

## Лабораторная работа 11.

### Изучение современных дождевальных машин и установок. Определение интенсивности искусственного дождя

В засушливые периоды вегетации растения испытывают недостаток влаги в почве и воздухе. Требуется дополнительная подача воды на поле из внешнего водисточника. Восполнение недостатков влаги осуществляется при помощи орошения. Из существующих способов орошения (мелкодисперсное, дождевание, поверхностное, внутрпочвенное, субиригация) в зонах с неустойчивым увлажнением дождевание является наиболее эффективным и перспективным. В Республике Беларусь дождевание является основным способом орошения.

#### 1. Изучение современных дождевальных машин и установок

*Классификация дождевальных устройств.* Устройство для образования искусственного дождя, не имеющее частей, перемещающихся друг относительно друга, называется дождевальной насадкой. Устройства для образования искусственного дождя и распределения его по площади полива, включающие подвижные элементы, называются дождевальными аппаратами и машинами.

Дождевальные устройства подразделяют на короткоструйные (радиус разброса капель дождя до 10 м), средние - (до 40 м) и дальнеструйные (свыше 40 м). По напору воды могут быть низконапорными (до 0,3 МПа), средненапорными (0,3...0,5 МПа) и высоконапорными (0,5...60 МПа).

По способу перемещения их подразделяют на дождевальные агрегаты, машины и установки.

*Дождевальные агрегаты* состоят из самоходной опоры и насосного агрегата, смонтированного в комплексе с дождевальным устройством.

*Дождевальные машины* состоят из самоходных опор, на которых смонтированы дождевальные устройства. Напор для них создает автономная насосная станция.

*Дождевальные установки* не имеют самоходных опор. Вода к ним подается по напорной трубчатой оросительной сети.

Для создания искусственного дождя применяются дефлекторные (отражательные) и струйные насадки. Наиболее широкое практическое применение получила короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором (рис. 11.1).

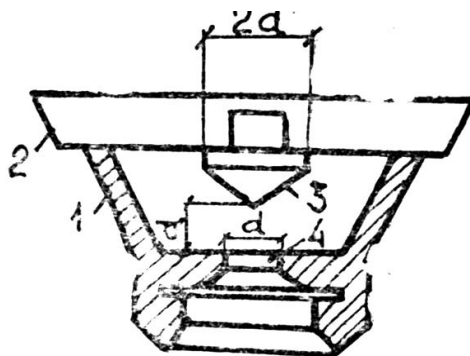


Рис. 6.1. Короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором:  
1 - корпус; 2 - планка; 3 - конусный дефлектор; 4 - выходное отверстие

Дефлекторные насадки устанавливаются на двухконсольных дождевальных агрегатах ДДА-100 МА, дождевальных машинах "Кубань", а также на установках для полива цветников, газонов, в теплицах. Они создают дождь с диаметром капель 0,9...1,1 мм. Основной недостаток - небольшой радиус (6...8 м) охвата площади дождем и большая интенсивность дождя (0,7...1,1 мм/мин). Вода под напором (0,08...0,15 МПа) вытекает с определенной скоростью из отверстия (сопло) и, ударяясь о дефлектор (конус под углом 120°), образует водяную пленку, которая в воздухе распадается на мелкие капли.

Существуют щелевые и центробежные насадки, однако они не получили широкого практического применения.

Струйные насадки используют во всех вращающихся аппаратах дождевальных машин и установок. По конструкции они мало отличаются друг от друга, но существенно различаются по напору и расходу воды, а также принципу вращения и дальности полета струи.

Основные части струйного аппарата: присоединительный патрубок, корпус, ствол, сопло, механизм привода вращения (рис. 11.2). Вращение ствола аппарата может осуществляться при помощи коромысла, вращающейся гидравлической турбинки, реактивной силы выходящей струи воды или за счет энергии двигателя базовой машины.

В лабораторных условиях студенты изучают конструкцию аппаратов, включают их в работу, изучают принцип работы и характер образования дождя.

