами.

Насосы могут иметь электропривод, дизельный двигатель или привод через вал отбора мощности от трактора либо от источника давления в системе орошения. Гидронасос - универсальный привод; он надежен, а расходы по его эксплуатации и обслуживанию невелики.

Диафрагменные и поршневые гидронасосы приводятся в действие давлением в системе полива; после рассеяния энергии в них часть воды выходит наружу.

Рис.82. Поршневой гидронасос

Рис.83. Диафрагменный гидронасос

Рис.84. Прецизионный гидронасос

Для впрыска удобрений могут использоваться разнообразные типы насосов. Центробежные насосы устанавливаются в случаях, когда требуется высокая

производительность или если употребляются растворы удобрений небольшой чистоты.

Ротационные насосы применяются для точного впрыска небольших доз удобрения. Наиболее широкое распространение получили насосы диафрагменного типа, приводимые давлением воды, а также поршневые насосы; их достоинства: точность, надежность и невысокие расходы по обслуживанию.

Контроль фертигационных насосов может осуществляться от автоматической системы полива. Производительность насоса регулируется с помощью импульсного датчика, смонтированного на насосе; он преобразует перемещения поршня или диафрагмы в электрические сигналы. Информация о количестве поданного удобрения измеряется не поддающимся коррозии счетчиком и направляется к контроллеру. Последний координирует скорость и количество поданного удобрения в зависимости от расхода поливной воды.

Дозирование раствора удобрения контроллером может быть пропорциональным или количественным. В первом случае удобрение подается в одинаковой пропорции к поливной воде на протяжении всего цикла полива. Во втором случае заранее заданное количество удобрения подается в течение коротких периодов времени, также на протяжении всего периода полива.

В парниках необходимо одновременно подавать растворы многокомпонентных удобрений, содержащих различные питательные вещества. Некоторые виды удобрений нельзя смешивать в концентрированном состоянии, так как при этом может происходить их разложение или образование осадков. При использовании подобных удобрений приходится устанавливать в блоке управления два или три инжектора, соединенных последовательно. Расходы подачи удобрений различными инжекторами при этом измеряются и регулируются контроллером ирригации.

## **ТРУБОПРОВОДЫ**

Трубопроводы для подачи воды в системах орошения под давлением собирают из труб, изготовленных из алюминия, полиэтилена, ПВХ, непластифицированного ПВХ, стекловолокна, стали и асбоцемента. Размеры алюминиевых труб задаются в дюймах, по номинальному наружному диаметру: 1,5; 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10" и т.д.; наиболее распространенные диаметры - 2, 3 и 4". Трубы выпускаются стандартной длины - 6 и 12 метров. Поставляются трубы из ПВХ и полиэтилена диаметром от 12 до 1000 мм. В обозначении указывается наружный диаметр в миллиметрах. Полиэтиленовые трубы имеют следующую классификацию: низкой, средней и высокой плотности (LDPE, MDPE и HDPE, соответственно). Водяные эмиттеры - разбрызгиватели, микроразбрызгиватели и струйные микрораспылители - могут устанавливаться непосредственно на трубах либо присоединяться к ним с помощью стояков или труб.

Толщина стенок труб выбирается в зависимости от назначения трубопроводов и величины рабочего давления и резких изменений давления, которые они должны выдерживать. Полиэтиленовые трубы подразделяются на классы: 2,5; 4 и 6 атм. В обозначении указывается рабочее давление в атмосферах. Труба должна выдерживать кратковременные резкие увеличения

давления, соответствующие удвоенному рабочему давлению. Трубы для дождевальных крыльев выпускаются диаметром 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75 и 90 мм. В магистральных подачах используются большие диаметры. Полиэтиленовые трубы поставляются в бухтах, которые удобно транспортировать и несложно устанавливать на поле. Трубы из ПВХ высокой прочности (жесткие) выпускаются длиной 4, 6 и 12 м. По особому заказу могут поставляться трубы другой длины.

Срок службы труб зависит от их качества, рабочего режима давления и обслуживания. Химические удобрения, грызуны и воздействие суровых климатических условий могут приводить к уменьшению срока службы оросительных труб.

## **МУФТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Для соединения труб используются алюминиевые муфты. В некоторых конструкциях предусматриваются выходы для установки стояков с разбрызгивателями.

Герметические муфты применяются для соединения труб в главных питающих магистральных, которые укладываются на поле по крайней мере на один полный сезон.

Рис.85. Герметические муфты

Рис.86. Отсоединенная ленточная муфта

Рис.87. Колено

Двойные ленточные муфты имеют широкое применение. Выпускаются муфты диаметром 1,5; 2, 3, 4, 5 и 6". Муфта крепится к трубе с помощью двух хомутов и двух колец.

На концах муфты устанавливаются резиновые уплотнения, предотвращающие утечки во время полива и облегчающие дренаж после отключения подачи воды. Уплотнения для высокого и низкого давления отличаются внешним видом.

Муфты имеют надежную симметричную конструкцию, они легко отсоединяются от труб при транспортировании на прицепах; их установка весьма проста. В передвижных дождевальных установках муфты крепятся к колесам или опорам. Дренаж после отключения подачи воды производится с помощью дренажного клапана, установленного в средней части трубы. Одинарные муфты с защелкой изготавливаются диаметром 1, 1,5; 2, 3 и 4". Они фиксируются постоянно с помощью винтов на конце трубы. Такие муфты применяются главным образом в системах с ручным перемещением и буксируемых системах; их достоинство - удобство разборки.

Каждая группа муфт включает различные модели, например, муфты со специальными коленами для присоединения поливного крыла клапана; имеются

также различные колена, переходники для соединения элементов с различными диаметрами, концевые пробки и т.д.

Рис.88. Муфты с защелкой

Рис.89. Переходники клапанов

1.Переходник «Mazak»

Переходники, изготовленные из сплава «mazak» (сплав алюминия и свинца), следует устанавливать в местах соединения алюминиевых муфт с деталями, изготовленными из других металлов. Они выступают в роли изолирующего элемента, не допуская сплавления этих металлов с алюминием.

Для присоединения перемещаемых вручную дождевальных крыльев при орошении культур с высоким пологом, таких как кукуруза, применяются быстродействующие муфты. Они позволяют быстро отсоединять стояк от крыла.

Стояки изготовляют из оцинкованного железа, алюминия или ПВХ. На одном или обоих концах имеется резьба. Распространенные типы стояков для установки разбрызгивателей имеют диаметры 3/4 и 1 " .

Рис.90. Соединение алюминиевых деталей дождевального крыла

**Муфты из полипропилена :** по своим функциям они подобны муфтам из алюминия. Изготавливаются муфты различных размеров и конфигураций.

Муфты разделяются на две главные группы: наружные и внутренние. При использовании муфт первого типа труба вставляется в муфту и удерживается с помощью одного или двух колец с канавками. Существуют также комбинированные конструкции, предусматривающие сочетание в одном узле наружных и внутренних крепежных элементов. В системе орошения дождеванием преобладают недорогие муфты первого типа с деталями из пластмасс, таких как полипропилен, обеспечивающий прочность, гибкость и простоту сборки и разборки.

Рис.91. Муфты «седельного» типа

1.А. Пластмассовая 2.Б. Алюминиевая

Рис.92. Муфта из пластмассы

Рис.93. Тройник и колено из пластмассы

Существуют три способа крепления разбрызгивателей к дождевальным крыльям:

а. На стояке, установленном на муфте седельного типа, непосредственно на крыле. Муфта должна облегчать установку стояка в вертикальном положении.

б. С помощью трубы и опоры, что допускает некоторые изменения расположения. Соединения такого типа позволяют добиться вертикального положения разбрызгивателя независимо от положения крыла.

в. Непосредственно на муфте.

Муфты имеют различные конфигурации: колена, тройники, угольники и т.д.

Быстродействующие байонетные муфты служат для соединения стояков с алюминиевыми трубами, а также полиэтиленовых труб с клапанами и различными устройствами для выхода воды.

Рис.94. Монтаж разбрызгивателя на дождевальном крыле

Рис.95. Гибкое соединение для дождевального крыла из пластмассы

Рис.96. Быстродействующие муфты

Рис.97. Передвижной клапан

### **Передвижные клапаны**

Передвижные клапаны были разработаны для дополнения серии передвижных дождевальных установок с крыльями из алюминиевых труб и установок с ручным перемещением. Их обязательными компонентами являются стояки, устанавливаемые на поверхности, а также проложенные в земле магистрали - главная и вспомогательная. Стационарный элемент клапана монтируется на стояке, однако он не может быть открыт без подвижного элемента. Передвижной клапан присоединяется к стационарному элементу с помощью сдвоенной муфты с защелками либо байонетной муфты. Применение передвижных отсоединяемых клапанов преобладает на полях, расположенных на большом расстоянии от центра, чтобы предупредить вандализм и неразрешенное использование воды посторонними.

## **ТЕЧЕНИЕ ВОДЫ В ТРУБАХ**

### **Потери энергии на трение**

При течении воды в трубах происходит потеря энергии за счет трения воды о стенки трубы и поверхности других деталей системы орошения. Можно выделить две категории потерь на трение:

\* Потери на трение в продольном направлении ( $h_f$ ): вызываются трением воды о стенки трубы. Потери накапливаются по длине трубы.

\* Местные потери ( $h_l$ ): вызываются завихрениями при резких изменениях схемы течения, например при резком изменении диаметра трубы, движении через клапан, изгибы в трубопроводе и т.д. Такие потери - местные, однако их необходимо принимать во внимание.

### **Потери на трение в продольном направлении**

При расчете потерь напора из-за трения в трубопроводах используются следующие данные:

\* Коэффициент трения трубы  $C_{H-W}$  (для удобства -  $C$ ): он имеет постоянную величину для конкретной трубы и зависит от степени шероховатости ее стенок.

\* Внутренний диаметр трубы  $d$ : с увеличением диаметра снижаются потери на трение и заданное значение расхода.

\* Расход  $Q$ : с увеличением расхода увеличиваются потери на трение.

\* Длина трубы  $L$ : с увеличением длины увеличиваются потери на трение.

Потери напора можно выразить графически через уклон пьезометрической линии по длине траектории потока. В области потерь на трение пьезометрическая линия постепенно отклоняется вниз и имеет вид прямой наклонной линии, которая опускается в направлении потока. Резкое отклонение этой линии в вертикальном направлении выражает местные потери.

