

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

О. А. Мерзлова

ОРОШАЕМОЕ ПЛОДОВООВОЩЕВОДСТВО

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений образования,
обеспечивающих получение высшего образования I ступени
по специальности 1-74 02 04 Плодоовощеводство*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2025

УДК 631.67:634.1(075.8)

ББК 40.6я73

M52

*Рекомендовано методическими комиссиями
мелиоративно-строительного факультета 25.03.2024 (протокол № 7),
агротехнологического факультета 26.03.2024 (протокол № 7)
и Научно-методическим советом Белорусской государственной
сельскохозяйственной академии 27.03.2024 (протокол № 7)*

Автор:

кандидат сельскохозяйственных наук *О. А. Мерзлова*

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. Н. Цыбулько*;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. С. Бруйло*

Мерзлова, О. А.

M52 Орошаемое плодовоовощеводство. Лабораторный практикум :
учебно-методическое пособие / О. А. Мерзлова. – Горки : Бело-
рус. гос. с.-х. акад., 2025. – 92 с.

ISBN 978-985-882-628-4.

Издание предназначено для углубления и закрепления теоретических знаний по вопросам оросительных мелиораций в сельскохозяйственном производстве, максимально адаптированных к специализации «плодовоовощеводство».

Изложены основные теоретические понятия, необходимые при усвоении материала, порядок выполнения лабораторных работ, приведена необходимая справочная информация.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 02 04 Плодовоовощеводство.

УДК 631.67:634.1(075.8)

ББК 40.6я73

ISBN 978-985-882-628-4

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное развитие плодовоовощеводства в условиях неустойчивого увлажнения почв Республики Беларусь как мера обеспечения продовольственной безопасности и снижения импортозависимости возможно лишь при использовании орошения.

Правильно подобранная и грамотно осуществленная оросительная мелиорация в сочетании с высокотехнологичными агротехническими и организационно-хозяйственными мероприятиями позволяют существенно увеличить урожайность, повысить плодородие почв, предотвратить негативные воздействия на окружающую среду.

Мировой опыт свидетельствует о том, что из 1,5 млрд га возделываемых на земном шаре земель около 40 % находятся в зоне засушливого климата и орошение в среднем способствует удвоению производства сельскохозяйственной продукции, в наиболее засушливых регионах без орошения сельскохозяйственное производство не представляется возможным.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой дисциплины «Орошаемое плодовоовощеводство» на основе опыта проведения лабораторных работ на кафедре мелиорации и водного хозяйства. Целью данного издания является закрепление на лабораторной практике наиболее важного теоретического материала по дисциплине «Орошаемое плодовоовощеводство».

Данное пособие предназначено для углубления теоретических знаний и формирования практических навыков путем управляемого выполнения лабораторных работ студентами очной формы получения образования, обучающимися по специальности 1-74 02 04 Плодовоовощеводство.

В нем кратко изложены теоретические элементы моделирования оросительных мелиораций, описание лабораторных установок и методика выполнения лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Сданной считается самостоятельно выполненная и правильно оформленная лабораторная работа. Это является допуском студента к сдаче зачета по дисциплине, вынесенного в экзаменационную сессию.

1. МЕТЕОФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ ОБЪЕКТА ПЛАНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

Основным объектом сельскохозяйственных мелиораций являются почвенные режимы: водный, воздушный, тепловой и питательный. Эти режимы находятся в прямой зависимости от метеорологических факторов окружающей среды, за которыми ведутся многолетние систематические наблюдения [1].

Температуры воздуха и почвы важны для жизнедеятельности растений, поскольку растения могут развиваться только в определенном диапазоне температур. Каждое растение имеет свой температурный минимум, ниже которого оно перестает вегетировать, температурный оптимум, соответствующий максимальной продуктивности растений, и температурный максимум, за пределами которого растение существовать не может. Температурный режим оказывает существенное влияние на водопотребление растений.

Большое значение для развития сельскохозяйственных растений имеет *влажность воздуха*, причем отрицательное влияние оказывают как низкие (ниже 30 %), так и очень высокие (свыше 80 %) значения относительной влажности.

В периоды с низкой относительной влажностью и высокими температурами воздуха (атмосферная засуха) резко увеличивается транспирация, что при недостаточном водоснабжении растений может привести к нарушению водного баланса.

Высокая влажность воздуха задерживает цветение растений, ухудшает условия опыления, созревания плодов и семян. Кроме того, она благоприятствует возникновению и развитию грибных и бактериальных болезней.

Влажность воздуха зависит, прежде всего, от того, сколько водяного пара попадает в атмосферу путем испарения в данном районе. Для каждой температуры существует некоторое предельное влагосодержание воздуха, которое не может быть превзойдено. Оно называется состоянием насыщения.

Осадки являются основным источником влаги в почве и играют важную роль в жизни растений. По форме осадки, выпадающие из облаков, делятся на твердые, жидкие и смешанные.

При изучении условий объекта важная роль отводится характеру рельефа, глубине залегания грунтовых вод и типу и механическому составу почвогрунта.

Лабораторная работа 1. Изучение приборов по измерению влажности воздуха, атмосферных осадков

Цель работы – изучить устройства, установки и правила наблюдения за влажностью воздуха и атмосферными осадками.

Задачи:

1. Изучить назначение, устройство и принцип работы психрометров.

2. Изучить назначение, устройство и принцип работы осадкомеров.

Материалы и оборудование: аспирационный психрометр, гигрометр, гигрограф, плювиограф.

Влажность воздуха может быть измерена несколькими методами. Наибольшее распространение получили психрометрический и гигрометрический методы.

Психрометрический метод. Влажность воздуха определяется по разности показаний двух одинаковых психрометрических термометров – сухого и смоченного. С поверхности резервуара смоченного термометра происходит испарение, которое зависит от влажности окружающего воздуха. Чем суше воздух, тем интенсивнее испарение с резервуара смоченного термометра и тем ниже его показания по сравнению с сухим термометром. Таким образом, по разности показаний сухого и смоченного термометров можно определить влажность воздуха.

Гигрометрический метод измерения влажности воздуха основан на использовании свойства обезжиренного человеческого волоса менять свою длину при изменении влажности окружающего воздуха. Удлинение волоса с изменением относительной влажности воздуха происходит неравномерно.

Аспирационный психрометр очень удобен для измерения влажности воздуха в полевых условиях (рис. 1.1). Аспирационный психрометр состоит из двух одинаковых психрометрических термометров 1 и 2 с резервуарами цилиндрической формы.

Термометры закреплены в оправе, состоящей из трубки 3, раздваивающейся книзу на две трубочки 5 и 6, планок 4 и аспиратора 7.

В трубочках 5, 6 имеются еще внутренние трубки 11, 12, в которые помещаются резервуары термометров. Двойные трубки защищают резервуары от нагревания солнечными лучами. Чтобы тепло от корпуса не передавалось к резервуарам, трубки изолируются от них пластмассовыми кольцами 9, 10. Важной частью аспиратора является пружина, которую заводят ключом 8. В результате работы аспиратора во-

круг резервуаров термометров создается постоянный ток воздуха со скоростью 2 м/с. Поэтому показания прибора не зависят от скорости ветра.

Для лучшего отражения солнечных лучей металлические части прибора никелированы.

Психрометр подвешивают за железный крюк-подвес 13, который может быть ввинчен в деревянный столб на требуемую высоту.

Для смачивания батиستا пользуются резиновой грушей 14 со стеклянной пипеткой 15 и зажимом 16.

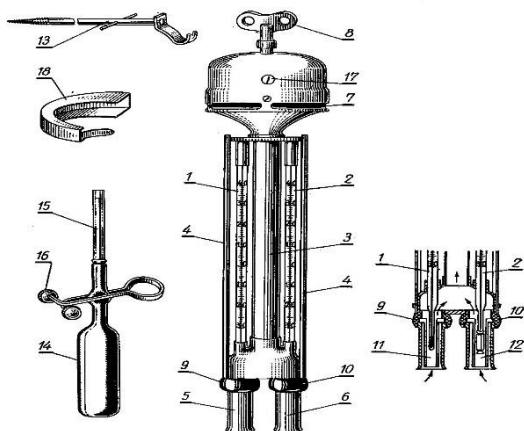


Рис. 1.1. Аспирационный психрометр:

- 1, 2 – психрометрические термометры; 3 – оправа; 4 – планка;
 5, 6 – трубочки; 7 – аспиратор; 8 – ключ; 9, 10 – пластмассовые кольца;
 11, 12 – внутренние трубки для термометров; 13 – крюк-подвес;
 14 – груша; 15 – пипетка; 16 – зажим; 17 – винт; 18 – хомут

Волосной гигрометр применяется для определения относительной влажности воздуха при отрицательных температурах. Приемной частью гигрометра (рис. 1.2) служит обезжиренный человеческий волос, натянутый на металлическую раму. Один конец его закреплен в нижней части регулировочного винта, другой – в отверстии металлической дужки. Крепление волоса внизу и вверху производится деревянными штифтами. Изменение длины волоса в результате изменения влажности воздуха вызывает поворот стрелки вокруг оси и смещение ее свободного конца по шкале с делениями от 0 до 100 %. Цена деления рав-

на 1 % относительной влажности. Волос меняет свою длину неравномерно, поэтому деления в начале шкалы крупнее, чем в конце.

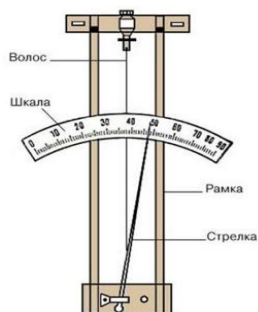


Рис. 1.2. Волосной гигрометр

Гигрограф волосной (рис. 1.3) применяется для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха.

Приемной частью волосного гигрографа, который реагирует на изменение относительной влажности, является пучок обезжиренных человеческих волос 6. Он расположен в рамке за пределами корпуса прибора. Изменения длины пучка волос передаются через систему рычагов 6 на стрелку 4, на конце которой крепится перо 3. Для регулировки точности записи пера служит установочный винт 7, при помощи которого регулируется необходимое натяжение пучка волос. При увеличении относительной влажности пучок волос удлиняется, а стрелка с пером перемещается вниз по ленте барабана.

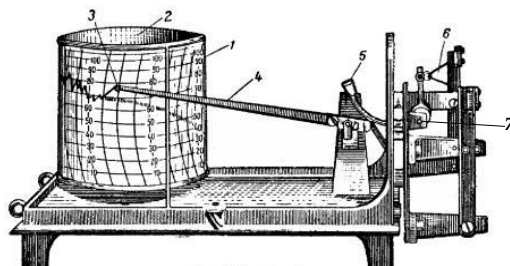


Рис. 1.3. Гигрограф волосной:
1 – лента; 2 – барабан; 3 – перо; 4 – стрелка; 5 – коленчатый рычаг; 6 – пучок обезжиренных волос; 7 – винт

Регистрирующей частью гигрографа служит барабан с часовым механизмом. В зависимости от скорости вращения барабана гигрографы различают суточные и недельные.

Осадкомеры и дождемеры широко применяются для измерения атмосферных осадков.

Количество выпавших осадков измеряется толщиной слоя воды в миллиметрах, который образовался бы на горизонтальной поверхности при условии, что выпавшие осадки не просачивались в почву, не стекали и не испарялись. Количество осадков определяют за определенный промежуток времени и вычисляют с точностью до 0,1 мм.