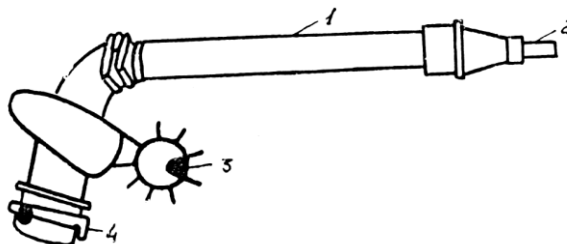


Рис. 11.2. Дальнеструйный дождевальный аппарат:  
1 - ствол; 2 - сопло; 3 - механизм привода вращения (гидравлическая турбинка); 4 - присоединительный узел

Современные дождевальные машины и установки в зависимости от используемых насадок делятся на три типа: короткоструйные (низконапорные), среднеструйные (средненапорные), дальнеструйные (высоконапорные). К короткоструйным относятся: ДДА-100МА, "Кубань", ДШ-25/300. К среднеструйным - "Фрегат", "Днепр", ДКШ-64, "Ока", ДКН-80, ДШ-10, КИ-50, "Сигма", комплект синхронно-импульсного дождевания КСИД-10. Дальнеструйными дождевальными машинами являются дождеватели дальнеструйные навесные ДДН-70, ДДН-100. В практике широко применяются также переносные дальнеструйные дождевальные аппараты типа ДД-15, ДД-30, ДД-50 и ДД-80. По принципу работы они похожи друг на друга и отличаются в основном производительностью, радиусом полета струи, способом перемещения и приводом вращения ствола. Следует иметь в виду, что некоторые дождевальные машины и установки, в зависимости от условия их применимости и назначения, имеют несколько

модификаций ("Фрегат") или являются производными от других. Например, "Ока" (ДКГ-80) и ДКН-80 разработаны на базе ДКШ-64.

Технические характеристики основных дождевальных машин и установок приводятся в приложении 6.1.

Забор воды для орошения дождевальными машинами и установками осуществляется из трубопроводной оросительной сети или открытых каналов. В зависимости от принципа работы, технологии полива и перемещения дождевальных устройств можно выделить две основные схемы расположения оросительной сети и дождевальной техники - при фронтальном ее перемещении (рис. 11.3) и работе по кругу (рис. 11.4).

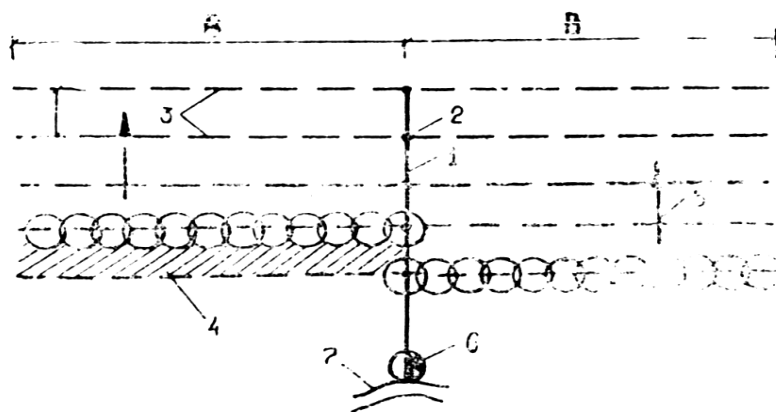


Рис. 11.3. Примерная схема орошения при фронтальном перемещении машин ("Днепр", "Кубань", ДДА-100МА, ДКШ-64 и др.):

- 1 - водопроводящий трубопровод (канал); 2 - гидранты;  
 3 - позиции дождевальных машин (крыльев); 4 - поливаемая площадь; 5 - направление перемещения; 6 - насосная станция; 7 - водосточник;  
 а - расстояние между позициями; б - длина машины (установки) или ширина ее захвата