На участке (1)-(2) трубы, изображенной на рис.98, местных потерь нет. Все потери напора в этой зоне - потери на трение. Они выражаются наклоном пьезометрической линии в этой зоне; значение потерь  $h_f$  соответствует уклону линии энергии в зоне (1)-(2). Когда нет изменений значений  $C$ ,  $d$  и  $Q$ , величина потерь на трение на единицу длины будет постоянной, увеличивающейся равномерно в направлении потока в трубе. Потери на трение на единицу длины (гидравлический градиент) принято обозначать литерой  $J$ . Их величину рассчитывают по формуле:

$$J = \frac{h_f}{L} = \frac{E_1 - E_2}{L}$$

Рис.98. Графическое представление потери напора из-за трения  
1.Линия энергии; 2.Пьезометрическая линия; 3.Базовая линия

Из Рис.98 видно, что значение  $J$  действительно представляет собой наклон пьезометрической линии. Обычно эта величина выражается в процентах (%), промилле (‰) или десятичной дробью.

**Пример:** если на Рис.98

$$L = 100 \text{ м}, E_1 = 101,5 \text{ м}, E_2 = 100,0 \text{ м}$$

Тогда

$$J = \frac{101,5 - 100}{100} = \frac{1,5}{100} = 0,015 = 1,5\% = 15\text{‰}$$

$J$  - гидравлический градиент, который совершенно не зависит от уклона трубы!

Существует несколько формул для расчета потерь на трение в трубах.

Наиболее широкое распространение получила формула **Хейзена-Уильямса**:

$$J = 1,131 \times 10^{12} (Q/C)^{1,852} \times D^{-4,87}$$

где:

$J$  - гидравлический градиент, выраженный в ‰ (потеря напора в метрах на 100 м длины трубы)



$Q$  - расход воды в м<sup>3</sup>/ч

$C$  - коэффициент трения (в пределах 80-150). Чем ниже его значение, тем больше трение.

$d$  - внутренний диаметр трубы в мм.

Коэффициент трения  $C$  зависит от шероховатости внутренней стенки трубы. Значение коэффициента может увеличиваться со временем из-за коррозии в стальных трубах без покрытия и скопления осадков в трубах всех типов.

Характерные средние значения коэффициента  $C$ :

В трубах из ПВХ и полиэтилена:  $C = 140-150$

В асбоцементных трубах:  $C = 130-140$

В новых стальных трубах:  $C = 110-120$

В стальных трубах после 5 лет эксплуатации:  $C = 80-90$

В стальных трубах с внутренним бетонным покрытием:  $C = 110-120$

В бетонных трубах:  $C = 90-100$ .

### Измерение давления

Правильно выбранный режим давления - залог оптимального орошения. Для каждого типа эмиттеров имеется допустимый диапазон давлений, при работе в котором распределение воды будет удовлетворительным. Выход за его пределы снижает эффективность подачи воды. Давление может измеряться в фиксированных измерительных точках установленными там манометрами либо с помощью переносных манометров, предназначенных для измерения давления в насадках разбрызгивателей. Другой вариант - использование переносного манометра, снабженного иглой; такой манометр может устанавливаться на специальных патрубках, имеющих в отдельных компонентах системы ирригации. Примеры: колена, пробки, устройства для фертигации и т.д.

Рис.99. Измерение давления

### Расчет потери напора в продольном направлении

Расчет предполагаемого значения потери давления существенно важен при проектировании новых систем ирригации. Эта величина также необходима для сравнения реальных технических показателей системы ирригации с расчетными.

Расход эмиттера зависит от давления, как видно из следующей формулы:

$$Q = \frac{\sqrt{P} \times d^2 \times 3,96 \times C}{100},$$

где:

$Q$  - расход эмиттера, м<sup>3</sup>/ч

$P$  - давление в разбрызгивателе, атм

$d$  - номинальный диаметр насадки, мм

$C_e$  - коэффициент, зависящий от конструкции разбрызгивателя. Его среднее значение 0,9.

**Таблица 10. Потери расхода в алюминиевых трубах, в м напора на 100 м длины трубы, без выходных отверстий**

Расход м <sup>3</sup> /ч	Номинальный диаметр				
	2"	3"	4"	6"	8"
2	0,32	0,02			
3	0,71	0,09	0,01		
4	1,24	0,16	0,03		
6	1,89	0,23	0,05		
8	3,54	0,44	0,09		
10	5,69	0,72	0,17		
15	13,32	1,66	0,39	0,03	
20	20,95	2,62	0,63	0,07	0,01
30	49,50	6,07	1,40	0,19	0,04
35	63,00	7,82	1,82	0,23	0,05
40		9,70	2,28	0,30	0,06
45		11,71	2,78	0,37	0,08
50		14,39	3,36	0,44	0,10
55		17,02	3,94	0,51	0,12
60		21,18	4,90	0,60	0,15
80		34,50	8,05	1,06	0,26
90		44,60	10,42	1,36	0,33
100			12,90	1,68	0,40
120			19,31	2,58	0,58
150			29,90	3,89	0,92
180				5,02	1,20
200				6,23	1,50
250				9,18	2,19
300				14,60	3,48
350				18,90	4,51
400					5,11
425					6,14
450					6,85

Расчет потери напора можно производить по формуле Хейзена-Уильямса. В обычной практике расчеты можно упростить, используя таблицы, номограммы, специальные логарифмические линейки и программное обеспечение компьютеров.

**Пример:**

$$L = 500 \text{ м, } Q = 60 \text{ м}^3/\text{ч, } d = 6''$$

Из таблицы можно видеть, что при расходе 60 м<sup>3</sup>/ч потеря напора для алюминиевой трубы 6" будет 0,6 м на 100 м длины (0,6%). Потеря напора на длине 500 м составит 0,6 x 500/100 = 3 м.

### Потери напора в дождевальных крыльях

Результаты, которые дают таблицы и номограммы, относятся к глухой трубе без выходных отверстий. При подаче воды через выходные отверстия, расположенные по длине трубы, накопленная потеря напора в трубе снижается. В таких случаях расчет потери напора по длине трубы можно выполнять по отдельным участкам между выходными отверстиями.

Упрощенная процедура расчета потерь напора в дождевальных крыльях предусматривает умножение величины потери напора в глухих трубах на коэффициент  $F$ . Его значение зависит от числа выходных отверстий по длине трубы и расстояния от первого разбрызгивателя до входа в дождевальное крыло. Такой метод можно применять, если расходы всех эмиттеров и расстояния между эмиттерами по длине крыла равны.

**Таблица 11. Коэффициент  $F$  в дождевальных крыльях**

Количество эмиттеров	$X = 1$	$X = 1/2$
1	1,0	1,0
2	0,625	0,500
3	0,518	0,422
4	0,469	0,393
5	0,440	0,378
6	0,421	0,369
7	0,408	0,363
8	0,398	0,358
9	0,391	0,355
10	0,385	0,353
11	0,380	0,351
12	0,378	0,349
13	0,373	0,348
14	0,370	0,347
15	0,367	0,346
16	0,365	0,345
17	0,363	0,344
18	0,361	0,343
19	0,360	0,343
20	0,359	0,342
22	0,357	0,341
24	0,355	0,341
26	0,353	0,340
28	0,351	0,340
30	0,350	0,339
40	0,345	0,338
50	0,343	0,337
100	0,338	0,337
более 100	0,333	0,335

В таблице 11 даются значения коэффициента  $F$  в крыльях. При  $X = 1$  расстояние между вспомогательной магистралью и первым эмиттером равно интервалу между эмиттерами вдоль крыла. Если  $X = 1/2$ , это означает, что расстояние между вспомогательной магистралью и первым эмиттером составляет половину расстояния между эмиттерами по длине крыла.

### Пример:

$L=114$  м, расстояние от вспомогательной магистрали до первого разбрызгивателя - 6 м. Расстояние между разбрызгивателями - 12 м,  $d=2$  ", расход разбрызгивателя -  $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Какой будет потеря напора в дождевальном крыле?

Количество разбрызгивателей на крыле равно 10. Производим вычитание:  $114 \text{ м} - 6 \text{ м}$  (первая секция) =  $108 \text{ м}$ . Рассчитываем число секций:  $108 \text{ м}/12 \text{ м}$  (расстояние между разбрызгивателями) = 9 секций, т.е. 10 разбрызгивателей.

Полный расход дождевального крыла:  $1,5 \text{ м}^3/\text{ч} \times 10 = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Потеря напора в крыльях 2" без распределения составит (см. таблицу 10):

Для длины 100 м: 13,32 м

Для длины 114 м:  $13,32 \times 114/100 = 15,18 \text{ м}$ .

Значение коэффициента  $F$  из таблицы 11 для 10 эмиттеров (третья колонка,  $X = 1/2$ ) = 0,353.

Фактическая потеря напора составит:

$15,18 \text{ м} \times 0,353 = 5,36 \text{ м}$ .

Пределы значений коэффициента  $F$  - от 0,5 для двух выходных отверстий до 0,33 для числа отверстий более 100.

### Давление и топография

Топография поля оказывает влияние на давление в системе орошения. Увеличение высоты на 1 м приводит к снижению давления на 1 м (0,1 атм). Понижение на 1 м снижает давление на 1 атм.

Уклон по длине трубы может выражаться в процентах. Это облегчает расчет совместного влияния трения в трубах и топографии в каждой точке поля.

### Номограммы и логарифмические линейки

В обычных случаях потери напора принято рассчитывать с помощью номограмм, логарифмических линеек и компьютеров.

Рис.100. Логарифмическая линейка для расчета потерь напора в трубах

1.Совместите отметку расхода (верхнее окошко) или скорости (нижнее окошко) со значением коэффициента трения  $C$ . Значение диаметра трубы считывается против значения потери давления в том же окошке; 2.Примечание:  $C = 140$  - это значение следует использовать для труб диаметром от 75 до 450 мм, а значения  $C = 150$  для диапазона диаметров труб 500-1500 мм; 3. $C$  - коэффициент трения; 4.Расход,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ; 5.Диаметр трубы, мм; 6.Потеря напора, м/км; 7.Скорость, м/с.