Осадкомер Третьякова применяется на метеостанциях для измерения количества осадков, выпадающих в жидком и твердом виде.

Осадкомер состоит из приемного сосуда в форме ведра 3 (рис. 1.4). Ведро имеет приемную площадь 200 см² и высоту 40,0 см. Внутри ведра впаяна диафрагма 2 в виде усеченного конуса. Для уменьшения испарения из ведра в летнее время отверстие диафрагмы закрывается воронкой 1 с маленьким отверстием для стока осадков. С внешней стороны ведра для слива собранных осадков припаян носик 5, который закрывается колпачком 4 с цепочкой. Крышка служит для того, чтобы закрывать ведро при переносе его с площадки и на время таяния снега в нем. Ведро осадкомера устанавливают в специальное приспособление на металлической подставке 7.

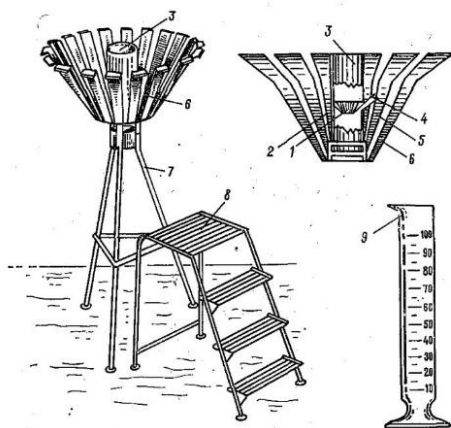


Рис. 1.4. Осадкомер Третьякова с подставкой:

1 – воронка; 2 – диафрагма; 3 – ведро; 4 – колпачок; 5 – носик;
6 – планки ветровой защиты; 7 – подставка; 8 – лестница; 9 – измерительный стакан

Ветровая защита 6 состоит из трапецеидальных изогнутых планок.

Собранные осадки выливают в измерительный стакан 9, который представляет собой мензурку с 100 делениями. Одно деление по объему равно 2 см^3 , которое при площади сечения приемной части ведра в 200 см^2 соответствует 0,1 мм слоя осадков.

Осадкомер устанавливают на металлической подставке с таким расчетом, чтобы приемная поверхность его находилась на высоте 2 м. Измерение количества осадков проводят 4 раза в сутки.

Плювиограф-самописец предназначен для непрерывной регистрации количества, интенсивности и продолжительности выпадения жидких осадков (рис. 1.5).

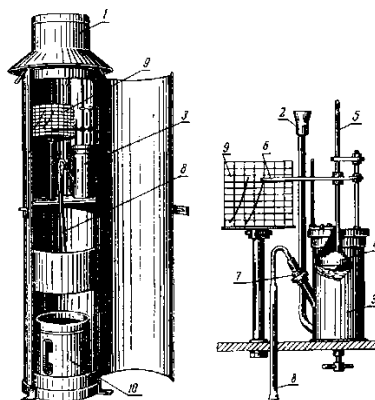


Рис. 1.5. Плювиограф:

- 1 – сосуд; 2 – воронка трубки; 3 – поплавковая камера;
4 – поплавок; 5 – стержень; 6 – стрелка с пером; 7 – гайка;
8 – сифон для перелива осадков; 9 – барабан
с часовым механизмом; 10 – контрольный сосуд

Плювиограф состоит из цилиндрического сосуда 1 с приемной площадью 500 см^2 . В нижней части сосуд переходит в конус, заканчивающийся сливной кружкой, которая вставляется в воронку трубки 2, идущей от поплавковой камеры 3. Осадки через приемное ведро поступают в поплавковую камеру, внутри которой находится полый металлический поплавок 4 со стержнем 5 и стрелкой 6 с пером. Рядом с поплавковой камерой укреплен барабан 9 с часовым механизмом. На барабан надевается бумажная лента. Горизонтальные линии на ней соответствуют количеству осадков, вертикальные – времени. Одно

горизонтальное деление равно 0,1 мм осадков, а одно вертикальное – 10 мин. В нижней части корпуса помещается контрольный сосуд 10, в который сливаются осадки из поплавковой камеры.

При выпадении осадков вода из приемного сосуда 1 переливается в поплавковую камеру 3. При этом поплавок поднимается и перо чертит на ленте кривую линию, причем чем интенсивнее осадки, тем круче подъем кривой. Как только осадки заполняют поплавковую камеру (10 мм), начинает действовать сифон 8 и вода из камеры автоматически выливается в контрольный сосуд 10. При этом перо вычерчивает на ленте вертикальную прямую линию от верха до нулевого деления ленты. Если осадки продолжают выпадать, поплавковая камера снова наполняется водой и перо поднимается вверх. Если осадки прекращаются, перо чертит на ленте горизонтальную линию.

При отрицательных температурах плювиограф не используют, так как вода в сосуде может замерзнуть и повредить прибор.

Плювиограф устанавливают горизонтально на открытой площадке на специальном столбе так, чтобы его верхняя часть была на высоте 2 м от поверхности почвы [9, 10].

Лабораторная работа 2. Характеристика природно-хозяйственных условий объекта орошения

Цель работы – описать и дать общую оценку природно-хозяйственным условиям объекта орошения.

Задачи:

1. Изучить данные метеонаблюдений в районе объекта и представить их в табличном виде по декадам (осадки и дефицит влажности).
2. Охарактеризовать размер и конфигурацию участка, оценить рельеф участка орошения.

Материалы и оборудование: план участка М 1:5000, метеоданные по станциям республики, гранулометрический состав почв.

Порядок выполнения. Характеристика природно-климатических условий зоны нахождения объекта служит основой обоснования потребности в орошении участка, расчета режима орошения, а также проектирования оросительной сети.

1. Для решения первой задачи предусмотрено использование данных многолетних наблюдений метеостанций Республики Беларусь, которые размещены в прил. 1–4.

Распределение суммы осадков вегетационного периода по декадам при обеспеченности 75 % при площади участка не более 500 га [1]

следует производить с использованием закономерности внутрисезонного распределения, представленного в процентном отношении в прил. 2. Результаты заносят в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Декадные значения осадков (P), дефицита влажности воздуха (d) по метеостанции _____

Метеоэлементы	Периоды								
	Апрель			Май			И т. д.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P , мм (75 % обеспеч.)									
d , мб (25 % обеспеч.)									

Аналогичным образом производят распределение дефицита влажности воздуха для обеспеченности 25 % (прил. 3–4). При этом учитывают территориальную принадлежность станций гидролого-климатическому району (прил. 5).

Обеспеченность гидрологической величины – это вероятность ее появления с равным или превышающим заданный уровень значением. Она рассчитывается статистически на основе данных многолетних наблюдений.

2. На выданном плане участка орошения устанавливают его площадь, описывают конфигурацию и особенности примыкания границ. Оценку рельефа участка осуществляют на основе расчета уклонов местности (среднего, максимального, минимального). Уклоны рассчитывают в типичных местах, равномерно охватывая площадь участка (не менее 10 значений), и вычисляют их среднее значение (рис. 2.1).

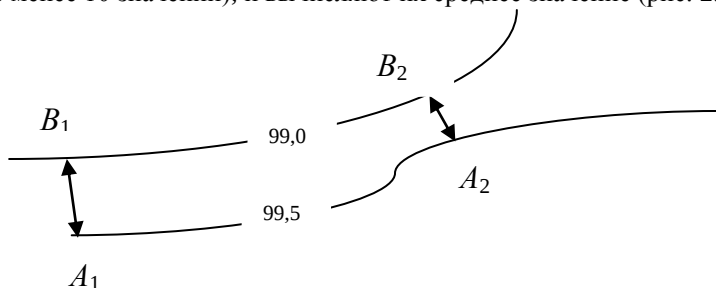


Рис. 2.1. Примерная схема рельефа местности

Уклон отрезка AB рассчитываем по формуле

$$i = \frac{(H_B - H_A)}{l}, \quad (2.1)$$

где H_B и H_A – отметки высот местности между соседними изогибсами, м;

l – расстояние между горизонталями, м.

Расстояние между горизонталями (l) определяют путем промера на плане (см) с учетом масштаба.

В выводе отмечают степень выраженности уклона участка (до 0,002 – незначительный уклон, от 0,002 до 0,005 – слабый уклон, 0,005–0,008 – средний уклон, 0,008 и более – сильный уклон).

Пример. На приведенной выше схеме определим уклоны участка различного характера на двух – отрезках A_1B_1 (измеренная на плане длина отрезка – 2 см) и A_2B_2 (при измерении – 0,8 см):

$$i_1 = \frac{(99,5 - 99,0)}{2 \cdot \frac{5000}{100}} = 0,005;$$

$$i_2 = \frac{(99,5 - 99,0)}{0,8 \cdot \frac{5000}{100}} = 0,0125.$$

Видно, что на отрезке A_2B_2 уклон более выражен, чем на A_1B_1 . В первом случае уклон участка слабый, во втором – сильный.

2. РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ КУЛЬТУР ОТКРЫТОГО ГРУНТА

В Беларуси в открытом грунте главным образом выращивают и орошают такие овощные культуры, как капуста, огурцы, редис, лук, репе – свекла столовая, морковь, картофель. В зависимости от физиологических потребностей и хода транспирации существуют особенности режима орошения каждой из культур, которые следует учитывать при невозможности расчета оптимальной нормы полива.

Раннюю и среднеспелую капусту в овощном севообороте поливают в первую очередь. Перед высадкой рассады в сухую почву проводят полив с нормой расхода воды 100–150 м³/га, и такое же количество воды необходимо после посадки. Ранние поливы культуры нецелесообразны. На ее рост и развитие в жаркие часы благоприятно влияют освежительные поливы.

Поздняя капуста. Умеренная влажность в начале вегетации (70–75 % НВ) способствует проникновению корневой системы растений в глубокие слои почвы, где запасы влаги сравнительно устойчивы. В период вегетации капуста требует повышенной влажности почвы. В последнюю фазу вегетации (вторая половина августа) требуется умеренное увлажнение (порог влажности – 70–75 % НВ). За 20–30 дней до уборки поливы нужно прекратить.

Цветная капуста очень требовательна к влажности почвы и воздуха. Необходимы посадочный и через 5–6 дней послепосадочный поливы малыми нормами. Затем для лучшего развития корневой системы с учетом метеорологических условий целесообразен перерыв в 12–18 дней. Далее при достижении предполивной влажности почвы 85–90 % НВ цветную капусту необходимо поливать регулярно вплоть до уборки урожая (середина июля). В период завязывания головок поливы необходимо проводить чаще (через 6–8 дней). Культура очень отзывчива на освежительные поливы.

Огурцы в начале вегетации при достаточных запасах влаги в почве поливают умеренно. В сухую почву перед посевом производят полив с нормой расхода 100–150 м³/га. Основной период орошения огурцов длится от середины июля до середины августа. Корневая система сосредоточена в слое почвы до 20 см, поэтому поливать огурцы целесообразно небольшими нормами (150–200 м³/га). После образования завязей поливы необходимо проводить чаще.

В период плодоношения огурцы желательно поливать после каждого сбора (6–8 дней). В жаркие часы суток для увлажнения приземного слоя воздуха в период сбора полезны освежительные поливы.