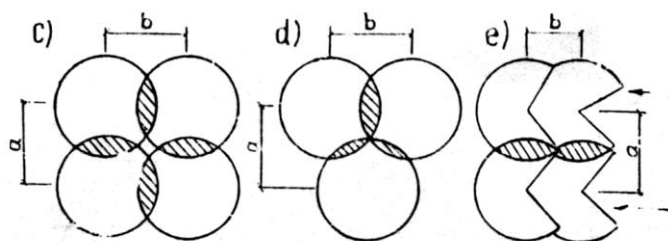


Рис. 11.4. Схемы размещения дождевальных устройств, работающих по кругу (машины типа ДДН, аппараты ДД):  
 а - полив по кругу с размещением позиций по квадрату,  
 б - по треугольнику, в - по сектору. Расстояние между позициями (а, б) принимают: при квадратной схеме:  $a = b = 1,42R$ ,  
 треугольной -  $a = 1,5R$ ;  $b = 1,73R$ , по сектору с размещением позиций по квадратам -  $a = 1,73R$ ;  $b = R$ , по сектору и треугольной схеме -  $a = 1,86R$ ;  $b = R$

### Определение интенсивности искусственного дождя

Основными структурными характеристиками искусственного дождя являются интенсивность, диаметр капель и равномерность распределения его

по площади. Качественный полив обеспечивается при оптимальной интенсивности и крупности капель, равномерном распределении дождя по орошаемой площади, не вызывающих образования луж, поверхностного стока и разрушения структуры почвы.

Интенсивность выражается слоем дождя, выпадающим на площадь за единицу времени (мм/мин). Различают истинную (за короткий промежуток времени) и среднюю (за время полива всей площади) интенсивность дождя.

Практически удобно пользоваться средней интенсивностью дождя:

$$i_{\text{cp}} = \frac{h_{\text{cp}}}{t} \quad \text{или} \quad i_{\text{cp}} = \frac{60Q}{F}, \quad (11.1)$$

где  $h_{\text{cp}}$  – средний слой выпавших осадков, мм;

$t$  – продолжительность полива, мин;

$Q$  – расход дождевальной машины, л/с;

$F$  – площадь полива, м<sup>2</sup>.

Фактическую среднюю интенсивность дождя дождевальных устройств и машин, работающих в полевых условиях, можно определить с помощью дождемеров, равномерно расставленных по орошаемой площади. Для этого в зависимости от дождевальной техники на орошаемой площади устанавливаются дождемеры по квадратной, треугольной или радиальной схемам (рис. 11.5). Дождемеры рекомендуется устанавливать через 1...2 м друг от друга для короткоструйных дождевателей, 2...3 м – для среднеструйных и 3...5 м – для дальнеструйных. Включаются в работу дождеватели и одновременно фиксируется время начала и конца дождевания.

Дождевание прекращается после образования устойчивого объема воды в цилиндрах, а также при появлении поверхностных вод (луж) вблизи дождемеров. В этом отрезке времени происходит безнапорная фильтрация воды в почву.

Слой осадков ( $h$ ) в дождемерах определяется замером при помощи линейки или вычисляется по формуле

$$h = \frac{10 \cdot V}{\omega}, \quad \text{мм}, \quad (11.2)$$

где  $V$  – объем воды в дождемере, см<sup>3</sup>;

$\omega$  – площадь поперечного сечения дождемера, см<sup>2</sup>.

Определяется интенсивность дождя для каждого дождемера:  $i = h/t$ . Средняя интенсивность дождя, выпавшего на орошаемую площадь, вычисляется как среднее арифметическое значение показаний каждого дождемера.

Крупность капель определяется силой удара их о почву и повреждаемостью растений. Крупные капли разрушают комковатую структуру почвы, снижают ее впитывающую способность, вызывают образование луж, поверхностного стока, увеличивают потери воды на испарение. По А.Н. Костякову диаметр капель должен быть не более 1...2 мм.