### Потери напора в трубах из ПВХ и полиэтилена

Расчет потерь напора в трубах из ПВХ и полиэтилена подобен случаю с алюминиевыми трубами. Для труб из пластмасс номинальным диаметром является их наружный диаметр, поэтому необходимо знать толщину стенки. Имея значения наружного диаметра и толщины стенки, можно рассчитать внутренний диаметр и чистое поперечное сечение трубы. Эти величины требуются для расчета потери напора по формуле Хейзена-Уильямса, а также для пользования универсальными номограммами для расчета потери напора, где в качестве одного из параметров используется внутренний диаметр.

В трубах из пластмассы, рассчитанных на большее номинальное рабочее давление, толщина стенки трубы соответствующего типа должна быть больше, а это означает, что внутренний диаметр и площадь свободного проходного сечения в трубах с тем же наружным диаметром будут меньше.

Рассмотрим пример с полиэтиленовыми трубами диаметром 50 мм, рассчитанными на рабочее давление 4, 6 и 8 атм. Внутренний диаметр будет наибольшим для труб класса 4 атм и наименьшим - для труб класса 8 атм. При одинаковом расходе наибольшие потери напора будут иметь место в трубах класса 8 атм, а наименьшие - 4 атм. Ниже приводятся две номограммы (Рис.102), включающие данные для наиболее распространенных типов труб из полиэтилена - жесткого (высокой плотности) и мягкого (малой плотности).

#### Пример расчета: (по номограмме Хейзена-Уильямса)

Необходимо рассчитать потерю напора для дождевального крыла из алюминиевых труб 3" с 16 разбрызгивателями, установленными на расстоянии 12 м друг от друга. Средний расход разбрызгивателя (производительность) равен 1,5 м<sup>3</sup>/ч, длина крыла 186 м. Коэффициент трения /C/ трубопровода - 120.

#### Решение:

Накопленный расход 16 разбрызгивателей при среднем расходе на один разбрызгиватель 1,5 м<sup>3</sup>/ч равен 24 м<sup>3</sup>/ч. Проводим линию на «Номограмме для определения гидравлического градиента в трубах» (Рис.101) от точки А (24 м<sup>3</sup>/ч) по шкале расхода (Q), через точку, соответствующую диаметру трубопровода (D) = 3" по шкале диаметров. Эта линия пересечется с осью номограммы в точке В. Проводим вторую линию от точки С, соответствующей значению 120 на шкале коэффициентов С, через точку пересечения В, уже отмеченную на оси номограммы. Линия продолжится до шкалы J (потеря напора). Точка D на шкале J указывает потерю напора 43 0/00, то есть 43 м на 1000 м длины трубы.

Потеря напора на всей длине трубопровода (186 м) составит 43 x 186/1000 - около 8 м. Дождевальное крыло с разбрызгивателями представляет собой распределительный трубопровод, поэтому необходимо умножить 8 на коэффициент F.

Первый разбрызгиватель устанавливается на конце первой алюминиевой трубы длиной 6 м. Расстояние от вспомогательной магистрали до этого

разбрызгивателя будет равно половине расстояния между разбрызгивателями по длине крыла, которое равно 12 м.

Из таблицы 11 «Значения коэффициента  $F$  в дождевальных крыльях» (колонка  $X = 1/2$ ) можно найти значения коэффициента  $F$  для крыла с 16 выходными отверстиями. Оно равно 0,345.

Если умножить полученную цифру (0,345) на величину 8 м (потеря напора для крыла 186 м, не являющегося распределительным трубопроводом, - см. номограмму), можно получить значение потери напора в крыле:

$$8 \times 0,345 = 2,76$$

**Таблица 12. Пластмассовые трубы**

Материал	Номинальный диаметр	Применение	Рабочее давление - бар (атм)
Мягкий полиэтилен(ПЭ)/мягкий ПВХ	6 мм	Гидроуправление	4-12
То же	6-10 мм	Соединение между крылом и микроэмиттерами	4-6
То же	12-25 мм	Крылья из тонкостенных труб, для капельного орошения	0,5-2
Мягкий ПЭ	12-25 мм	Крылья для капельного орошения	2,5-4
Мягкий ПЭ/мягкий ПВХ	16-32 мм	Крылья для мини- и микроэмиттеров	4-6
Твердый ПЭ	32-75 мм	Крылья с разбрызгивателями	4-6
То же	40-140 мм	Магистральи - главные и вспомогат.	4-10
То же	75-450 мм	Сети подачи воды	6-16
Непластифицир. ПВХ	1/2-4"	Стойки	6-10
То же	63-1000 мм	Магистральи - главные и вспомогат., сети подачи	10

Рис.101. Номограмма для расчета по формуле Хейзена-Уильямса  
1.Расход в м<sup>3</sup>/ч; 2.м<sup>3</sup>/ч; 3.Диаметр трубы в мм; 4.Линия 5.м/с; 6.Скорость, м/с

Рис.102. Номограммы для определения потери напора в полиэтиленовых трубах

1. Потеря напора; 2. Расход, м<sup>3</sup>/ч; 3. Потеря напора в трубах из мягкого полиэтилена; 4. Рабочее давление 5. кг/см<sup>2</sup>

Рис. 103. Номограмма для определения значений местного гидравлического градиента в различных деталях трубопроводной арматуры

1. Проходной вентиль, открытый; 2. Угловой клапан, открытый;  
3. Возвратное колено, закрытое; 4. Стандартный тройник, боковой выход;  
5. Стандартный угольник или секция тройника, уменьш. 1/2; 6. Угольник, средний или секция тройника, уменьш. 1/4; 7. Угольник, длинный или секция стандартного тройника; 8. Задвижка; 9. Закрыт; 10. Полностью открыт;  
11. Стандартный тройник; 12. Угольник 90°; 13. Вход Borda; 14. Резкое расширение; 15. Обычный вход; 16. Резкое сужение; 17. Угольник 45°; 18. м;

19. **Пример:** Штриховая линия показывает, что сопротивление стандартного угольника 6" примерно эквивалентно сопротивлению стандартной трубы 6" .

**Примечание:** Для случаев резкого расширения или сужения необходимо выбирать меньшее значение диаметра  $d$  по шкале размеров труб  
20. Эквивалентная длина прямой трубы, в футах; 21. Номинальный диаметр стандартной трубы, в дюймах; 22. Внутренний диаметр, в дюймах

## РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ

Существуют две главные схемы распределения воды при поливе.

\* Полное и равномерное смачивание поверхности почвы, имеющее место при орошении дождеванием (разбрызгивателями) и поверхностном орошении по полосам

\* Местное орошение, например, капельное орошение, полив по бороздам и подкороновый полив фруктовых садов.

Равномерность распределения воды - один из наиболее важных факторов при решении задачи успешного выращивания сельскохозяйственных культур. При недостаточной равномерности распределения воды растения будут развиваться неравномерно, может наблюдаться угнетенный рост или чрезмерный вегетативный рост на одном поле. Неравномерное распределение воды неблагоприятно отразится на аэрации почвы и может вызвать вынос питательных веществ на одном участке при накоплении вредных солей в обитаемой зоне растений - на другом.

Критерии равномерного распределения воды будут совершенно различными для двух схем распределения воды, упомянутых выше. Высокую равномерность распределения не обеспечивают методы локализованного полива, и такая задача не ставится для всей поверхности почвы. Считается, что вода распределяется удовлетворительно, если все растения на орошаемом участке получают одинаковые объемы воды. Чтобы решить эту задачу, следует правильно выбрать схему оросительной системы.

При использовании методов орошения, ставящих целью распределение воды по всему участку, важно добиться высокой степени равномерности распределения.

На практике абсолютной равномерности достичь нельзя. Получить цифру 100% не представляется возможным из-за разнообразия элементов системы орошения и топографии, а также других факторов.

Были разработаны три метода оценки равномерности распределения воды при орошении дождеванием всей площади участка. Все они основываются на измерении распределения воды по всей зоне между соседними разбрызгивателями.

**Равномерность распределения (DU)** - впервые эта концепция была предложена Службой охраны и рационального использования почвы Министерства сельского хозяйства США. Этот показатель выражает отношение между средней глубиной поступления воды на четверти (25%) площади, получающей наименьшее количество поливной воды, и средней глубины для всей смоченной площади

$$DU = 100 \times \frac{\text{Среднее значение для «наименьшей четверти»}}{\text{Среднее значение}}$$

Второй метод оценки равномерности при орошении дождеванием основан на принципе **Коэффициента равномерности (CU)**, как было предложено Дж.И.Христиансенем.

$$CU = 100(1 - \frac{X_i - X}{n})$$

**CU** - коэффициент равномерности (%).

**X<sub>i</sub>** - отдельные показания

**X** - среднее значение показаний

**n** - число показаний

Существуют линейные отношения между значениями CU и DU.

$$CU = 0,63DU + 37,0$$

$$DU = 1,59CU - 59,0$$

Третий метод связан с использованием **Коэффициента режима (SC)**. Это - стандарт равномерности, первоначально предложенный для оценки полива газонного дерна. При этом даже относительно небольшие участки, полив которых произведен недостаточно хорошо, будут бросаться в глаза. Соотношение между значениями средней глубины полива на всем участке и на заранее определенном критическом участке, **SC** - это показатель, на который необходимо умножить значение среднего количества поданной воды, чтобы компенсировать неравномерность полива. Численное значение **SC** будет равно или больше единицы. При **SC = 1,0** достигается полная равномерность. Значение 1,5 указывает на необходимость увеличить на 50% количество воды для компенсации неравномерности полива.

Коэффициент режима можно рассчитать для критических участков различных размеров. Широко распространенные значения - 1, 2, 5 и 10%



орошаемой площади. Даже наибольшее из них значительно меньше показателя «наименьшей четверти» (25%), используемого при расчете DU. Значение SC, рассчитанное на базе величины 5%, обеспечивает удовлетворительные результаты для большинства практических ситуаций при поливе почвенного покрова.

### Среднее значение показаний

**SC = Среднее значение показаний для критич. сухой зоны**

Широко используются три метода определения равномерности полива. В соответствии с ними для измерения количества поданной воды используют сборники воды (контейнеры емкостью 200-500 мл), установленные по схеме сетки с расстоянием между соседними контейнерами 0,25-2 м. Испытания на распределение можно проводить при различных скоростях ветра. Базовые номинальные данные относятся к условиям безветрия.