Свекла столовая требует умеренной влажности почвы (70–75 % НВ). Могут понадобиться очень ранние поливы небольшими нормами (100–150 м³/га) для обеспечения дружного прорастания семян. Наиболее отзывчива на орошение в период интенсивного роста и развития зеленой массы и корнеплодов. Поливы проводят в июле – августе при наступлении засушливых периодов. Более ранние поливы ведут к росту ботвы.

Морковь обычно поливают умеренно. Первые поливы (100 м³/га) проводятся для получения ранних и дружных всходов. В дальнейшем основные вегетационные поливы приурочивают к фазе нарастания корнеплодов (для ранних сортов – в июне, для поздних – в июле). Поливы прекращают обычно за 25–30 дней до уборки.

Ранний и среднепоздний картофель. Предполивная влажность почвы – 60–75 % НВ. Картофель предъявляет повышенные требования к равномерному и достаточному увлажнению пахотного слоя почвы в периоды бутонизации, цветения и нарастания клубней (начало июля). Полив раннего картофеля необходимо прекращать за 6–7 дней до уборки, а среднепозднего – за 15–20 дней до уборки.

Редис. Орошение редиса следует начинать со времени образования корнеплода и продолжать до уборки. При недостатке влаги в поверхностном слое почвы (0–20 см) корнеплоды грубеют, замедляется их рост. Поливы необходимо проводить часто (через 4–6 дней), небольшими нормами (по 100–150 м³/га). Вкусовые качества редиса при этом значительно улучшаются.

Лук поливают небольшими нормами (150–200 м³/га) с интервалом в 20–30 дней, в жаркую погоду межполивной период сокращают до 12–15 дней. В засушливый период первый полив проводят при появлении всходов. Лук, предназначенный для быстрой реализации, нужно поливать при влажности почвы не ниже 80 % НВ, а последний полив проводить в начале полегания листьев. Для длительного хранения лук следует поливать во второй половине периода вегетации при влажности почвы не ниже 70 % НВ, последний раз – за 14–16 дней до начала полегания листьев.

Использование точных расчетных показателей для формирования режима орошения обеспечивает основу для получения требуемой урожайности овощных культур. Далее приведены основные методики расчета элементов водного баланса на орошаемом участке, составляющего основу последующего проектирования текущего режима орошения и графика поливов.

Лабораторная работа 3. Определение поливных и оросительных норм

Цель работы – изучить основные элементы орошения сельскохозяйственных культур и освоить методику их расчета.

Задачи:

1. Изучить виды поливных норм.
2. Рассчитать поливные нормы для заданных условий.

Материалы и оборудование: основные данные водно-физических свойств почвы, сельскохозяйственная культура.

Порядок выполнения. *Поливная норма* – это объем (м^3) или слой (мм) воды, подаваемый на единицу площади (1 га) за один полив для ее увлажнения в диапазоне оптимальных значений. Различают поливные нормы брутто и нетто.

Поливная норма нетто – количество поливной воды, переведенное в течение одного полива в почвенные запасы корнеобитаемого слоя. Она рассчитывается по одной из следующих формул:

$$m = 10h\gamma_{\text{об}}(\beta_{\text{в}} - \beta_{\text{н}}); \quad (3.1)$$

$$m = 10h(\beta_{\text{в}}^{\text{об}} - \beta_{\text{н}}^{\text{об}}); \quad (3.2)$$

$$m = 0,1Ah(\beta_{\text{в}}^A - \beta_{\text{н}}^A), \quad (3.3)$$

где m – поливная норма, мм;

h – глубина расчетного увлажняемого слоя, м;

$\gamma_{\text{об}}$ – плотность почвы, г/см^3 ;

$\beta_{\text{в}}$, $\beta_{\text{н}}$ – соответственно влажность почвы при верхней и нижней границах оптимального увлажнения, % от массы абсолютно сухой почвы;

$\beta_{\text{в}}^{\text{об}}$, $\beta_{\text{н}}^{\text{об}}$ – то же, но в % от объема почвы;

A – пористость почвы, % от ее объема;

$\beta_{\text{в}}^A$, $\beta_{\text{н}}^A$ – то же, но в % от пористости.

Выбор конкретной расчетной формулы поливной нормы определяется размерностью НВ ($\beta_{\text{в}}$, $\beta_{\text{в}}^{\text{об}}$, $\beta_{\text{н}}^A$), указанной в задании.

В качестве верхнего предела оптимального увлажнения принимается наименьшая влагоемкость почвы (НВ).

Нижний предел оптимального увлажнения, или предполивная влажность почвы ($\beta_{\text{н}}$), зависит от вида культуры, фазы ее развития, почв участка и определяется обычно в процентах от НВ. Рекомендуемые значения $\beta_{\text{н}}$ приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Предполивная влажность почвы при орошении сельскохозяйственных культур, % от НВ [3, 15]

Культура	Пределы изменения	Среднее значение
Пастбище	70–80	75
Клевер	75–85	80
Капуста ранняя	80–85	85
Капуста поздняя	75–85	80
Огурцы	75–85	80
Томаты	70–80	75
Картофель	65–75	70
Свекла	65–80	75
Морковь	60–80	70
Яблоневый сад	70–80	75

Глубина расчетного увлажняемого слоя h в зависимости от поставленных целей и условий расчетов принимается в интервале 0,3–1,0 м. Следует помнить, что в почвенно-климатических условиях Беларуси пересыхает только верхний слой почвы и выпадение осадков возможно вслед за поливами. Кроме того, основная масса корней овощных культур сосредоточена в слое до 0,4 м. Исходя из этого, для расчета поливных норм овощных культур рекомендуется использовать значения из диапазона 0,3–0,4 м. Для плодовых кустарников и молодого яблоневого сада – 0,5 м, для плодоносящего яблоневого сада – 1,0 м.

Расчетный период может быть различным: сутки, декада, месяц, вегетационный период.

В проектной практике поливные вегетационные нормы для условий Беларуси рекомендуются следующие: песчаные почвы – 15–20 мм, супесчаные – 20–25, суглинистые – 25–30 мм. В случае несоответствия расчетной поливной нормы рекомендуемым выше диапазонам окончательно принимается ближайшая к расчетной рекомендуемая величина. Принятые в проекте поливные нормы округляются до 1 мм.

Поливная норма брутто учитывает потери воды на испарение из дождевого облака, с поверхности растений, на которые она попадает при поливе не достигнув почвы, потери из оросительного поливного трубопровода и т. п. Предельная допустимая величина потерь составляет 15 %, тем не менее следует стремиться к их сокращению до 5 %.

Для расчета поливной нормы брутто используем формулу

$$m_6 = m_n / \eta, \quad (3.4)$$

где η – коэффициент полезного использования воды (0,85–0,95).

Пример расчета поливной нормы. Используем следующие исходные данные: почвы участка – супесчаные, влажность почвы при

верхней границе оптимального увлажнения – 23,8 % от массы сухой почвы, $\gamma_{об} = 1,56 \text{ г/см}^3$, орошаемая культура – капуста поздняя. Принимаем $h = 0,3 \text{ м}$; $\beta_n = 80 \%$. Поскольку влажность при НВ задана в процентах от абсолютно сухой массы почвы, для расчета используем формулу (3.1), согласно которой поливная норма нетто составит

$$m_n = 10 \cdot 0,3 \cdot 1,56 \cdot (23,8 - 0,80 \cdot 23,8) = 22,3 \text{ мм.}$$

Данная величина попадает в рекомендуемый для супесей диапазон, поэтому, округлив ее до величины, кратной 5 мм, получаем $m = 25 \text{ мм}$. Поливная норма брутто: $m_б = 25 / 0,95 = 26,3 \text{ мм}$.

Лабораторная работа 4. Расчет водного баланса почв и обоснование необходимости орошения

Цель работы – освоить биоклиматический метод оценки водного режима мелиорируемых почв.

Задачи:

1. Определить приходные и расходные составляющие уравнения водного баланса за вегетационные периоды лет различной влагообеспеченности для двух сельскохозяйственных культур.
2. Рассчитать биоклиматические коэффициенты заданных культур.
3. Выполнить подекадный расчет водного баланса почвы, определить необходимость полива и установить даты поливов.

Материалы и оборудование: сельскохозяйственные культуры (капуста поздняя, морковь, клевер, яблоневый сад), декадные значения метеозлементов типового среднесухого года (25 % обеспеченности), гранулометрический состав почвы, наименьшая влагоемкость, поливные нормы.

Водный режим почвы – это совокупность процессов поступления, передвижения, сохранения и расхода влаги в почве.

Водный баланс почвы – это количественная характеристика ее водного режима, т. е. сопоставление всех форм поступления, передвижения и расхода влаги. Водный баланс основан на законе сохранения вещества (в данном случае воды) и составляется для определенного слоя почвы за определенный промежуток времени.

Порядок выполнения. Расчет выполняется путем составления уравнения водного баланса, которое учитывает основные приходные и расходные статьи (элементы). Для почвенных условий мелиорируемого сельскохозяйственного участка основными *приходными элементами* являются атмосферные осадки, а также находящиеся в самой почве

весенние запасы легкодоступной растениям влаги. Проектирование оросительных систем в Беларуси осуществляется, как правило, при глубоком залегании грунтовых вод (более 3 м), поэтому данным элементом в расчете пренебрегаем. Основным *расходным элементом* водного баланса является суммарное испарение, т. е. расход на испарение из почвы и на транспирацию (водопотребление сельхозкультур).

Все слагаемые уравнения водного баланса выражают количество (объем) воды и должны иметь одинаковую размерность – кубические метры в расчете на гектар ($\text{м}^3/\text{га}$) или миллиметры слоя воды (мм). Следует помнить, что 1 мм слоя воды соответствует $10 \text{ м}^3/\text{га}$.

Состояние водного режима в определенный момент или промежуток времени можно характеризовать следующим образом:

- режим недостаточного увлажнения (при существенном превышении расходных составляющих над приходными – в условиях засухи);
- режим оптимального увлажнения (суммарное количество поступающей и расходуемой влаги примерно одинаково, а влагозапасы почвы находятся в диапазоне, оптимальном для конкретной культуры);
- режим избыточного увлажнения (при существенном превышении приходных составляющих над расходными – в условиях избытка осадков или подпитывания грунтовыми водами).

С учетом изложенного уравнение водного баланса корнеобитаемого слоя почвы для расчетного периода будет иметь следующий вид:

$$W_{\kappa}^i = W_{\text{н}}^i + K_{\text{п}}P_i - K_{\text{в}}E_i, \quad (4.1)$$

где W_{κ}^i , $W_{\text{н}}^i$ – влагозапасы расчетного слоя почвы соответственно на конец и начало i -й декады, мм;

$K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент на недоучет осадков измерительными приборами;

P_i – измеренные осадки, выпавшие за данную декаду, мм;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент влагообмена, учитывающий долю водопотребления из расчетного слоя;

E_i – водопотребление культуры за декаду, мм.

Для расчета водопотребления орошаемой культуры в работе используем биоклиматический метод, наиболее приемлемый для минеральных почв Беларуси [4]. Особенностью этого метода является учет биоклиматического коэффициента конкретной культуры в определенных климатических условиях.