Наиболее достоверное значение диаметра капель определяется в полевых и лабораторных условиях с помощью каплеуловителя.

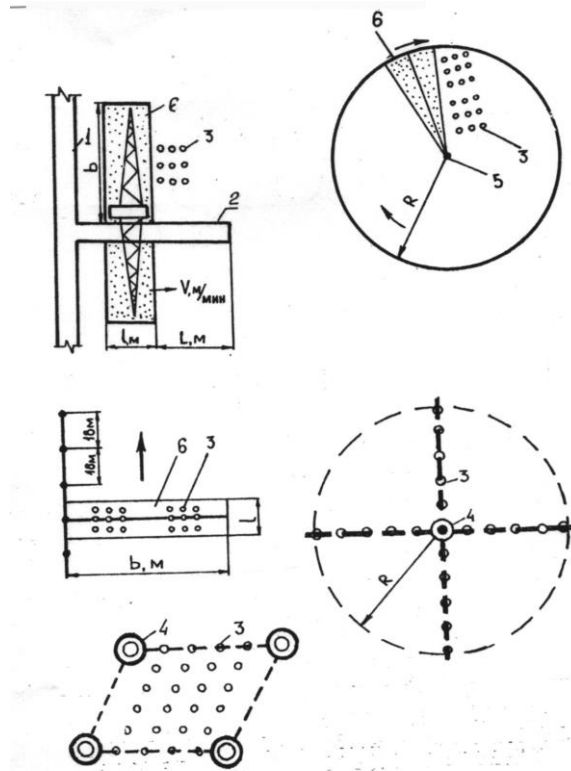


Рис. 11.5. Схемы расстановки дождемерных цилиндров:  
 1 - распределительный канал; 2 - ороситель; 3 - дождемеры;  
 4 - дождевальные аппараты; 5 - гидранты закрытой  
 оросительной сети; 6 - зона охвата дождем

Для этого может быть использована обеззоленная фильтровальная бумага, предварительно натертая чернильным порошком. Диаметр каплей дождя устанавливается по величине отпечатков каплей на фильтровальной бумаге с помощью тарировочной кривой.

Данные для тарировочной кривой получают путем нанесения каплей на фильтр с помощью набора стандартных капельниц, позволяющих образовывать различный диаметр каплей. По полученным значениям диаметров каплей, капельниц и размеров соответствующих им пятен на фильтре строится тарировочная кривая.

Необходимым условием качественного полива дождеванием является равномерность распределения воды по орошаемому полю. Равномерность распределения дождя по орошаемой площади зависит в основном от конструкции дождевального устройства, схемы его работы, почвенно-рельефных условий и ветрового режима. Равномерность распределения дождя характеризуется коэффициентами эффективного ( $K_э$ ), недостаточного ( $K_н$ ) и избыточного ( $K_и$ ) поливов:

$$K_э = \frac{F_э}{F} ; K_н = \frac{F_н}{F} ; K_и = \frac{F_и}{F} , \quad (11.3)$$

где  $F_э$ ,  $F_н$ ,  $F_и$  – соответственно эффективно, недостаточно и избыточно политая площадь;

$F$  – общая площадь, поливаемая дождевальным устройством на одной позиции.

Эффективно политая площадь – это площадь, на которую выпадает дождь средней интенсивности с отклонением от нее  $\pm 25\%$ . Остальная площадь будет недостаточно или избыточно политой.

Полив считается качественным, если  $K_3 > 0,7$ .

Для качественного полива необходимо, чтобы интенсивность дождя  $i_{\text{ср}}$  не превышала впитывающей способности почвы. Такая интенсивность, не вызывающая образования луж и поверхностного стока, называется допустимой. Допустимая интенсивность колеблется в довольно широких пределах (0,1...1 мм/мин).