#### **Метод 1. Испытание с одним разбрызгивателем**

Разбрызгиватель работает с равномерным давлением 3-4 часа. Положение каждого контейнера и объем воды в контейнерах можно регистрировать в конце периода испытания. Скорость и направление ветра, а также скорость вращения разбрызгивателя (в оборотах в минуту) и его расход записываются по ходу испытания. Картина распределения воды, поданной разбрызгивателем, может наноситься на график. Равномерность подачи воды при различных расстояниях между разбрызгивателями определяется путем теоретического наложения схем распределения для разбрызгивателей.

Недостаток метода: приходится полагаться на теоретическое наложение, а испытание продолжается сравнительно долго (3-4 часа) из-за малого количества воды, накапливающегося в контейнерах. Испытываемый разбрызгиватель должен быть представительным для группы. Результаты испытаний необходимо воспроизводить. Этот метод требует большего числа контейнеров для воды, чем другие. Поскольку измерение количества накопившейся в контейнерах воды требует сравнительно большого времени, следует позаботиться о том, чтобы не происходило ее испарение.

#### **Метод 2. Испытание с одним дождевальным крылом с разбрызгивателями**

Разбрызгиватели устанавливаются на одном крыле с заданными интервалами. Обычно достаточно четырех разбрызгивателей, при условии, что радиус (ширина захвата разбрызгивателя) не превышает удвоенного расстояния между разбрызгивателями на крыле и что не происходит уноса воды ветром в направлении, параллельном крылу. Такой метод испытаний создает условия, наиболее близкие к полевым, при орошении разбрызгивателями с ручным перемещением, если дождевальные крылья не работают одновременно рядом друг с другом. Испытание показывает фактическое распределение воды с двух сторон крыла. Совмещая данные для двух соседних крыльев, можно рассчитать

равномерность распределения для различных положений крыльев. Продолжительность испытания должна быть не менее двух часов .

### **Метод 3. Испытание дождевальных крыльев, работающих одновременно**

Применяются четыре дождевальных крыла, на каждом из них устанавливаются не менее четырех разбрызгивателей. Контейнеры располагаются между четырьмя центральными разбрызгивателями на средних крыльях. Если радиус захвата разбрызгивателя превосходит удвоенное расстояние между разбрызгивателями, требуется более четырех крыльев и 16 разбрызгивателей. Количество контейнеров, в которых необходимо измерять количество воды при этом методе, меньше, а продолжительность испытания составляет всего один час. Пользуясь этим методом, можно рассчитать величину равномерности распределения только для испытываемого расстояния между разбрызгивателями.

Рис.104. Испытание с одним разбрызгивателем

Рис.105. Испытание с одним крылом  
1.Клапан; 2.Манометр; 3.Разбрызгиватель

Рис.106. Одновременные испытания  
1.Клапан; 2.Манометр; 3.Разбрызгиватель

Анализ результатов испытаний производится по формуле Кристиансена. Коэффициент равномерности (CU) считается удовлетворительным, если он равен 84% или более. При оптимальных условиях на поле можно добиться увеличения этого значения до 90% и более. Равномерность распределения ниже 84% считается неудовлетворительной. При этом возможны потери воды и нарушения роста.

Рис.107. Открытый опытный участок

Рис.108. Закрытое помещение для проверки распределения воды

Рис.109. Бланк записи результатов измерения равномерности распределения воды

1.ОРОШЕНИЕ ДОЖДЕВАНИЕМ		
2.ИСПЫТАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ПОЛИВА		
3.МЕСТО	ДАТА ИСПЫТАНИЯ	№ ИСПЫТАНИЯ
4 .		
1.Разбрызгиватель		
2.Размер насадки		
3.Давление, м		
4.Время начала		

- 5.Продолжительность испытания
  - 6.Скорость ветра, м/с
  - 7.Температура, °С
  - 8.Относительная влажность, %
  - 9.Расход, м<sup>3</sup>/ч
  - 10.Расстояние между контейнерами      2x2
  - 11.Высота стояка
  - 12.Скорость вращения (об/мин)
- 5.Примечания
  - 6.Имена испытателей

Рис.110. Измеренные количества воды на одной четверти зоны увлажнения  
- испытание с одним разбрызгивателем

- 1.Разбрызгиватель

Рис.111. Картина распределения воды, подаваемой разбрызгивателем

1.Общее количество воды в сосудах (см<sup>3</sup>) ; 2 . Кривая распределения для испытания с одним разбрызгивателем (испытания проводились в условиях безветрия); 3.Средний радиус; 4.Расстояние от разбрызгивателя в м

Рис.112. Картина распределения воды, концентрическая

1.Расстояние от разбрызгивателя; 2.Количество воды в канистрах, мл; 3.Х - расположение разбрызгивателя

Таблица 13. Расчет коэффициента Кристиансена (коэффициент равномерности) на базе экспериментальных данных (пример):

$$C\bar{U} = 100 \frac{1}{n} - \frac{(2) \times (4)}{(3)} \quad (3)$$

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1)Показания	2)Колич. показаний	3)Rxn	4)Абс.откл. от средн. знач.	
(R)	(n)	(1)x(2)	(d)	(2)x(4)
100	1	100	24	24
102	2	204	22	44
104	1	104	20	20
106	2	212	18	36
108	2	216	16	32
110	6	660	14	84
112				
114	2	228	10	20
116	3	348	8	24
118	5	590	6	30
120	1	120	4	4
122	5	610	2	10
124	4	496	0	0

126	1	126	2	2
128	4	512	4	16
130	6	780	6	36
132	3	396	8	24
134	6	804	10	60
136	6	816	12	72
138	3	414	14	42
140				
142	1	142	18	18
144	1	144	20	20
146	1	146	22	22
Итого	66	8168	-	640

$$\text{Среднее показание} = \frac{8168}{66} = 124$$

$$C\sigma = 100 \cdot \frac{640}{8168} = 100 \cdot (1 - 0,078) = 100 \cdot 0,922\% = 92,2\%$$

Рис.113. Влияние ветра на картину распределения по обе стороны одного дождевального крыла

1.Расстояние от линии разбрызгивателей, м; 2.безветрие; 3.ветер в параллельном направлении; 4.ветер в перпендикулярном направлении; 5.см<sup>3</sup>

Рис.114. Одностороннее представление картины распределения для миниэмиттеров

1.Количество воды, мм/ч; 2.Эмиттер 800 с черным наконечником, давление 2 атм (70 л/ч) высота 0 см 8,86;  
3.см

## ТЕХНИКА (СПОСОБЫ) ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ

При классификации способов орошения дождеванием используются три критерия:

- \* Вид культуры: полевые культуры, садовые, парниковые и т.д.
- \* Тип эмиттера: надкроновый, подкроновый, микроразбрызгиватель и т.д.
- \* Степень подвижности: с ручным перемещением, позиционный, перемещаемое дождевальное крыло, установка с прямолинейным перемещением и т.д.

Наличие оборудования, потребности конкретных культур, экономические соображения, а также характеристики рабочей силы - наличие, квалификация и стоимость, - все это определяет выбор способа орошения.

Дождевальные крылья с разбрызгивателями изготавливаются из алюминия и пластмасс.

### Алюминиевые трубы

### **Установки с ручным перемещением**

Дождевальные крылья с разбрызгивателями, в которых применяются секции труб диаметром 2 и 3" длиной 6 или 12 метров, перемещаются с одной позиции на другую. Каждое крыло на протяжении цикла орошения будет занимать различные положения. При переходе к очередному циклу полива крылья будут перемещаться вперед вдоль распределительной магистрали, а последнее крыло возвратится к началу поля. Такая схема, известная под названием «перемещение по часовой стрелке», имеет широкое применение. Перемещение вручную обычно применяют при работе на небольших участках под полевыми культурами и овощами, в садах, а также на полях, где нельзя применять перемещаемые дождевальные крылья. Это - весьма трудоемкий метод, требующий от операторов значительных физических усилий.

Рис.115. Схема с ручным перемещением: алюминиевые трубы 2", расстояния 6 x 12 м. 4 дождевальных крыла x 4 позиции  
1. диам. 75 мм, ПВХ; 2. м

### **Потребность в рабочей силе**

Орошение 1 га хлопчатника при расположении разбрызгивателей по схеме 12 м x 18 м требует четырех рабочих часов; сюда входит установка и демонтаж дождевальных крыльев на поле, перемещение и т.д. Орошение овощей на участке 1 га при расположении по схеме 6 м x 12 м требует двух часов.

### **Рекомендации по эксплуатации установки с ручным перемещением**

- \* Соединение и разъединение труб необходимо вести от центра тяжести;
- \* дождевальные крылья следует промывать водой с небольшим расходом во время сборки;
- \* при возвращении назад, к головной части крыла, следует проверять состояние муфты, устойчивость разбрызгивателей и их работу;
- \* при поливе высокорослых культур, таких как хлопчатник или кукуруза, следует заранее подготовить тропинки между растениями, чтобы облегчить перемещение и установку труб;
- \* если используются трубы длиной 12 м в установках для полива высокорослых полевых культур, в средней части трубы следует установить стояк. Запрещается переносить трубы в вертикальном положении, так как это может привести к опасным контактам с электропроводами, и
- \* в конце сезона полива оборудование следует обслужить и поставить на хранение.

Рис.116. Соединение алюминиевых труб

### **Передвижные дождевальные установки осевого перемещения**

Дождевальные крылья перемещаются из одного положения в другое трактором. Число рабочих позиций должно быть равно удвоенному числу распределительных магистралей. Обычно число позиций дождевального крыла выбирается равным 6, однако на некоторых полях этот показатель может быть равен 4, 8 или даже больше.

Рис.117. Система с прямолинейным перемещением: 2 комплекта, 8 крыльев в каждом, число позиций крыла - 6, расположение 12 x 18 м

### **Сравнение характеристик позиционных и передвижных установок**

При схеме расположения 12 x 18 м на 1 га требуется 600 м алюминиевых труб для позиционных установок, в то время как для передвижных установок достаточно будет 100 м. Установки второго типа экономичны при работе с культурами, дающими высокие доходы, но требующими частого полива. Ввиду этого передвижные установки все чаще и чаще используются для полива полевых и кормовых культур. В последнюю декаду там, где имеются средства для капиталовложений, механизированные самоходные дождевальные крылья и установки с поливом в движении по кругу приходят на смену передвижным установкам.