Расчет осуществляется последовательно по компонентам водного баланса с учетом необходимых коэффициентов и оформляется в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Расчет элементов проектного режима орошения культуры _____ по метеостанции _____

Показатели	Май			Июнь			Июль			И т. д.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P_i , мм (прил. 1, 2)												
K_n												
$\sum d_i$, мб (прил. 5–7)												
$\sum t_i$, °C (прил. 3, 4, 7)												
$\sum T_i$, °C												
K_{cp}												
$\sum d_{cp}$, мб												
K_i												
E_i , мм												
K_b												
$K_n P_i - K_b E_i$, мм												
W_n^p , мм												
W_k^p , мм												
C_i , мм												
m , мм												
Д (дата)												

Осадки, выпавшие за расчетную декаду, учитываются по данным метеостанций, приведенным в прил. 1, 2. Поправочный коэффициент к осадкам K_n принимается в апреле 1,20; мае 1,12; июне и июле 1,08; августе 1,07 и сентябре 1,11.

Расчет водопотребления ведется по формуле

$$E_i = K_i \sum d_i, \quad (4.2)$$

где K_i – биоклиматический коэффициент конкретной культуры и фазы ее развития при определенных климатических условиях;

$\sum d_i$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за расчетный период (конкретную декаду), мб.

С учетом климатической изменчивости значение K_i вычисляется по следующей зависимости:

$$K_i = \left(0,30 \frac{\sum d_{cp}}{\sum d_i} + 0,70 \right) K_{cp}, \quad (4.3)$$

где K_{cp} – среднегодовое значение биоклиматического коэффициента, характерное для данной фазы развития культуры при среднесуточных климатических условиях, выражаемых $\sum d_{cp}$.

Сезонная изменчивость K_{cp} и $\sum d_{cp}$, отражающая динамику фаз биологического развития культур, вычисляется через сумму среднесуточ-

ных температур воздуха, накопленную от начала вегетации к середине каждой расчетной декады ($\sum T_i$):

$$K_{cp} = a_0 + a_1(0,001\sum T_i) + a_2(0,001\sum T_i)^2, \quad (4.4)$$

$$\sum d_{cp} = b_0 + b_1(0,001\sum T_i) + b_2(0,001\sum T_i)^2, \quad (4.5)$$

где $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ – эмпирические коэффициенты культуры (приводятся в прил. 8).

Величина $\sum T_i$ определяется путем последовательного сложения сумм температур предыдущих расчетных декад и половины суммы температур текущей расчетной декады:

$$\sum T_i = \sum t_1 + \sum t_2 + \dots + \sum t_{i-1} + 0,5\sum t_i. \quad (4.6)$$

Коэффициент влагообмена K_v изменяется от 1,0 в начале вегетации до 0,85 в конце.

Для установления необходимости поливов или сброса излишков влаги рассчитываются влагозапасы при верхней (W_{max}) и нижней (W_{min}) границах оптимального увлажнения.

$$W_{max} = 10h\gamma_{об}\beta_v, \quad (4.7)$$

$$W_{min} = 10h\gamma_{об}\beta_n, \quad (4.8)$$

где β_v – влажность почвы при верхней границе оптимального увлажнения (на начало вегетации при отсутствии подпора в 3-й декаде апреля соответствует наименьшей влагоемкости), %;

β_n – влажность почвы при нижнем пределе (см. табл. 3.1), % от НВ.

Влагозапасы на начало первой расчетной декады W^1_n заданы в исходных данных в процентах от W_{max} . В дальнейшем W^{i+1}_n определяется на основе расчетов W^i_k предыдущей декады по формуле (4.1) с учетом следующих трех случаев:

I. $W^i_k > W_{max}$, т. е. влагозапасы на конец декады превышают верхнюю границу оптимального увлажнения, что приводит к сбросу (C_i , мм) этого превышения.

Влагозапасы на начало следующей декады $W^{i+1}_n = W_{max}$.

$$C_i = W^i_k - W_{max}. \quad (4.9)$$

II. $W_{min} < W^i_k < W_{max}$, когда отсутствуют сброс и необходимость полива, т. е. $W^{i+1}_n = W^i_k$.

III. $W^i_k \leq W_{min}$, что указывает на недопустимое снижение расчетных влагозапасов и необходимость полива с нормой расхода m .

В этом случае $W^{i+1}_n = W^i_k + m$.

Вместе с установлением необходимости полива в данной декаде определяется его средняя дата:

$$Д = \frac{(W_{\kappa}^i - W_{\min})N_d}{K_{\text{в}}E_i - K_{\text{п}}P_i}, \quad (4.10)$$

где $Д$ – порядковый номер дня полива в данной декаде (округляется до целого числа в большую сторону);

N_d – число дней в декаде.

В случае когда $W_{\kappa}^i + m \leq W_{\min}$, необходим второй полив в декаде, дата которого вычисляется по формуле (4.10) путем прибавления к выражению в скобках величины m .

Пример расчета водного баланса дан в прил. 9.

Лабораторная работа 5. Расчет элементов проектного режима орошения для заданной обеспеченности

Цель работы – овладеть методикой расчета элементов проектного режима орошения.

Задачи:

1. Определить оросительную норму (M) и минимальный межполивной интервал ($T_{\min}$) для культур севооборота по данным текущего режима орошения.

2. Рассчитать оросительную норму и минимальный межполивной интервал для культур севооборота с заданной обеспеченностью осадками.

3. Построить на миллиметровой бумаге графики зависимости оросительной нормы и минимального межполивного интервала от обеспеченности осадками: $M = f(P)$, $T_{\min} = f(P)$.

Материалы и оборудование: сельскохозяйственные культуры, данные текущего режима орошения (по результатам расчета водного баланса в лабораторной работе 4).

Порядок выполнения.

1. Оросительный (расчетный) период – с третьей декады мая по вторую декаду сентября включительно (принимается из прил. 10).

В результате расчетов получено:

число поливов $n = 6$, $M = \sum m = 150$ мм, $T_{\min} = 4$ сут.

Рассчитанные значения оросительной нормы и минимального межполивного интервала необходимо сравнить с рекомендуемыми для года 25%-ной обеспеченности (прил. 11). Если расхождение рассчитанных и рекомендуемых величин не превышает 20 % (от рекоменду-

емых), то далее принимаются рассчитанные M и $T_{\min}$. В противном случае оросительная норма и минимальный межполивной интервал принимаются как рекомендуемые, но измененные на 20 % в сторону полученных по расчету.

Пример. В примере, рассмотренном в прил. 9, рекомендуемые значения M и $T_{\min}$ равны 145 мм и 9 сут, а расхождения с рассчитанными величинами составляют 5 мм и 5 сут, или 3 и 44 % соответственно. Поэтому принимаем

$$M^{25\%} = 150 \text{ мм};$$

$$T_{\min}^{25\%} = 9 - 0,2 \cdot 9 = 7 \text{ сут.}$$

2. Используя полученные значения $M^{25\%}$ и $T_{\min}^{25\%}$, а также модульные коэффициенты, корректирующие оросительные нормы и минимальные межполивные интервалы (прил. 12), рассчитать изучаемые элементы проектного режима орошения при уровнях обеспеченности осадками 50, 10 и 5 %. Результаты свести в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Расчет оросительных норм и минимальных межполивных интервалов при разных уровнях обеспеченности осадками

Культура	$M^{50\%}$	$T_{\min}^{50\%}$	$M^{25\%}$	$T_{\min}^{25\%}$	$M^{10\%}$	$T_{\min}^{10\%}$	$M^5\%$	$T_{\min}^5\%$
Капуста поздняя								
Морковь								
Клевер								
Яблоневый сад								

3. По полученным четырем значениям M и $T_{\min}$ на миллиметровой бумаге построить графики зависимости данных показателей от обеспеченности осадками $M = f(P)$, $T_{\min} = f(P)$. Пример представлен на рис. 5.1.

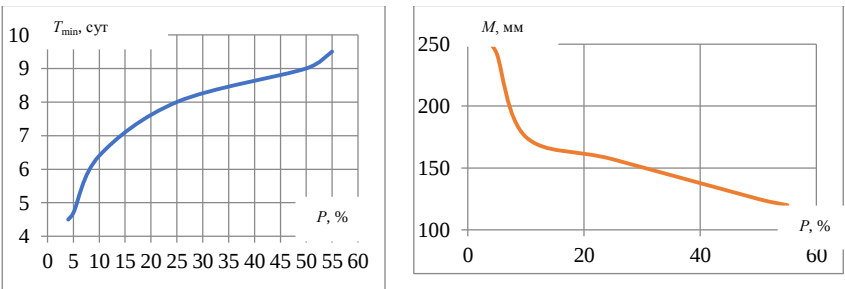


Рис. 5.1. Зависимость $M = f(P)$, $T_{\min} = f(P)$ для культуры _____ по метеостанции _____

3. ОРОШЕНИЕ ДОЖДЕВАНИЕМ

Способ орошения – это совокупность приемов, устройств и технического оборудования, применяемых для распределения воды по орошаемому полю с целью увлажнения приземного слоя воздуха и поверхности растений, введения воды в почву, перевода ее из состояния поливного тока в состояние почвенной влаги, т. е. обеспечения растений необходимым количеством воды.

Дождевание как способ предполагает подачу воды на орошаемую площадь в виде искусственного дождя, который увлажняет почву и надземные части растений, а также приземный слой воздуха.

Лабораторная работа 6. Изучение средств создания и распределения дождя по орошаемой площади

Цель работы – ознакомиться в лабораторных или полевых условиях с конструкцией и принципом работы насадок и аппаратов современной дождевальной техники.

Задачи:

1. Изучить конструкцию и принцип работы дождевателей.
2. Изучить основные виды дождевальной техники и схемы полива при их использовании.

Материалы и оборудование: образцы дождевальных насадок и аппаратов, экспериментальная дождевальная установка, дождемеры, секундомеры, мерный цилиндр, справочники дождевальной техники.

Дождевальные насадки и аппараты – это рабочие органы дождевальных машин и установок, которые преобразуют водяной поток в дождевые капли.

Различие между этими устройствами состоит в их конструкции и, как следствие, технике формирования дождевых капель.

Дождевальная насадка – устройство для образования искусственного дождя, не имеющее частей, совершающих перемещения независимо друг от друга. *Дождевальным аппаратом* называется устройство для образования искусственного дождя и распределения его по площади полива, включающее подвижные элементы.

По радиусу охвата территории дождевым облаком дождевальные насадки подразделяют на короткоструйные (до 10 м), среднеструйные (10–40 м), дальнеструйные (свыше 40 м). По напору воды они могут

быть низконапорными (до 0,3 МПа), средненапорными (0,3–0,5 МПа) и высоконапорными (0,5–60 МПа).

Распределение искусственного дождя по орошаемой площади осуществляется посредством *дождевальной техники* (машины, агрегаты, установки).

Порядок выполнения.

1. В лабораторных условиях студенты изучают конструкцию аппаратов, включают их в работу, изучают принцип работы и характер образования дождя. При этом следует зарисовать схемы дефлекторных и струйных насадок с указанием их основных элементов.

В мелиоративной практике широкое практическое применение получила короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором, которая работает при сравнительно низких напорах воды (рис. 6.1).

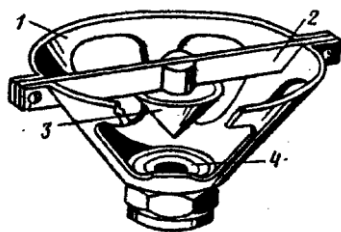


Рис. 6.1. Короткоструйная дождевальная насадка с конусным дефлектором: 1 – конус; 2 – планка; 3 – конусный дефлектор; 4 – выходное отверстие

Струя воды, выходя под напором из выходного отверстия, обтекает обратный конус (дефлектор), принимает коническую форму, а затем распыляется на мелкие капли.