В зависимости от интенсивности дождя и крупности капель поливная норма  $m_s$ , которая может впитаться в почву до момента образования луж и поверхностного стока, определяется по зависимости

$$m_b = \frac{P}{\sqrt{i \cdot e^{0,5d}}}, \quad (11.4)$$

где  $P$  – показатель безнапорной водопроницаемости почвы при дождевании, мм;

$i$  – интенсивность дождя, мм/мин;

$d$  – средний диаметр капель, мм;

$e$  – основание натурального логарифма.

**Цель работы:** 1. Определить слой осадков  $m$ , который выпал на площадку до появления луж и поверхностного стока.

2. Установить среднюю крупность капель.

3. Рассчитать среднюю интенсивность дождя  $i$ .

4. Определить допустимую интенсивность дождя.

**Оборудование и материалы:** экспериментальная установка, оборудованная дождевальными насадками, дождемеры (4...8 шт.), фильтровальная бумага, мерный цилиндр, линейка, секундомер.

### Порядок выполнения

1. Равномерно по орошаемой площади лабораторной установки расставляются дождемеры (примерно 0,8 x 0,8 м). Включаются в работу дождевальные насадки. Одновременно фиксируется отсчет времени от начала дождевания до момента образования устойчивых луж воды вблизи всех дождемеров. В этом отрезке времени происходит безнапорная фильтрация воды в почве. Дождевание прекращается. В каждом дождемере определяется слой осадков  $m$ , выпавших за время полива  $t$ .

2. Крупность капель дождя определяется в процессе полива в зоне каждого дождемера с помощью тарировочной кривой (рис. 11.6).

3. Интенсивность дождя в каждом дождемере определяется по формуле (11.1).

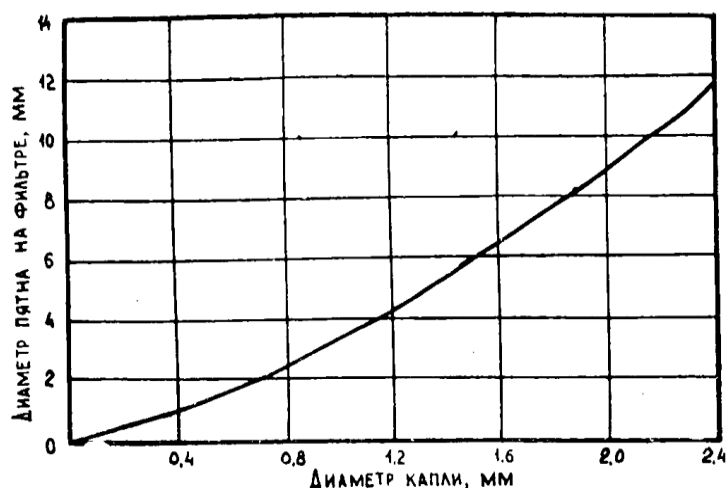


Рис. 11.6. График зависимости диаметра капли воды от диаметра ее пятна на фильтре

Средняя интенсивность дождя, выпавшего на орошаемую площадку, вычисляется как среднее арифметическое значение показаний каждого дождемера.

4. Допустимая интенсивность дождя  $i_{\text{доп}}$  для требуемой поливной нормы  $m_{\text{тр}}$  определяется по показателю безнапорной фильтрации почвы и диаметру капель  $d$ .

Показатель безнапорной водопроницаемости почвы  $P$  для каждого дождемера определяется по формуле

$$P = m\sqrt{i \cdot e^{0,5d}}, \text{ мм} . \quad (11.5)$$

Рассчитывается приведенный показатель безнапорной водопроницаемости почвы  $P_{\text{пр}}$ :

$$P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{ср}}}{m_{\text{тр}}}, \quad (11.6)$$

где  $P_{\text{ср}}$  – среднее арифметическое значение показателя безнапорной водопроницаемости всех дождемеров, мм.

По графику зависимости  $i_{\text{доп}}$  от  $P_{\text{пр}}$  и  $d$  (рис. 11.7) устанавливается допустимая интенсивность дождя. Результаты опыта и вычислений записываются в табл. 11.1.