### **Перемещаемые установки в плодовых садах**

Дождевальные крылья с трубами из мягкого полиэтилена (класс 6) диаметром 16, 20 и 25 мм и длиной до 50 м, с одним или двумя разбрызгивателями на конце крыла перемещаются вдоль рядов деревьев. В начале цикла орошения крыло располагается по всей ширине между двумя рядами деревьев. По окончании первой смены крыло передвигается на следующую позицию вдоль ряда деревьев, и такая процедура повторяется до завершения цикла.

Оборудование возвращается в исходное положение, делая «большой шаг» - и находится там до начала следующего цикла орошения.

Число позиций может быть различным, в зависимости от условий в саду. Обычно оно находится в пределах от 2 до 6. Ирригатор идет по сухой почве, неся трубы; ему не приходится переходить из одного ряда деревьев в другой. Эффективность работы - выше, чем при ручном перемещении алюминиевых труб в аналогичных условиях. Такой способ полива является недорогим, так как для полива требуется небольшое число разбрызгивателей; с другой стороны, износ дождевальных крыльев будет больше из-за разрушения труб. Монтаж должен производиться с высокой точностью. Необходимо использовать квалифицированный постоянный персонал.

### **Позиционные системы в плодовых садах**

#### **Подкрановое орошение**

Трубы из мягкого полиэтилена (класс 4) диаметром 16, 20 или 25 мм укладываются вдоль рядов деревьев сбоку от стволов. Разбрызгиватели невысокой производительности, мини- и микроразбрызгиватели или струйные микроразбрызгиватели (производительностью до 250 л/ч) монтируются на трубах или присоединяются с помощью трубок из пластмассы небольшого диаметра. Поливная норма низкая, в пределах 3-5 мм/ч. Расстояние между эмиттерами вдоль дождевального крыла зависит от расстояния между деревьями, оно выбирает из расчета 1 эмиттер на 1 или 2 дерева. Вспомогательные магистрали обычно выполняют из труб из жесткого полиэтилена, рассчитанных на 4-6 атм (класс 4 или 6) под землей в направлении, перпендикулярном к рядам деревьев. В тех местах, где возможно повреждение труб дятлами, детали крыльев следует зарывать в почву.

Рис.118.Позиционная система в плодовом саду. Схема расположения 6х6. Производительность разбрызгивателя 120 л/ч

Данный метод является дорогостоящим, однако несмотря на это позиционные системы приходят на смену установкам с ручным перемещением в плодовых садах. Наиболее широко используют микроэмиттеры, а также устройства для капельного орошения.

Позиционные системы позволяют сэкономить рабочую силу, они удобны в эксплуатации и хорошо работают со всеми типами систем автоматического управления. Небольшой угол струи предупреждает смачивание полога, уменьшая заболеваемость листьев и смыв пестицидов. Воздействие ветра в садах со зрелыми деревьями на равномерность распределения воды весьма незначительна. Такую систему можно применять для уменьшения вреда, причиняемого садам в периоды заморозков и сильной жары.

В позиционных системах, применяемых для полива плодовых садов, широко используется фертигация. Короткий цикл полива и улучшенное регулирование глубины увлажнения повышает эффективность применения питательных веществ.

### **Надкрановое орошение**

Трубы из жесткого полиэтилена класса 4 диаметром 40 - 75 мм укладываются вдоль рядов возле деревьев. Разбрызгиватели монтируются на высоких стояках над вершинами деревьев. Они располагаются через один или два ряда на расстоянии 10-15 м вдоль дождевального крыла в соответствии с расположением деревьев и размерами участка. Для снижения эксплуатационных расходов расстояния между разбрызгивателями выбираются как можно большими. Система легко монтируется, она проста в эксплуатации, трудозатраты минимальны, а полное орошение площадей обеспечивается правильным расположением разбрызгивателей и выбором соответствующего давления. Система, однако, не лишена недостатков: она требует высокого рабочего давления и низкого содержания солей в поливной воде. Полив можно

производить только ночью. На границах участка имеют место потери воды, особенно при небольших площадях. Происходит смачивание листьев, что приводит к заболеваниям листьев и плодов.

В последние годы методы подкоронового орошения стационарными установками пришли на смену системам надкоронового орошения в плодовых садах. Однако если необходимо уменьшить повреждение плодов при низких температурах эффективность надкоронового орошения будет намного выше, чем подкоронового.

### **Применение позиционных систем с миниразбрызгивателями для полива овощей**

На протяжении последнего десятилетия значительно расширилось применение миниразбрызгивателей-эмиттеров малой производительности в позиционных системах полива, устанавливаемых на открытых полях, занятых овощами. Эмиттеры представляют собой модифицированные миниразбрызгиватели для подкоронового орошения плодовых культур. Они обеспечивают увеличение диаметра орошения, допуская орошение по схеме 8x8 и 10x10 м. Начальные вложения для таких систем будут ниже, чем для позиционных систем капельного орошения или дождевальных крыльев, на которых устанавливаются обычные разбрызгиватели общего назначения. Такие системы работают с относительно низким давлением, обеспечивая удовлетворительные экономические показатели. Диаметр крыльев выбирается в пределах 40 - 50 мм. Миниразбрызгиватели соединяются с крыльями с помощью тонкостенных гибких труб, опираясь на металлические стержни длиной 100-150 см, установленные в земле.

Разбрызгиватели имеют расход 400-600 л/ч при поливной норме 4 или 6 мм/ч. Дополнительные преимущества такого способа - уменьшение образования корки на поверхности почвы и предотвращение стока, благодаря невысокой интенсивности полива. Главный недостаток, ограничивающий его применение - чувствительность к ветру.

Рис.119. Полив овощей с использованием позиционной системы с миниразбрызгивателями

### **ПЛАНИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ**

Планирование таких систем осуществляется по этапам. Предварительный этап - сбор информации о районе, в котором должно производиться орошение.

Необходимо подготовить топографическую карту с указанием границ орошаемых участков. Если объектом орошения является плодовый сад, возникнет необходимость в эскизе сетки рядов деревьев. Рекомендуется произвести почвенную съемку с целью определить механический состав и структуру, проницаемость почвы, возможность образования корки и т.д. Важно проверить наличие слоев уплотненной почвы и повышенного уровня грунтовых вод.



Вторая группа - данные о водных ресурсах и качестве воды. Если вода поставляется какой-нибудь промышленной компанией, следует оценить такие показатели как напор, максимальный расход в точках подачи и время (периоды) снабжения водой.

Требуются также дополнительные данные о потребностях различных культур в воде, о климатических условиях, количестве осадков и сезоне дождей, а также о чувствительности культур к таким показателям окружающей среды, как засоленность почвы и увлажнение листьев.

На базе указанных выше данных можно заняться выбором способа орошения и типов эмиттеров.

Необходимо принимать во внимание такие параметры, как поливная норма, которая должна соответствовать скорости впитывания воды почвой; продолжительность полива, которая должна соответствовать ветровому режиму; качество воды и чувствительность листьев к увлажнению. Решающими факторами являются стоимость оборудования, наличная сумма капиталовложений и эксплуатационные расходы.

На базе приведенных выше данных можно производить выбор типа эмиттера и размеров насадки по каталогам изготовителей. В последних приводятся данные о производительности (расходе) при различных уровнях допустимого рабочего давления. Кроме того, каталоги содержат сведения о диаметре круга увлажнения, допустимом расстоянии между эмиттерами и соответствующих поливных нормах.

На этом этапе можно приступить к реальному планированию системы орошения. Чтобы добиться удовлетворительной равномерности подачи воды всеми эмиттерами, работающими одновременно на орошаемом участке, максимальная разность расходов эмиттеров должна быть менее 10%. При этом максимальная разность напоров эмиттеров в ходе одной операции будет 20%.

Для точного расчета параметров течения воды и режима давления на орошаемом участке следует наложить контур сети орошения на топографическую карту/схему сетки рядов.

Рис.120.Топографическая карта

Рис.121.Форма планирования орошения

Наименование... Место... Размеры поля... Координаты: х...у...

**Климат.** Среднемесячная норма осадков, мм.

январь... февраль... март... апрель... май... июнь... июль... август... сентябрь... октябрь... ноябрь... декабрь...

**Средняя величина испарения из сосуда класса А, мм/сутки**

январь... февраль... март... апрель... май... июнь... июль... август... сентябрь... октябрь... ноябрь... декабрь...

Тип... глубина... наличие воды... мм/м

Скорость инфильтрации... мм/ч электропроводность... См (сименс)

**Источник воды**

Качество... расход... давление в источнике

**4.Культура**

Дата посадки/сева... глубина корнеобитаемого слоя... дата окончания сезона полива... потребление воды... мм/сутки

% испарения из контейнера класса литеры А...  
 Межполивной период... подача воды при одном поливе  
**Планирование.** Необходима топографическая карта  
 Тип эмиттера... расход... л/ч. Давление... м  
 Поливная норма... мм/ч. Расстояние между капельницами...  
 Расстояние между дождевальными крыльями... диаметр крыла...  
 Потеря давления в крыле... диаметр вспомогательной магистрали...  
 Потеря давления во вспомогательной магистрали... диаметр магистрали...  
 Потеря давления в магистрали... требуемое давление при напоре...

**Таблица 14. Техническая характеристика разбрызгивателя (пример)**

<b>(А) ТАБЛИЦЫ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ</b>				
<b>(Б) Одна насадка</b>				
Размер насадки в мм. КОДОВОЕ название атм	Дав- ние в м	Рас- ход в м <sup>3</sup> /ч	Диаметр зоны полива в м	Поливная норма в мм/ч для зоны полива Расстояние в м
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>(В) Две насадки</b>				
Размер насадки в мм. КОДОВОЕ название атм	Дав- ние в м	Рас- ход в м <sup>3</sup> /ч	Диаметр зоны полива в м	Поливная норма в мм/ч для зоны полива Расстояние в м

Производится расчет потерь напора в результате трения в трубах, с учетом влияния топографии. Для расчета используются специальные логарифмические линейки, номограммы или компьютер с соответствующим программным обеспечением. На всем этапе планирования конструкции необходимо соблюдать два важных правила:

- а. Наименьший напор на участке должен находиться в диапазоне допустимых значений рабочего напора эмиттера, и
- б. Класс труб на участке должен соответствовать расчетному максимальному рабочему напору.