Достоинством этих насадок является равномерное распыление воды с допустимым размером капель при небольших напорах (0,08–0,15 МПа) и затратах энергии. Основной недостаток – небольшой радиус (6–8 м) разбрызгивания и большая интенсивность дождя (0,7–1,1 мм/мин), что ограничивает их применение в машинах и установках, работающих позиционно.

Дефлекторные насадки устанавливаются на двухконсольных дождевальных агрегатах ДДА-100МА, дождевальных машинах «Кубань»,

а также на установках для полива цветников, газонов, в теплицах. Они создают дождь с диаметром капель 0,9–1,1 мм.

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

Средне- и дальнеструйные вращающиеся дождевальные аппараты. В этих устройствах вода вытекает с большой скоростью из отверстия сопла в атмосферу, встречает сопротивление воздуха, аэрируется и распадается на капли.

По конструкции они мало отличаются друг от друга, но существенно различаются по напору и расходу воды, а также по принципу вращения и дальности полета струи.

Основные части струйного аппарата: присоединительный патрубок, корпус, ствол, сопло, механизм привода вращения (рис. 6.2). Вращение ствола аппарата может осуществляться при помощи коромысла, вращающейся гидравлической турбинки, за счет реактивной силы выходящей струи воды или энергии двигателя базовой машины.

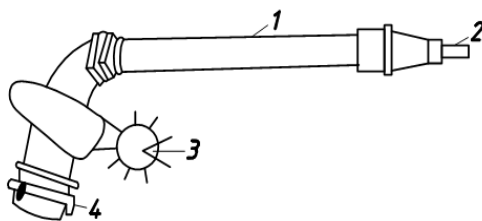


Рис. 6.2. Дальнеструйный дождевальный аппарат:
1 – ствол; 2 – сопло; 3 – механизм привода вращения
(гидравлическая турбинка); 4 – присоединительный узел

Вращение аппаратов обеспечивает равномерность распределения дождя по площади захвата.

Коромысловый дождевальный аппарат ДА-2 (рис. 6.3). Качающееся коромысло дождевателя имеет на заднем конце противовес, который за счет своего веса поднимает переднее плечо коромысла с закрепленной на нем разбрызгивающей лопаткой и вводит ее в струю; лопатка входит в струю под некоторым углом к оси в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В момент удара по разбрызгивающей лопатке струя разрушается, орошая территорию вблизи аппарата.

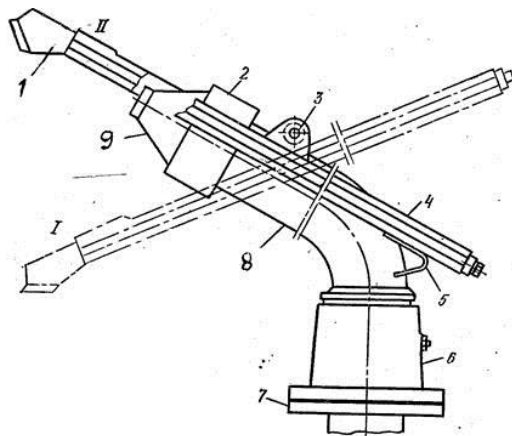


Рис. 6.3. Дождевальный аппарат ДА-2:

- I – коромысло при нижнем положении лопатки;
 II – коромысло при верхнем положении лопатки; 1 – лопатка;
 2 – накидная гайка; 3 – ось качания; 4 – коромысло; 5 – противовес;
 6 – корпус; 7 – присоединительный фланец; 8 – ствол; 9 – насадка

Дождевальные аппараты с пружинными рассекателями. К этой группе относятся среднеструйные аппараты «Роса-1, 2, 3» (рис. 6.4); ДКШ-6; «Фрегат-1, 2, 3, 4» и др.

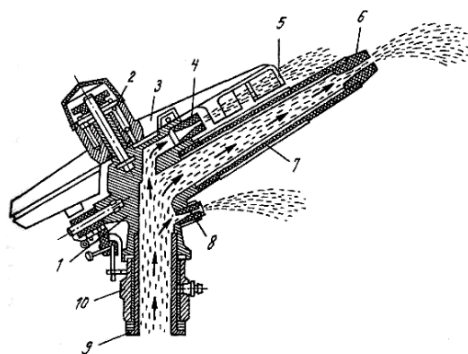


Рис. 6.4. Среднеструйный дождевальный аппарат «Роса-3»:

- 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – коромысло; 4, 6, 8 – сопла;
 5 – лопатка-рассекатель; 7 – ствол;
 9 – стакан; 10 – патрубок

В отличие от коромысла рассекатель колеблется в горизонтальной плоскости: ударом струи по криволинейной лопатке рассекатель отклоняется в сторону, но под действием возвратной пружины снова входит в струю, ударяя по стволу аппарата и поворачивая его на некоторый угол.

Дождеватели с коромысловым и пружинными рассекателями вращаются небольшими рывками со средней угловой скоростью 0,25–0,5 об/мин, так чтобы линейная скорость перемещения конца струи не превышала 2 м/с.

2. При выполнении второй задачи следует изучить виды дождевальной техники и определить основные параметры схем ее расположения на плане. Технические характеристики основных дождевальных машин и установок приводятся в прил. 13.

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 (рис. 6.5), «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 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, но отличаются друг от друга производительностью, радиусом полета струи, способом перемещения и приводом вращения ствола.

В зависимости от принципа работы, технологии полива и перемещения дождевальных устройств можно выделить две основные схемы расположения оросительной сети и дождевальной техники: фронтальное и радиальное (по кругу) перемещение.

Фронтальные дождевальные устройства – многоопорные самоходные устройства с большой шириной захвата и питанием от гидрантов напорной оросительной сети. К этой группе относятся: колесные дождевальные трубопроводы ДКШ-64 «Волжанка», ДКГ-80 «Ока», ДКН-80, КДТ-25, ДК-60; многоопорные машины «Коломенка-100», МДФА «Таврия», ДФ-120 «Днепр» и др. (Россия).

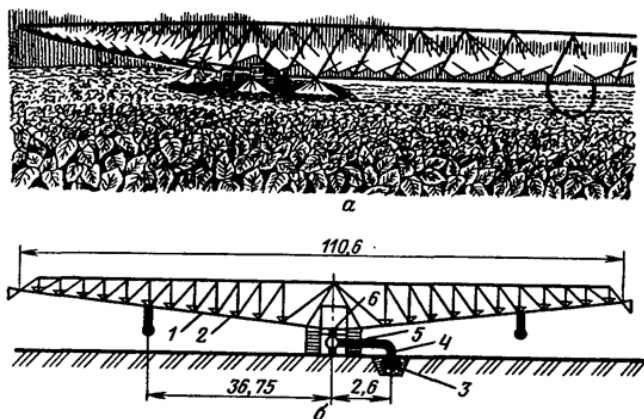


Рис. 6.5. Дождевальный агрегат ДДА-100МА: *а* – в работе; *б* – схема;
 1 – ферма; 2 – короткоструйная дефлекторная насадка;
 3 – всасывающий клапан; 4 – всасывающая линия;
 5 – консольный центробежный насос; 6 – напорный патрубок

Рассмотрим подробнее дождеватель колесный широкозахватный ДКШ «Волжанка» (рис. 6.6).

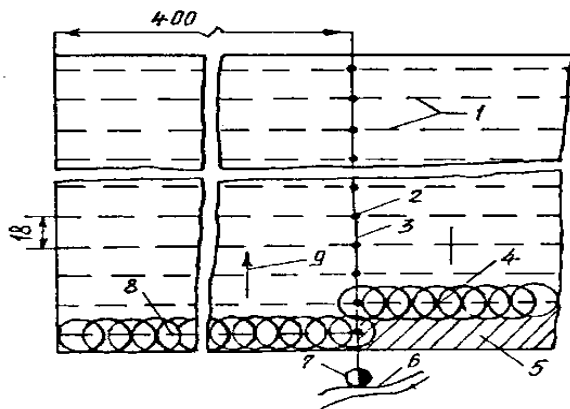


Рис. 6.6. Примерная схема орошения ДКШ-64 «Волжанка»:
 1 – позиции дождевальных крыльев; 2 – гидрант;
 3 – оросительный трубопровод; 4 – первое крыло ДКШ-64;
 5 – политая площадь; 6 – водоисточник; 7 – насосная станция;
 8 – второе крыло ДКШ-64; 9 – направление перемещения крыльев

Он представляет собой многоопорный колесный самоходный трубопровод фронтального перемещения, оборудованный среднеструйными аппаратами кругового действия.

Машина имеет два дождевальных крыла, работающих независимо друг от друга с питанием от различных гидрантов. Высота поливного трубопровода над землей у ДКШ равна 89 см. Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия составляет 0,27 мм/мин. Переезд с позиции на позицию осуществляется фронтально.

Полив ДКШ осуществляется с забором воды от гидрантов закрытой оросительной сети, расположенных через 18 м. Оба крыла «Волжанки» работают одновременно и отдельно друг от друга, их присоединяют к разным гидрантам. При полной длине крыльев (каждое по 395,8 м) расстояние между трубопроводами равно 800 м, расход воды составляет 64 л/с. В зависимости от размеров поливного участка дождевальное крыло можно уменьшать на определенное количество секций.

Достоинства ДКШ: простота конструкции, хорошее качество дождя, невысокая металлоемкость. Недостатки: значительные отклонения отдельных секций трубопровода от прямолинейного положения из-за неровностей рельефа, возможность полива только низкорослых культур, большие переходы при обслуживании установки. Коэффициент земельного использования составляет 0,97, повреждаемость растений колеблется в пределах 0,3–2,0 %.

Ограниченно-мобильные дождевальные системы представлены дождевальными устройствами фронтального и кругового действия, с позиционным поливом и работающими в движении. Современные зарубежные фронтальные машины могут быть как самоходными, так и буксируемыми. Схемы размещения дождевальных устройств, работающих по кругу, представлены на рис. 6.7.

Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100 предназначен для полива зерновых, овощных, кормовых и технических культур, а также ягодников, лугов и пастбищ. Машина позволяет проводить полив в движении с повышенной интенсивностью дождя (рис. 6.8) и пригодна для хорошо впитывающих влагу почв.

По схеме обслуживания орошаемой площади дождевальные устройства близки к мобильным, но схема их полива ограничивается расположением открытой водоподводящей сети.