Рис.122. Схема системы полива миниразбрызгивателями для плодового сада

1.Эмиттер: один микроразбрызгиватель 70 л/ч на одно дерево (расположение 4х6 м); 2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ а)Расход м<sup>3</sup>/ч; б) Напор, м; в)Потери напора, м; г)Клапан

Рис.123. Схема системы полива питомника

1.Расход эмиттера: 70 л/ч, расположение 1х1,5 м; 2. Регулирование напора

Рис.124. Установка с ручным перемещением (алюминиевые трубы)

1.Направление перемещения, 18 м; 2.Гидрант 3"; 3.Источник воды; 4.Поз.1 Поз.2 - 1-й день; 5.Поз.1 Поз.2 - 12-й день; 6.МАСШТАБ 1:4000

7. ДАННЫЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ

Площадь	384х864=33 га	
Цикл	80 мм каждые 12 дней	
Давление в разбрызгивателе	30 м	
Расход разбрызгивания	1,75 м <sup>3</sup> /ч	
Расположение разбрызгивателя	12 м х 18м	
Поливная норма	8 мм/ч	
Продолжительность одного полива	10 ч	
Количество дневных смен	2 на установку	
Количество работающих разбрызгивателей		64
Общее количество разбрызгивателей	64	
Общий расход	112 м <sup>3</sup> /ч	
Диаметр главной магистрали	4-5"	
Диаметр дождевального крыла		3"

Рис.125. Гигантская передвижная установка («пушка») с разбрызгивателями

1.Направление перемещения, 60 м; 2.... день; 3.Источник воды; 4.Гидрант 3";5.16 дней; 6.МАСШТАБ 1:6250; 7.«ПУШКА»

Ручное перемещение на дождевальных крыльях	3"
Площадь	768х960=74 га
Цикл	85 мм каждые 16 дней

ДАННЫЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ

Давление в разбрызгивателе	45 м
Расход разбрызгивателя	25 м <sup>3</sup> /ч
Расположение разбрызгивателей	48 м х 60 м
Поливная норма	8,6 мм/ч
Время полива	10 ч
Количество дневных смен	2
Количество работающих разбрызгивателей	8
Общее количество разбрызгивателей	8
Общий расход	200 м <sup>3</sup> /ч
Диаметр главной магистрали	6" - 5" - 4"
Диаметр дождевального крыла	3"

Рис.126. Схема позиционной установки для подкоронового орошения плодового сада, 10-цикловая

1.Рабочая таблица; 2.Расход головки; 3.Расход клапана; 4.Номер клапана; 5.Позиция

При принятии решения на стадии проектирования могут оказаться полезными некоторые формулы и таблицы.

**Расход (поливная норма) дождевального крыла с разбрызгивателями**

$$Q = nq_a = nq_0 \left( 1 + 0,12 \frac{P_n}{P_0} - 1 \right)$$

$Q$  - расход крыла, м<sup>3</sup>/ч

$q_a$  - расход эмиттера при среднем напоре в крыле, м<sup>3</sup>/ч

$n$  - количество эмиттеров на крыле

$q_0$  - расход периферийного эмиттера

$P_n$  - давление на входе крыла, атм

$P_0$  - давление периферийного эмиттера, атм

**Среднее давление в крыле с эмиттерами**

$$P_a = P_0 + 0,25(P_n - P_0)$$

$P_a$  - среднее давление в крыле (атм)

$P_0$  - давление на периферии крыла (атм)

$P_n$  - давление на входной стороне крыла (атм)

**Максимально допустимая разность давлений (атм) для эмиттеров, работающих одновременно**

$$P_{f20} = P_n - 1,21 \frac{P_n}{1,21} = P_0$$

$P_{f20}$  - допустимая разность давлений, 20% максимального напора на эмиттере на участке (атм)

$P_0$  - давление на периферии крыла (атм)

$P_n$  - максимальное давление на эмиттере на участке (атм).

**Проектирование**

По окончании предварительных этапов, вычертив топографическую карту и приняв решение об общей компоновке системы, можно выполнить карту сети. Значение среднего расхода при оптимальном давлении эмиттеров рассчитывается для представительных дождевальных крыльев, а затем для вспомогательных и главных магистралей.

Напор воды выражается в метрах (0,1 атм), что упрощает процедуру расчета потерь напора. Потери напора на трение при протекании воды в трубопроводах и вспомогательных элементах выражаются в той же системе единиц, что и

параметры топографии, влияющие на напор воды. Каждый метр подъема на местности снижает напор воды на 1 м.

Вспомогательные устройства - клапаны, фильтры и т.д. выбираются в зависимости от требуемой производительности. Местные потери напора определяются и наносятся на карту. После завершения проектирования производится повторная проверка потерь напора в системе; это делается поэтапно, от блока управления до последнего эмиттера.

Когда процесс проектирования завершен, необходимо иметь следующие материалы и данные:

- а. Карту сети с нанесенными на нее данными.
- б. Перечень оборудования.
- в. Подробный бюджет.
- г. Рабочую схему.

**Таблица 15. Максимально допустимое количество разбрызгивателей на дождевальном крыле на уровне земли**

Тип трубы	алюминий				жесткий полиэтилен			
	Диаметр	2"	3"	50 мм	63 мм	75 мм	90 мм	110 мм
Расход	6	12	6	12	6	12	6	12
разбр-те- ля, м <sup>3</sup> /ч	ду	разбр- телями, м						
0,8	Максималь-	18	13	35	27	18	13	25 20 35 26
1,0	но допус-	15	12	30	24	18	12	22 17 30 23
1,2	тимое ко-	13	10	29	22	13	10	19 15 27 21
1,4	лич. разб-	12	10	27	21	12	10	17 14 25 20
1,6	р-телей	11	9	24	20	11	9	15 13 23 19
1,8	на крыле	10	8	22	18	10	8	14 12 20 17

## СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКА ПОЛИВА

Для эффективного орошения дождеванием важно подготовить оптимальный график полива, соответствующий потребностям различных культур в воде, свойствам почвы, ограничениям в снабжении водой и характеристикам системы полива. Такой график гарантирует эффективное использование воды при условии, что производственные характеристики будут соответствовать программе.

**Таблица 16. Годовой график орошения культур**

Культура:	Тип почвы:
Период созревания:	Метод полива:
А. Стадия роста	Укорен- Веге- Цвете- Образ. Созре- Итого

## нение тагия ние плода вание

- В.Продолжит. ста-  
дии - дней
- С.Период - даты
- D.Площ.зоны увлажн. %
- Е.Ожидаемая сумма  
осадков мм/1 стад.
- Ф.Коэф. эффективн.  
использ. осадков, %
- Г.Эффективн. кол-во  
осадков, мм/1 стад.
- Н.Ср. дневная эвапо-  
транспирация, мм
- І.Общая эвап-ция на  
1 стадию, мм
- Ј.Баланс осадков на  
1 стадию, мм
- К.Полевая влагоемк.,  
весовой %
- Л.Влажн. завядания,  
весов. %
- М.Доступная вода,  
весов. %
- Н.Объемная плотность,  
г/см<sup>3</sup>
- О.Доступная вода,  
объемн. %
- Р.Ср. глубина корне-  
обитаемой зоны,  
1 стад./, см
- Q.Доступн. вода в кор-  
корнеобит. зоне, мм
- В.Истощение доступн.  
воды, %
- С.Доп. недостаток  
воды, мм
- Т.Коэф. культуры на  
1 стадию
- U.Ср. дневное поглоще-  
ние воды, мм
- V.Межполивн. период,  
дней
- W.Чистое кол-во по-  
даваем. воды на 1  
полив, м<sup>3</sup>/га

Х. Коэф. полезн. использов. воды при поливе, %  
 У. Общ. подача воды при поливе, м<sup>3</sup>/га

Необходимые данные о потребностях культур в воде, климатических условиях и параметрах почвы вносятся в форму. Дозирование для каждого полива рассчитывается поэтапно вручную или с использованием компьютеров и специальных карт.

**Таблица 17. Расчет дозирования при поливе - пример**

<b>ГРАФИК ПОЛИВА</b>								
<b>Культура</b>	<b>Тип почвы</b>			<b>Вегетационный период</b>				
	<b>Фор- мула</b>	<b>Еди- ница</b>	<b>Укоре- нение</b>	<b>Веге- тация</b>	<b>Цве- тение</b>	<b>Образ. плода</b>	<b>Созре- вание</b>	<b>Ито- го</b>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
А. Стадия роста								
В. Продолжит. стадии	дни (9)							
С. Период даты	(10)							
Д. Сумма осадков на 1 стад.	мм (11)							
Е. Коэф. эффективности использов. осадков	%							
Ф. Эффективн. кол-во осадков	мм							
Г. Средн. дневное испарение	мм							
Н. Общее испарение на 1 стад.	мм							
І. Баланс осадков на 1 стад.	мм							
Ј. Полевая влагемк. по весу.	%							
К. Влажн. завядания, по весу	%							
Л. Доступная вода, по весу	%							
М. Объемная плотность	г/см <sup>3</sup>	(12)						
Н. Доступная вода, по объему								

O.Ср.глуб. корнеобитаемой зоны	м (13)
P.Доступн.вода в корнеобит. зоне	мм
Q.Доп. истощение доступн. воды	%
R.Доп. недостаток воды	мм
S.Коэф. культуры десятичн. на 1 стадию	дробь (14)
T.Ср.дневная по- требн. в воде	мм (15)
U.Межполив.период	дней (16)
V.Чистое кол-во подаваем. воды	м <sup>3</sup> /га (17)
W.Коэф. полезн. использов. воды при поливе	%
X.Потребность в промывке	
Y.Общ.подача воды при поливе	м <sup>3</sup> /га

---

### Расчет количества подаваемой воды при орошении дождеванием

Требуемую подачу воды на 1 га определяют с учетом перечисленных ниже факторов:

- \* Тип разбрызгивателя и насадок;
- \* Расположение - расстояние между дождевальными крыльями x расстояние между разбрызгивателями вдоль крыла, и
- \* Давление в насадке разбрызгивателя (чем выше давление, тем больше расход воды в разбрызгивателе).

Имея указанные выше данные, можно рассчитать требуемую норму полива.

**Поливная норма:** количество воды (м<sup>3</sup>), подаваемой на площадь 1000 м<sup>2</sup> (0,1 га) за 1 час. Подача 1 м<sup>3</sup>/ч на 1000 м<sup>2</sup> = 1 мм.

#### Пример:

Типа разбрызгивателя: 233/92

Размер насадки: 3,4 x 2,5 мм. Давление в насадке разбрызгивателя: 2,5 атм.

Расход в разбрызгивателе при этом давлении (согласно таблице параметров в каталоге) - 1,06 м<sup>3</sup>/ч.

Расположение разбрызгивателей: 12 м x 12 м.

Поливная норма: 7,3 мм/ч = 73 м<sup>3</sup>/ч на 1 га.

### Расчет поливной нормы:



Если в таблице отсутствуют данные о расположении разбрызгивателей, можно рассчитать поливную норму в соответствии с приведенными ниже указаниями.

**Пример:**

Тип разбрызгивателя: 233/92

Размер насадки: 3,4 x 2,5 мм. Давление в насадке разбрызгивателя: 2,5 атм.

Расход в разбрызгивателе при этом давлении (согласно таблице параметров в каталоге) - 1,06 м<sup>3</sup>/ч.

Расположение разбрызгивателей: 9 м x 12 м. Площадь, орошаемая одним разбрызгивателем: 9 x 12 = 108 м<sup>2</sup>.

Поливная норма = Расход разбрызгивателя л/ч / орошаемая площадь, м<sup>2</sup> = 1060/108 = 9,8 мм/ч.

Величине 1 мм/ч соответствует норма 10 м<sup>3</sup> на 1 га/ч. 9,8 мм/ч = 98 м<sup>3</sup>/га/ч.

Расчет продолжительности орошения:

$$T = \frac{W}{P_x}$$

T - Продолжительность полива (ч)

W - Общая потребность в воде, мм

P<sub>x</sub> - Поливная норма, мм/ч

**Пример:**

Требуемое количество поливной воды: 600 м<sup>3</sup>/га = 60 мм.

Поливная норма: 9,8 мм/ч

Продолжительность полива: 60/9,8 = 6,1 ч.

**Общий расход разбрызгивателей**

Общий часовой объем подаваемой воды (расход) может быть рассчитан путем умножения среднего расхода 1 разбрызгивателя на количество одновременно работающих разбрызгивателей.

**Пример:**

Средний расход 1 разбрызгивателя: 1,5 м<sup>3</sup>.

Количество одновременно работающих разбрызгивателей: 345.

Общий расход при 1 поливе: 1,5 x 345 = 517,5 м<sup>3</sup>/ч.

При планировании распределения воды по участкам необходимо позаботиться о том, чтобы не допустить избыточного потока воды в подающих и распределительных трубопроводах. В противном случае напор воды на орошаемом участке может снизиться до значения ниже оптимального рабочего напора.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ**

Эксплуатация систем полива в соответствии с установленной процедурой способствует оптимальному использованию самих систем и поливной воды, а также экономит затраты энергии. Контроль работы системы следует вести в реальном масштабе времени. В дополнение к ежедневному контролю работы следует проводить периодический осмотр отдельных элементов системы.

Чтобы получить представление о работе системы полива в целом, можно измерить расход воды с помощью водомера, установленного в блоке управления, и сравнить полученное значение с плановым расходом. Снижение расхода может свидетельствовать о засорении эмиттеров, а увеличение расхода - указание на возможность поломки или утечки воды в системе, либо износ насадок эмиттеров и увеличение их диаметров.

Эффективность работы насосной системы (кпд) оказывает значительное влияние на стоимость энергии, затрачиваемой на перекачивание воды. Рекомендуется проверять КПД насоса не менее 1 раза в 2 года.

Отсутствие повреждений в системе трубопроводов - критический фактор, от которого зависит эффективность использования воды. Трубы из пластмасс могут легко повреждаться грызунами, дятлами, людьми, механическими инструментами; в отдельных случаях их повреждение вызывают суровые климатические условия: повышенные температуры или замерзание воды в системе.

Еще одно неблагоприятное явление, нарушающее нормальную работу трубопроводов и вспомогательных деталей и узлов, - осаждение нерастворимых солей из поливной воды. Результатом может быть уменьшение поперечного сечения трубопроводов, увеличение потерь напора из-за трения и засорение эмиттеров. Выпадение осадков особенно неблагоприятно отражается на работе дождевальных крыльев малого диаметра.

Рис.127. Соединение труб из жесткого полиэтилена

Рис.128. Замена уплотнения

Механические инструменты могут повреждать алюминиевые трубы. Наиболее чувствительны к повреждениям резиновые уплотнения в муфтах. Они подвержены деструкции и износу в жаркую и сухую погоду; вредным является также трение, возникающее при соединении и разъединении муфт.

На трубы из непластифицированного ПВХ (жесткого), не зарытые в землю, неблагоприятно влияют солнечные лучи. Трубы из полиэтилена страдают от животных и машин. Если в трубах образуются отверстия небольшого диаметра, их можно заглушить небольшими пробками. При большом диаметре отверстий такой способ не годится; поврежденный участок трубы приходится вырезать, соединяя концы труб специальной муфтой.

Рис.129. Установка эмиттеров на дождевальном крыле малого диаметра из мягкого полиэтилена

Рис.130. Компоненты гидравлических и измерительных клапанов. Детали, чувствительные к износу

В гидравлических клапанах первыми изнашиваются упругие уплотнения и диафрагмы. Трубки системы управления следует проверять для обнаружения разрушений и утечек.

В системах фильтрации необходимо проверять фильтрующие элементы для обнаружения повреждений. В системах с автоматической промывкой обратным потоком проверяются регулирующие элементы для установления их точности.

Водяные эмиттеры могут изнашиваться и выходить из строя. Следует иметь в виду, что в передвижных системах полива водяные эмиттеры в течение поливного сезона работают больше часов, чем в позиционных системах. По этой причине периодические проверки в них необходимо проводить чаще.

Наиболее чувствительными к износу деталями эмиттеров являются упругие уплотнения, насадки, пружины и поворотный элемент (ударник). Если вода содержит песок, это приведет к ускоренному износу металлических насадок. Пластмассовые насадки более устойчивы к износу. Увеличение поперечного сечения насадок может вызвать снижение расхода эмиттера и ухудшить равномерность распределения.

В миниразбрызгивателях и микроэмиттерах попадание твердых частиц и образование химических осадков может привести к полному или частичному засорению прохода для воды, что снижает равномерность распределения.

Рис.132. Детали разбрызгивателя

Рис.133. Детали миниразбрызгивателей и струйных микроразбрызгивателей

1.Кольцо для защиты от песка; 2.Крышка; 3.Шайба из полиуретана;  
4.Тefлоновая шайба; 5.Шайба из нержавеющей стали; 6.Опорное кольцо;  
7.Маслосъемное кольцо; 8.Насадка с цветовой кодировкой; 9.Шарик 6/16" из нержавеющей стали; 10.Завихряющий впускной элемент с цветовой кодировкой; 11.Основание с наружной резьбой 1/2"; 12.Регулятор с цветовой кодировкой

Рис.134. Регулятор расхода

Регулирующие диафрагмы в некоторых типах эмиттеров с компенсацией давления со временем теряют упругость. Они требуют периодической замены в соответствии с рекомендациями поставщиков.

В устройствах для фертигации компоненты, контактирующие с концентрированным раствором удобрения, со временем разрушаются. Они требуют частой замены. Элементы систем управления также чувствительны к повреждению.

Регуляторы полива необходимо периодически проверять для установления их точности и чувствительности к командам от внешних источников.

### Коэффициенты перевода

Кол.1 - Кол.2 умно- жить на	Кол.1 Единицы СИ	Кол.2 Единицы др. систем (не СИ)	Кол.2 - Кол.1 умножить на
<b>Длина</b>			
0,621	километр, км ( $10^3$ м)	миля, mi	1,609
1,094	метр, м	ярд, yd	0,914
3,28	метр, м	фут, ft	0,304
1,0	микрометр, мкм ( $10^{-6}$ м)	микрон, $\mu$	1,0
$3,94 \times 10^{-2}$	миллиметр, мм ( $10^{-3}$ м)	дюйм, in	25,4
10	нанометр, нм ( $10^{-9}$ м)	ангстрем, Å	0,1
<b>Площадь</b>			
2,47	гектар, га	акр	0,405
247	кв.километр, км <sup>2</sup> ( $10^3$ м) <sup>2</sup>	акр	$4,05 \times 10^{-3}$
0,386	кв.километр, км <sup>2</sup> ( $10^3$ м) <sup>2</sup>	кв.миля, mi <sup>2</sup>	2,590
$2,47 \times 10^{-4}$	кв.метр, м <sup>2</sup>	акр	$4,05 \times 10^3$
10,76	кв.метр, м <sup>2</sup>	кв.фут, ft <sup>2</sup>	$9,29 \times 10^{-2}$
$1,55 \times 10^{-3}$	кв.миллиметр, мм <sup>2</sup> ( $10^{-3}$ м) <sup>2</sup>	кв.дюйм, in <sup>2</sup>	645
<b>Объем</b>			
$9,73 \times 10^{-3}$	куб.метр, м <sup>3</sup>	акро-дюйм	102,8
35,3	куб.метр, м <sup>3</sup>	куб.фут, ft <sup>3</sup>	$2,83 \times 10^{-2}$
$6,10 \times 10^4$	куб.метр, м <sup>3</sup>	куб.дюйм, in <sup>3</sup>	$1,64 \times 10^{-5}$
$2,84 \times 10^{-2}$	литр, л ( $10^{-3}$ м <sup>3</sup> )	бушель, bu	35,24
1,057	литр, л ( $10^{-3}$ м <sup>3</sup> )	кварта(жидк.), qt	0,946
$3,53 \times 10^{-2}$	литр, л ( $10^{-3}$ м <sup>3</sup> )	куб.фут, ft <sup>3</sup>	28,3
0,265	литр, л ( $10^{-3}$ м <sup>3</sup> )	галлон	3,78
33,78	литр, л ( $10^{-3}$ м <sup>3</sup> )	унция(жидк.), oz	$2,96 \times 10^{-2}$
2,11	литр, л ( $10^{-3}$ м <sup>3</sup> )	пинта(жидк.), pt	0,473
<b>Масса</b>			
$2,20 \times 10^{-3}$	грамм, г ( $10^{-3}$ кг)	фунт, lb	454
$3,52 \times 10^{-2}$	грамм, г ( $10^{-3}$ кг)	унция, oz	28,4
2,205	килограмм, кг	фунт, lb	0,454
0,01	килограмм, кг	центн., квинтал(метрич.), q	100
$1,10 \times 10^{-3}$	килограмм, кг	тонна(2000 фунт.), ton	907
1,102	мегаграмм, Мг(тонна)	тонна(США), ton	0,907
1,102	тонна, т	тонна(США), ton	0,907
<b>Урожайность и скорость</b>			
0,893	килограмм на гектар, кг х га <sup>-1</sup>	фунт на акр, lb acre <sup>-1</sup>	1,12
$7,77 \times 10^{-2}$	килограмм на куб.метр, кг х м <sup>-3</sup>	фунт на бушель, lb bu <sup>-1</sup>	12,87
$1,49 \times 10^{-2}$	килограмм на гектар, кг х га <sup>-1</sup>	бушель на акр, 60 lb	67,19
$1,59 \times 10^{-2}$	килограмм на гектар, кг х га <sup>-1</sup>	бушель на акр, 56 lb	62,71