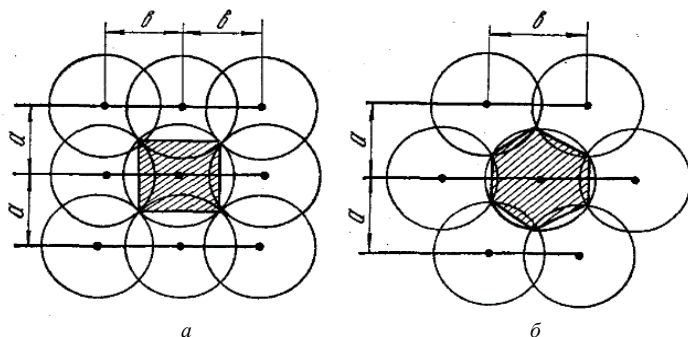


Рис. 6.7. Схемы размещения дождевальных устройств, работающих по кругу (машины типа ДДН, аппараты ДД):
 а – полив по кругу с размещением позиций по квадрату;
 б – полив по кругу с размещением позиций по треугольнику.
 Расстояние между позициями (а и б) принимают равным:
 при квадратной схеме $a - b = 1,42R$, при треугольной –
 $a = 1,5R, b = 1,73R$

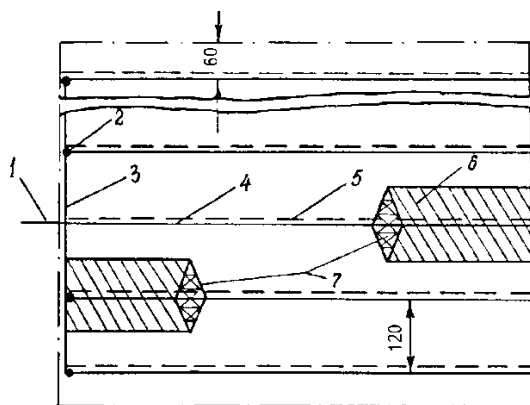


Рис. 6.8. Схема полива с применением ДДА-100ВХ:
 1 – магистральный подводящий трубопровод; 2 – гидрант-водовыпуск;
 3 – распределительный трубопровод; 4 – открытый ороситель; 5 – дорога;
 6 – поливная площадь; 7 – дождевальный агрегат ДДА-100

Агрегат состоит из трактора, пространственной фермы, навешенной на трактор в виде двух консолей, рамы для крепления фермы на тракторе, насосной установки, гидроподкормщика, гидросистемы управления и системы освещения. Трактор служит самоходной опорой

и источником энергии для насоса, гидравлической и электрической систем.

Забор воды происходит в движении из открытой оросительной сети. Расход воды – 130 л/с. За один проход при движении машины выдается слой осадков до 5 мм. Допускаемая скорость ветра – до 6 м/с, коэффициент земельного использования составляет 0,955.

Наличие открытой оросительной сети – наиболее существенный недостаток в применении ДДА-100 для полива, так как оросительная сеть занимает 5–7 % орошаемой площади.

Среди ДМ консольного типа следует отметить машину ДКДФ-1 «Ростовчанка». Особенность ее заключается в том, что водопроводящие трубопроводы выполнены из полимерного материала и поддерживаются вантовой подвеской.

Барабанно-шланговые дождевальные установки (БШДУ) – наиболее перспективный вид мобильных дождевальных устройств. В общем случае такая установка состоит из пневмощасси, рамы, барабана с гидравлическим (механическим) приводом, системы автоматики, гибкого трубопровода, намотанного на барабан прицепного устройства тележки (салазок), на которой устанавливается дождевальный аппарат. Основной элемент конструкции – барабан, установленный на мобильном шасси и имеющий возможность поворачиваться (рис. 6.9).

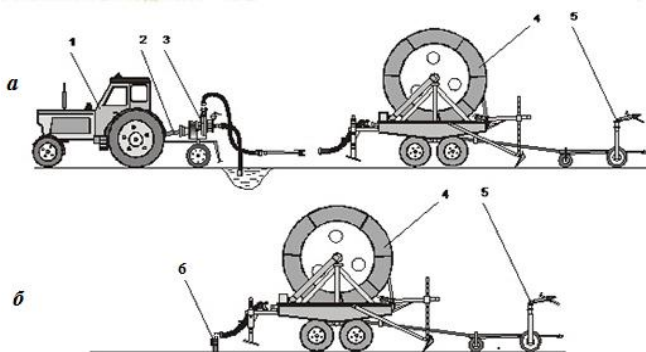


Рис. 6.9. Схема барабанно-шланговой дождевальной установки:

а – забор воды из открытого водоемника;

б – забор воды от гидранта закрытой оросительной сети;

1 – трактор; 2 – карданный вал; 3 – водяной насос;

4 – барабан дождевальной машины; 5 – оросительная тележка; 6 – гидрант

Подача воды к установке может быть организована из закрытой оросительной сети или из водоема. Автономное перемещение по полю тележки с распылительной пушкой по направлению к дождевальной установке обеспечивается за счет напора воды, приводящей в движение механизм привода барабана, который, вращаясь, наматывает предварительно размотанный гибкий трубопровод.

Установки выполняются по двум схемам. В первом случае барабан перемещается по участку в процессе орошения. Во втором, нашедшем наибольшее распространение, барабан устанавливается на позиции, а вода распределяется при передвижении только рабочего органа – тележки с ДА или штанги с разбрызгивающими насадками.

Распространены БШДУ Российского производства – ДШ-10, ДШ-30, «Агрос-32» и «Агрос-75» (в составе комплектов КДШ-1 и КДШ-5); производства Украины – МДУ-75, а также дождеватели фирмы «Intersigma» (Чехия) – «Сигма-50-ДПЗ», PZT-67, PZT-75, PZT-90 «Odra-7528».

Схема полива с использованием *шланговых дождевателей ДШ-10* приведена на рис. 6.10.

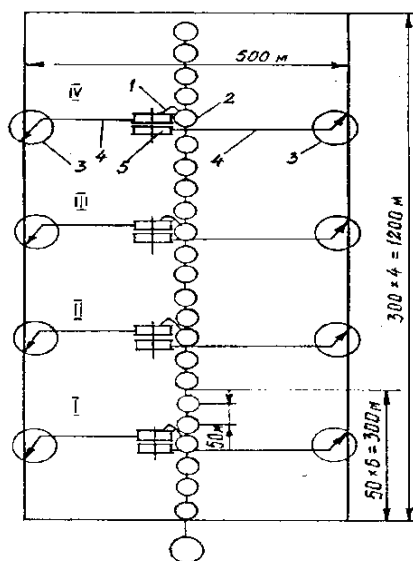


Рис. 6.10. Схема оросительной системы с дождевателями ДШ-10:

- 1 – соединительный трубопровод; 2 – гидрант;
- 3 – дождевательный аппарат; 4 – гибкий трубопровод;
- 5 – самонаматывающаяся катушка; I–IV – зоны обслуживания

При подготовке к работе дождеватель подвозится к гидранту с помощью трактора и устанавливается так, чтобы оси барабанов были параллельны линии гидрантов закрытой оросительной сети. Дождеватель присоединяют к гидранту, открывают задвижку и включают механизм вращения барабанов.

По гибкому трубопроводу вода от гидранта оросительной сети поступает к дождевальному аппарату и разбрызгивается по полосе шириной 50 м. Гидропривод с заданной скоростью вращает барабан, при этом шланг с дождевальным аппаратом подтягивается к барабану и наматывается на него.

В конце полива, когда дождевальный аппарат вплотную подходит к барабану, подача воды автоматически прекращается.

По окончании полива дождеватель отключается от гидранта и перевозится на новую полосу орошения. Площадь орошения с одной позиции – 2,5 га, рабочая ширина захвата – 50 м, расстояние между трубопроводами – 500 м.

Дождеватель ДШ-10 можно применять и для полива мелкоконтурных участков с повышенными уклонами или неправильной конфигурации.

Лабораторная работа 7. Определение допустимой интенсивности искусственного дождя

Цель работы – освоить методику определения допустимой интенсивности искусственного дождя.

Задачи:

1. Изучить показатели качественного орошения дождеванием.
2. Рассмотреть факторы, влияющие на допустимую интенсивность искусственного дождя.
3. Экспериментально определить значение допустимой интенсивности искусственного дождя.

Материалы и оборудование: экспериментальная дождевальная установка, дефлекторная насадка, дождемеры, мерный цилиндр, фильтровальная бумага, секундомер, графики для определения диаметра капель и допустимой интенсивности искусственного дождя.

Качественный полив дождеванием предусматривает обеспечение оптимальных параметров режима орошения, что характеризуется равномерным распределением поливной воды по всей площади без образования луж и стока, ухудшающих структуру почвы и плодородие.

Достижение этого возможно при соблюдении оптимальных структурных характеристик дождя, таких как интенсивность дождя, диаметр капель и равномерность распределения по площади орошения с учетом почвенных условий [1, 15].

Интенсивность дождя (i) выражается слоем осадков, выпадающих на площадь в единицу времени (мм/с). Различают истинную (за короткий промежуток времени) и среднюю (за время полива всей площади) интенсивность дождя.

Процесс впитывания воды в почву при дождевании может происходить в две последовательные стадии: безнапорную (когда на поверхности почвы нет сплошной гравитационной пленки воды) и напорную (когда такая пленка образуется и приводит к стоку и образованию луж). Безнапорная стадия полива обеспечивается так называемой допустимой интенсивностью дождя.

Практический интерес представляет наибольшая возможная в данных условиях интенсивность дождя, обеспечивающая впитывание заданной поливной нормы без образования луж и поверхностного стока. Она зависит от таких факторов, как механический состав почвы, уклон и состояние поверхности участка, влажность почвы, диаметр капель и др. [1, 8].

В результате проведенных опытов получена зависимость слоя осадков (h , мм), который впитывается в почву до образования луж и поверхностного стока, от интенсивности дождя и крупности капель:

$$h = \frac{P}{\sqrt{ie^{0,5d}}}, \quad (7.1)$$

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

i – фактическая интенсивность дождя, мм/мин;

e – основание натурального логарифма;

d – средний диаметр капель, мм.

Параметр P определяется свойствами почвы и является ее специфической характеристикой. В физическом смысле он представляет собой слой осадков, который впитывается в почву до появления луж и стока при поливе очень мелким дождем ($d > 0$) интенсивностью, равной 1 мм/мин.

Из формулы (7.1) видно, что для определения допустимой интенсивности дождя применительно к конкретным почвенным условиям необходимо знать численное значение параметра P .

Порядок выполнения. Теоретическая часть работы выполняется с использованием литературы [1, 6], экспериментальная – в изложенном ниже порядке.

1. На площадке экспериментальной дождевальной установки представляют дождемеры по сетке примерно $0,8 \times 0,8$ м таким образом, чтобы вокруг каждого дождемера в радиусе около 40 см оставалась открытая нетронутая поверхность почвы.

2. Включают в работу дефлекторную насадку и отмечают время дождевания с помощью секундомера (или часов). В процессе полива фиксируют момент образования устойчивых лужич вблизи каждого дождемера. Дождевание прекращают, когда зафиксированы моменты образования лужич у всех дождемеров.

3. В процессе полива над каждым дождемером отбирают пробы на крупность капель дождя. Пробы удобно брать с помощью бумажных фильтров. Крупность капель дождя определяют по величине отпечатков их на фильтре с помощью тарированных данных (прил. 14).

4. В результате проведения опытного полива для каждого дождемера получают: продолжительность полива до появления луж и поверхностного стока (t , мин); слой осадков (h , мм), который впитался до появления луж и поверхностного стока; крупность капель дождя.

Слой осадков, впитывающийся в почву до образования луж и поверхностного стока, замеряют отдельно для каждого дождемера и рассчитывают по зависимости

$$h = \frac{10W}{F}, \quad (7.2)$$

где W – объем воды в дождемере, замеряемый с помощью мерного цилиндра, см^3 ;

F – приемная площадь дождемера, см^2 .

5. По полученным данным определяют интенсивность дождя (i , мм/мин), которая наблюдалась в процессе полива вблизи каждого дождемера:

$$i = h / t. \quad (7.3)$$

6. Для каждого дождемера по экспериментальным данным определяют показатель безнапорной водопроницаемости почвы по формуле

$$P_{\text{экс}} = m\sqrt{ie^{0,5d}}. \quad (7.4)$$

7. Вычисляют среднее (расчетное) значение показателя безнапорной водопроницаемости:

$$P_{\text{ср}} = \Sigma P / n, \quad (7.5)$$

где n – количество дождей.

8. Имея значение $P_{\text{ср}}$, легко определить допустимую интенсивность дождя для полученной крупности капель и требуемой поливной нормы m . Для этого вычисляют так называемый приведенный показатель безнапорной водопроницаемости почвы при дождевании с использованием рекомендуемых для различных почвенных условий поливных норм, которые упоминались в лабораторной работе 3 (с. 15):

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{ср}} / m. \quad (7.6)$$

9. Используя график зависимости допустимой интенсивности дождя ($i_{\text{доп}}$) от $P_{\text{пр}}$ и $d_{\text{кап}}$, по полученным данным $P_{\text{пр}}$ и d находят допустимую интенсивность дождя (прил. 15).

10. Результаты измерений и вычислений заносят в табл. 7.1.

Таблица 7.1. Результаты опыта по определению допустимой интенсивности дождя

№ дождемера	Объем воды в дождемере W , мл	Слой осадков h , мм	Время полива T , мин	Диаметр пятна $d_{\text{пят}}$, мм	Диаметр капли $d_{\text{кап}}$, мм	Интенсивность дождя $i_{\text{экс}}$, мм/с	$P_{\text{экс}}$, мм	$P_{\text{пр}}$, мм	Допустимая интенсивность дождя $i_{\text{доп}}$, мм/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средние значения									

По результатам работы делается вывод о соответствии интенсивности дождя, созданного в процессе эксперимента, его допустимой интенсивности в заданных почвенных условиях.

Лабораторная работа 8. Построение графика полива овощных культур в севообороте

Цель работы – освоить методику составления укомплектованного графика полива севооборота.

Задачи:

1. Изучить принцип построения графиков полива культур в севообороте.

2. Построить неукomплектованный и укomплектованный графики режима орошения плодовых и овощных культур в севообороте.

Материалы и оборудование: учебное пособие [1], рассчитанные ранее оросительные и поливные нормы, средние даты полива, площади культур в севообороте; миллиметровая бумага, линейка, карандаш.

Режим орошения сельскохозяйственных культур в севообороте представляет собой распределение в течение оросительного периода по севооборотной площади норм и сроков поливов, проводимых с учетом размещения культур.

Его планируют для определения объемов воды, которые должны быть забраны из источника орошения и поданы на орошаемую площадь, определения необходимого количества и производительности поливной техники.

Расход воды (л/с), которая должна подаваться на орошение культуры на j -м участке на протяжении T_n суток полива (при круглосуточном поливе), определяют по формуле

$$q_j = a_j m_j F / 86400 T_n, \quad (8.1)$$

где $a_1, a_2, \dots, a_j$ – доли площади под отдельными j -ми культурами севооборота, % (от 100 %);

m_j – норма полива j -й культуры, м³/га, т;

F – площадь орошаемого севооборота, га;

T_n – поливной период, сут.

Этот объем должен быть доставлен в поле в течение поливного периода длительностью T_n суток.

Если величину орошаемой площади приравнять к 1 га, получим расход, называемый гидромодулем культуры (л/с на 1 га). Гидромодуль рассчитывают для каждого полива конкретной культуры. На основе полученных значений гидромодуля строят неукomплектованный график полива (рис. 8.1, а).

На горизонтальной оси откладывают в календарном порядке сроки поливов каждой культуры, на вертикальной – значения гидромодуля для тех же поливов и той же культуры. Если поливы двух (трех) культур совпадают по времени, то в эти дни гидромодуль складывают, а прямоугольники, изображающие поливы этих культур, накладывают один на другой. Прямоугольники, изображающие поливы разных культур, показывают на графике разной окраской или штриховкой.

Расходы воды, по которым подбирают параметры оборудования оросительной системы, следует определять по максимальной ордина-

те. В неукomплектованном графике эта ордината, как правило, велика, хотя и занимает непродолжительное время.

Проектировать оросительную сеть по такому графику нецелесообразно, поэтому неукomплектованный график полива перестраивают (укomплектовывают) так, чтобы ординаты на протяжении всего оросительного периода незначительно отличались друг от друга и было меньше промежутков, когда полив вообще не проводится (рис. 8.1, б).

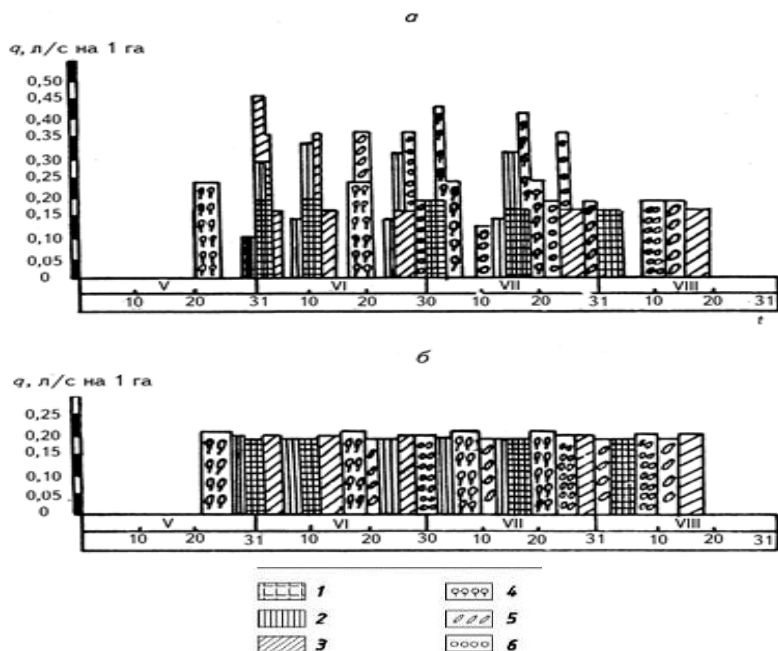


Рис. 8.1. Неукomплектованный (а) и укomплектованный (б) графики полива:
1 – капуста поздняя; 2 – капуста ранняя; 3 – томаты; 4 – столовые корнеплоды;
5 – огурцы; 6 – картофель

При комплектовании необходимо соблюдать следующие условия:

- 1) количество воды, предназначенное для данного полива отдельной культуры, не должно изменяться;
- 2) полив не рекомендуется проводить позже намеченного срока;
- 3) начинать полив можно раньше, но не более чем на 2–3 дня, т. е. изменение поливного периода достигается его сокращением;

4) дата начала полива и интервал между двумя соседними поливами одной и той же культуры могут изменяться не более чем на 3–5 сут;

5) укомплектовывать (снижать) можно непродолжительные (не более 5 сут) пики ординат гидро модуля (q).

При поливе дождеванием вместо графика гидро модуля обычно составляются *графики полива дождевальными машинами*. Расходы воды на отдельных элементах проводящей сети устанавливаются через количество одновременно работающих машин по укомплектованному графику полива.

Порядок выполнения. Для разработки графиков поливов следует использовать результаты расчетов, выполненных в предыдущих лабораторных работах 3 и 4 при разработке текущего режима орошения овощного или овощезернокормowego севооборота.

1. Основные показатели текущего режима орошения должны быть сведены в табл. 8.1 (графы 1–8).

2. Далее производится расчет гидро модуля (или поливного расхода) по формуле (8.1).

3. На миллиметровой бумаге построить неуккомплектованный график поливов культур севооборота. Установить пик гидро модуля, убедиться в наличии продолжительных периодов, когда поливы не предусмотрены. Сделать вывод о необходимости укомплектования графика.

4. С учетом изложенных выше требований укомплектовать график поливов овощных культур в севообороте, заполнив графы 9–13.

5. Осуществить проверочный расчет соблюдения поливных (m) и оросительных (M) норм для отдельных культур и провести необходимые окончательные корректировки, выразив m из формулы (8.1). Данные виды расчетов следует выполнить с использованием таблиц Excel.

6. На миллиметровой бумаге построить укомплектованный график поливов культур севооборота.

В качестве альтернативного варианта выполнения работы может быть использована ведомость графика поливов сельскохозяйственных культур, размещенная в прил. 16.

Таблица 8.1. Ведомость графика поливов сельскохозяйственных культур

Культура, номер полива и фаза развития	Пло- щадь поля F , га	Ороси- тель- ная норма M , $\text{м}^3/\text{га}$	Полив- ная норма, m , $\text{м}^3/\text{га}$	Неукомплектованный график			q , л/с (прини- маем из расчет- ного)	Укомплектованный график					Провер- ка вы- полне- ния m и M , $\text{м}^3/\text{га}$
				Расчетные сроки полива				Принятые сроки полива			Поливной расход q , л/с		
				Нача- ло	Ко- нец	Полив- ной период, T , сут		Нача- ло	Ко- нец	Полив- ной период T , сут	рас- чет- ный	при- нятый	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Яблоневый сад													
1)													
2)													
2. Морковь													
1)													
2)													
3)													
3. Клевер 2-го года													
1)													
2)													
3)													
4. Капуста поздняя													
1)													
2)													
3)													
4)													
Итого...			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Лабораторная работа 9. Изучение основных элементов и схем оросительной сети

Цель работы – изучить основные элементы трубчатой оросительной сети и принципы ее проектирования.

Задачи:

1. Изучить составляющие напорной оросительной сети.
2. Разработать схему оросительной сети на плане участка.

Материалы и оборудование: план участка, характеристика дождевальная техники [2].

Порядок выполнения. Закрытая напорная оросительная сеть состоит, как правило, из магистрального или главного трубопровода (МТ или ГТ), распределительных трубопроводов разного порядка (РТ) и полевых трубопроводов (ПТ).

По расположению на плане трубчатая оросительная сеть может быть тупиковой или закольцованной (рис. 9.1), с одно- и двухсторонним ответвлением трубопроводов младшего порядка относительно трубопроводов старшего порядка [4].

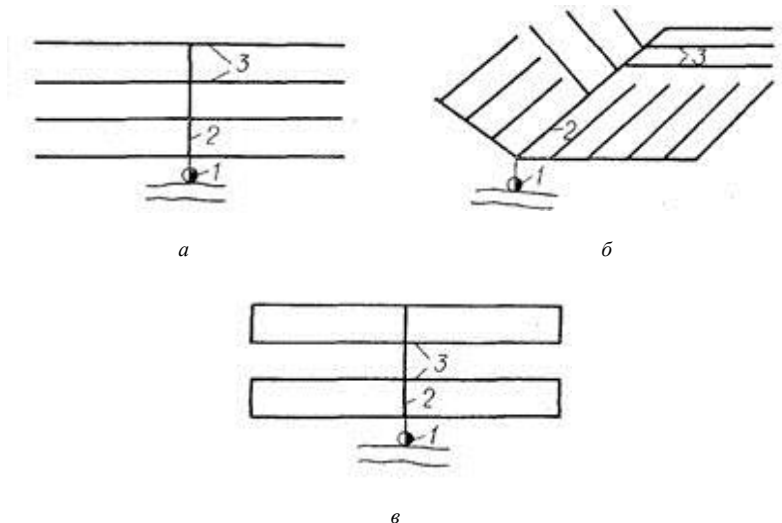


Рис. 9.1. Схема оросительной сети: *а* и *б* – тупиковая; *в* – закольцованная;
1 – насосная станция; 2 – распределительный трубопровод;
3 – полевой трубопровод

При выборе конкретной схемы оросительной сети учитываются вид и схема работы дождевальной техники, размеры, конфигурация и рельеф участка, организация его территории и наличие ситуации. Предпочтение следует отдавать тупиковой схеме с двухсторонним расположением РТ и ПТ. Целесообразно двухстороннее командование полевых трубопроводов и использование полной длины крыльев дождевальных машин. При этом на повышенных уклонах дождевальные машины следует располагать поперек общего уклона поверхности, тогда полевые и распределительные трубопроводы разместятся соответственно вдоль и поперек поверхности.