1,86x10 <sup>-2</sup>	килограмм на гектар, кг х га <sup>-1</sup>	бушель на акр, 48 lb	53,75
0,107	литр на гектар, л х га <sup>-1</sup>	галлон на акр	9,35
893	тонна на гектар, т х га <sup>-1</sup>	фунт на акр, lb acre <sup>-1</sup>	1,12x10 <sup>-3</sup>
893	мегаграмм на гектар, Мг х га <sup>-1</sup>	фунт на акр, lb acre <sup>-1</sup>	1,12x10 <sup>-3</sup>
0,446	мегаграмм на гектар, Мг х га <sup>-1</sup>	тонна (2000 фунтов) на акр, ton acre <sup>-1</sup>	2,24
2,24	метр в секунду, м х с <sup>-1</sup>	миля в час	0,447

**Удельная площадь**

10	кв. метр на килограмм, м <sup>2</sup> х кг <sup>-1</sup>	кв. сантиметр на грамм, см <sup>2</sup> х г <sup>-1</sup>	0,1
1000	кв. метр на килограмм, м <sup>2</sup> х кг <sup>-1</sup>	кв. миллиметр на грамм, мм <sup>2</sup> х г <sup>-1</sup>	0,001

**Давление**

9,90	мегапаскаль, Мпа(10 <sup>6</sup> Па)	атмосфера	0,101
10	мегапаскаль Мпа(10 <sup>6</sup> Па)	бар	0,1
1,00	мегаграмм на куб. метр, Мг х м <sup>-3</sup>	грамм на куб. сантиметр, г х см <sup>-3</sup>	1,00
2,09x10 <sup>-2</sup>	паскаль, Па	фунт на кв. фут, lb x ft <sup>-2</sup>	47,9
1,45x10 <sup>-4</sup>	паскаль, Па	фунт на кв. дюйм, lb x in <sup>-2</sup>	6,90x10 <sup>3</sup>

**Температура**

1,00(K-273)	Градус Кельвина, К	Цельсия, °С	1,00(°С+273)
(9/5 °С)+32	Градус Цельсия, °С	Фаренгейта, °F	5/9 (°F-32)

**Энергия, работа, количество теплоты**

9,52x10 <sup>-4</sup>	джоуль, дж	Брит.тепл.единица, Btu	1,05x10 <sup>3</sup>
0,239	джоуль, дж	калория, cal	4,19
10 <sup>7</sup>	джоуль, дж	эрг	10 <sup>-7</sup>
0,735	джоуль, дж	фунт-сила-фут	1,36
2,387x10 <sup>-5</sup>	джоуль на кв. метр, дж х м <sup>-2</sup>	калория на см <sup>2</sup> (лэнгли)	4,19x10 <sup>4</sup>
10 <sup>5</sup>	ньютон, Н	дина	10 <sup>-5</sup>
1,43x10 <sup>-3</sup>	ватт на кв. метр, вт х м <sup>-2</sup>	калория на см <sup>2</sup> в минуту, cal cm <sup>-2</sup> min <sup>-1</sup>	698

**Плоский угол**

57,3	радиан, рад	градус (угловой), °	1,75x10 <sup>-2</sup>
------	-------------	---------------------	-----------------------

**Электропроводность, электричество и магнетизм**

1,0	дециСименс на метр, дС x м <sup>-1</sup>	millimho на сантиметр mmho cm <sup>-1</sup>	1,0
10 <sup>4</sup>	тесла,Т	гаусс, G	10 <sup>-4</sup>

**Измерение расхода воды**

9,73x10 <sup>-3</sup>	кубический метр,м <sup>3</sup>	акро-дюйм, acre-in	102,8
9,81x10 <sup>-3</sup>	кубический метр в час,м <sup>3</sup> x ч <sup>-1</sup>	кубический фут в се- кунду, ft <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	101,9
4,40	кубический метр в час,м <sup>3</sup> x ч <sup>-1</sup>	галлон (США) в мину- ту, gal min <sup>-1</sup>	0,227
8,11	гектар x метр, га x м	акро-фут, acre-ft	0,123
97,28	гектар x метр, га x м	акро-дюйм, acre-in	1,03x10 <sup>-2</sup>
8,1x10 <sup>-2</sup>	гектар x санти- метр,га x см	акро-фут, acre-ft	12,33

**Концентрация**

1	сантимоль на килограмм, смоль x кг <sup>-1</sup>	одна тысячная экви- валентного веса на 100г, meq 100 g <sup>-1</sup>	1
0,1	грамм на килограмм, г x кг <sup>-1</sup>	процент,%	10
1	миллиграмм на кило- грамм,мг x кг <sup>-1</sup>	частей на миллион, ppm	1

**Питательные вещества для растений**

	<b>Элемент</b>	<b>Окисел</b>	
2,29	P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,437
1,20	K	K <sub>2</sub> O	0,830
1,39	Ca	CaO	0,715
1,66	Mg	MgO	0,602

**REFERENCES**

- 5<sup>th</sup> International Conference on Irrigation Proceedings, 1990, Tel Aviv, Israel.
- 6<sup>th</sup> International Conference on Irrigation Proceedings, 1993, Tel Aviv, Israel.
- 7<sup>th</sup> International Conference on Irrigation Proceedings, 1996, Tel Aviv, Israel.
- Soil Science Society of American Journal, 1999, Vol. 63. SSSA, Madison MI, USA.
- Microirrigation for a Changing World, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Microirrigation Congress, 1995, Orlando, Florida, USA.
- Microirrigation - Compilation of Articles from Applied Engineering in Agriculture and Transactions of the ASAE 1985-1994, ASAE, St. Joseph, MI, USA.
- Our Precious Planet, Special Issue, 1997, Time Magazine, Time-Warner, NY, USA.

- Benami A., Ofen A., 1993. Irrigation Engineering, Michlol, Haifa, Israel.
- Brouwer C., Gouffeau A., Heibloem M., 1985. Introduction to Irrigation. Fao, Rome, Italy.
- Dvir Y., 1997. Flow Control Devices, Lehavot Habashan, Israel.
- Eisenkott A., 1999. Irrigation Systems Design. CINADCO, Tel Aviv, Israel.
- Elhanasi S., 1961. Sprinkler Irrigation, Ministry of Agriculture, Tel Aviv, Israel.
- Hanson B., 1994. Irrigation Pumping Plants. University of California, Davis, CA, USA.
- Hausenberg I., 1987. Soil-Water-Plant Relationships. CINADCO, Tel Aviv, Israel.
- Hillel D., 1987. The Efficient Use of Water in Irrigation. World Bank, Washington D.C., USA.
- Le Moigne G. et al., 1989. Technological and Institutional Innovation in Irrigation. World Bank, Washington D.C., USA.
- Manor S., Chambouleyron J., 1993. Performance Measurement in Farmer-Managed Irrigation Systems. Proceedings of International Workshop on Farmer-Managed Irrigation Systems - Mendoza, Argentina 1991, IIMI. Colombo, Sri Lanka.
- Nathan R., 1997. Fertilization Combined with Irrigation (Fertigation). CINADCO, Tel Aviv, Israel.
- Pair C.H. ed., 1969. Sprinkler Irrigation. Sprinkler Irrigation Association, Washington D.C., USA.
- Sapir E., 1993. Furrow Irrigation. CINADCO, Tel Aviv, Israel.
- Sapir E., Yagev E., 1995. Drip Irrigation. CINADCO, Tel Aviv, Israel.
- Schwankl L., Hanson B., Prichard T., 1995. Micro-irrigation of Trees and Vines. University of California, Davis, CA, USA.
- Shani M., Sapir E., 1986. Sprinkler Irrigation Equipment and Methods. Ministry of Agriculture, Tel Aviv, Israel.
- Stewart B.A., Nielsen D.R., editors, 1990. Irrigation of Agricultural Crops. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Yolles D., 1999. Soil, Ministry of Labor, The Teaching Facilities Institute, Tel Aviv, Israel. (Hebrew - **иврит**).
- Amiad 1999 catalogue.
- Arad Dahlia 1999 catalogue.
- Arkal 1999 catalogue.
- Bermad 1999 catalogue.
- C-Valves 1999 brochure.
- Dan Sprinklers 1999 catalogue.
- Dorot 1999 catalogue.

Ein Dor 1999 catalogue.  
Ein Tal 1999 catalogue.  
Eldar Shani 1999 catalogue.  
Filtomat 1999 catalogue.  
Irrrometer 1999 brochure.  
Lego 1999 catalogue.  
Mezerplas 1999 catalogue  
Motorola 1999 brochure  
Naan Irrigation Systems, 1999. Performance tables.  
Netafim 1999 catalogue.  
Odis 1999 catalogue.  
Plassim 1999 catalogue.  
Plasson 1999 catalogue.  
Plastro Gvat 1999 catalogue.  
Rainbird International 1995 catalogue.  
Reinke 1999 catalogue.  
Valley 1999 catalogue.