В итоге при выборе оптимальной плановой схемы расположения оросительной сети необходимо стремиться к наименьшей суммарной длине трубопроводов, наименьшему коэффициенту земельного использования и минимальной сумме капитальных затрат.

1. Для выполнения задачи 1 следует изучить состав элементов закрытой оросительной сети (рис. 9.2).

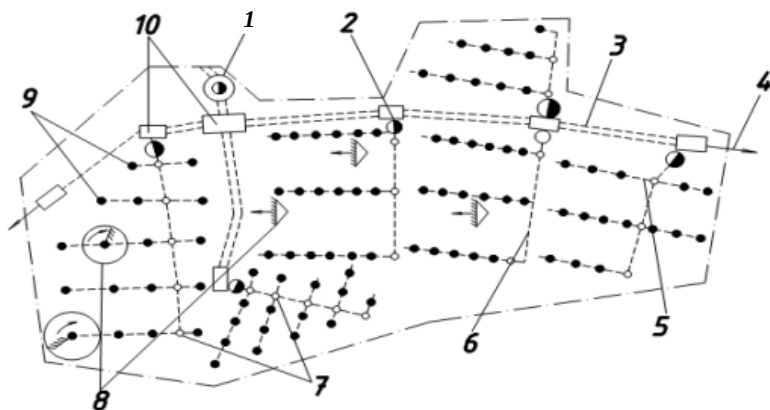


Рис. 9.2. Схема закрытой оросительной сети: 1 – головная насосная станция; 2 – насосная станция подкачки; 3, 5, 6 – магистральный, распределительный и полевой трубопроводы; 4 – концевые сбросы; 7 – колодцы с задвижками; 8 – дождевальные машины; 9 – гидранты; 10 – регулирующие бассейны

2. На плане выбираем контуры, наиболее пригодные для размещения овощных культур и многолетних насаждений (плодовых деревьев и ягодных кустарников). При этом учитываем, что овощные участки при отсутствии избыточного увлажнения целесообразно располагать

ближе к водистоичнику с учетом возможности последующего орошения. Ягодники также следует располагать на менее увлажненных местах.

Участки орошаемого севооборота должны иметь по возможности спокойный рельеф, однородные почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия.

Поля севооборота размещаются с соблюдением следующих требований:

- равновеликость по площади, что обеспечивает равномерность в использовании рабочей силы и машин;
- каждое поле севооборота должно иметь удобную, по условиям механизации, форму и достаточные размеры;
- границы севооборотных участков следует проектировать по возможности прямолинейными, сообразуясь с естественными границами (лощины, овраги, реки), каналами мелиоративной системы.

Кроме того, при поливе дождеванием ширина поля или участка орошения должна быть кратна ширине захвата дождевальной машины.

3. На выбранных контурах разрабатываем схему оросительной сети. Ширину между полевыми трубопроводами закладываем из расчета использования дождевателя колесного широкозахватного ДКШ-64 «Волжанка».

Полив ДКШ осуществляется с забором воды от гидрантов закрытой оросительной сети, расположенных через 18 м. Оба крыла работают одновременно и отдельно друг от друга, их присоединяют к разным гидрантам. В зависимости от размеров поливного участка дождевальное крыло можно уменьшать на определенное количество секций. При полной длине крыльев (каждое по 395,8 м) расстояние между полевыми трубопроводами составляет 800 м, расход воды – 64 л/с.

Лабораторная работа 10. Орошение культурных пастбищ

Цель работы – ознакомиться с логикой проектирования орошаемых культурных пастбищ как одного из направлений комплексного ведения сельскохозяйственного производства.

Задачи:

1. Изучить основные схемы организации культурных пастбищ при применении различной дождевальной техники.
2. Изучить последовательность операций по уходу за пастбищем.

Материалы и оборудование: справочные данные различных марок дождевальной техники.

Порядок выполнения. Орошаемые культурные пастбища размещают вблизи животноводческих ферм на потенциально плодородных почвах, пригодных для создания высокопродуктивных травостоев. К ним относятся пойменные и склоновые земли, низинные луга, болота, суходолы с уклонами до 0,02–0,05. Размещать такие пастбища на переувлажненных землях можно только после их осушения, а на песчаных почвах нецелесообразно. Если пастбища для взрослого поголовья находятся на расстоянии более 2 км от скотных дворов, а для молодняка – более 1 км, их оборудуют летним лагерем [6].

Площадь участка культурного пастбища устанавливают в зависимости от числа голов в стаде (гурте), потребности животных в зеленом корме, урожайности травостоя и т. д. В среднем на площади в 1 га высокопродуктивного орошаемого пастбища в летний период могут содержаться 3–4 коровы. Допустимое число голов в стаде, пасущемся на одном участке, составляет: для коров – 150–200, молодняка крупного рогатого скота – 200–250, телят – 100; овец – до 1000. К получаемой из этого расчета пастбищной площади добавляют 15 % резервной.

Площадь одного участка обычно колеблется в пределах 50–70 га, одного загона – 2–3 га. Организация пастбы на культурных пастбищах строится по принципу: короткий период пастбы (стравливание) – длительный отдых (отрастание травостоя). Широко распространена 12-загонная система. Оптимальное соотношение сторон в загоне 1:2 или 1:3. Лучшие сроки стравливания на минеральных почвах – 2–3 сут, на торфяных – 1 сут. Полный цикл стравливания во всех загонах не должен превышать периода отрастания травостоя, который обычно составляет 22–30 сут.

Загоны ограждают постоянной или переносной изгородью. Скотпрогоны от фермы, внешние границы участка стравливания, площадки для отдыха ограждаются, как правило, постоянной изгородью из бетонных или деревянных столбов. Для сообщения загонов предусматривают скотопрогоны шириной 12–15 м, со стороны скотопрогона в постоянных изгородях делают ворота шириной 6–8 м. Временные изгороди обычно делают электрическими. Если длина загонов более 300–400 м, ворота и прогоны устраивают с обеих сторон загона. На орошаемых пастбищах отводят также площадки для отды-

ха скота и водопойные пункты, предусматривают запасные (ремонтные) и сенокосные загоны.

Стравливание пастбищного травостоя производят при достижении высоты 15–20 см и прекращают при высоте 4–5 см. Продолжительность пастбищного периода в Республике Беларусь составляет 130–150 дней. Число циклов стравливания определяют как отношение продолжительности пастбищного периода ко времени отрастания травостоя.

Площадь, отгораживаемая электроизгородью в каждом цикле стравливания, определяется с учетом потребности в зеленой массе на 1 гол. в сутки (коровы – 40–75 кг, молодняк старше 1 года – 30–40, молодняк до 1 года – 15–25 кг), количества дней пастбы в одном загоне (2–3 дня), урожайности зеленой массы в конкретном цикле стравливания и коэффициента стравливания (0,8–0,85).

Суточная потребность в воде на одну голову устанавливается исходя из расчета 50–60 л на корову, 30–40 л для молодняка старше года, 15–20 л – до года.

Сроки полива культурного пастбища после очередного стравливания зависят от ботанического состава трав и технологии ухода за пастбищем (подкашивания несъеденных остатков, разравнивания экскрементов животных, внесения удобрений). Для уменьшения вытаптываемости травостоя рекомендуется проводить полив не ранее чем через 2–4 сут после стравливания, но не позднее 4–6 сут до его начала.

Число загонов определяют как отношение продолжительности пастбищного периода к средней продолжительности стравливания загона в течение одного цикла и к числу циклов стравливания. Размеры загонов назначают в зависимости от параметров дождевального устройства, расстояний между гидрантами и удельной ширины загона, приходящейся на 1 гол. (для коров – 1,5–2,0 м, молодняка старше 1 года – 1,0–1,25, молодняка до 1 года – 0,5–1,0 м).

Полив культурного пастбища можно проводить дождевальными машинами и установками всех типов. Территория пастбищного поля должна быть увязана с границами загонов, скотопрогонов, конструкцией изгороди и ворот, параметрами дождевальных устройств.

Оросительная сеть может быть открытой, закрытой и комбинированной. Наиболее целесообразна закрытая сеть. При необходимости применения комбинированной сети закрытую сеть рекомендуется

выносить за границы пастбища. Открытые каналы внутри пастбища необходимо ограждать изгородями.

На рис. 10.1 приведена принципиальная схема полива культурного пастбища агрегатом ДДН-70 от разборной трубчатой сети. На одном разборном трубопроводе можно размещать от 2 до 4 позиций агрегата в зависимости от площади поля, формы и числа загонов.

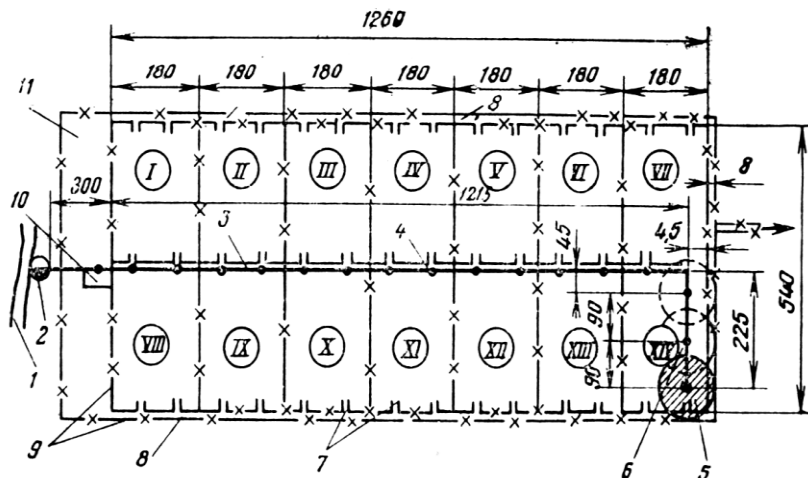


Рис. 10.1. Схема организации пастбища при поливе машины ДДН-70 от разборной трубчатой сети: 1 – водисточник; 2 – насосная станция СНП-75/100; 3 – разборный трубопровод РТШ-250; 4 – труба-гидрант РТШ-250×180; 5 – площадь полива с одной позиции; 6 – разборный трубопровод РТШ-180; 7 – ворота; 8 – скотопрогон; 9 – изгородь; 10 – площадка для водопоя; 11 – площадка для отдыха

Расположение оросительной сети с дождевальной машиной ДКШ-64 «Волжанка» (рис. 10.2) производится с таким расчетом, чтобы трубопровод с гидрантами находился посередине участка, а два поливных крыла – по обе стороны трубопровода.

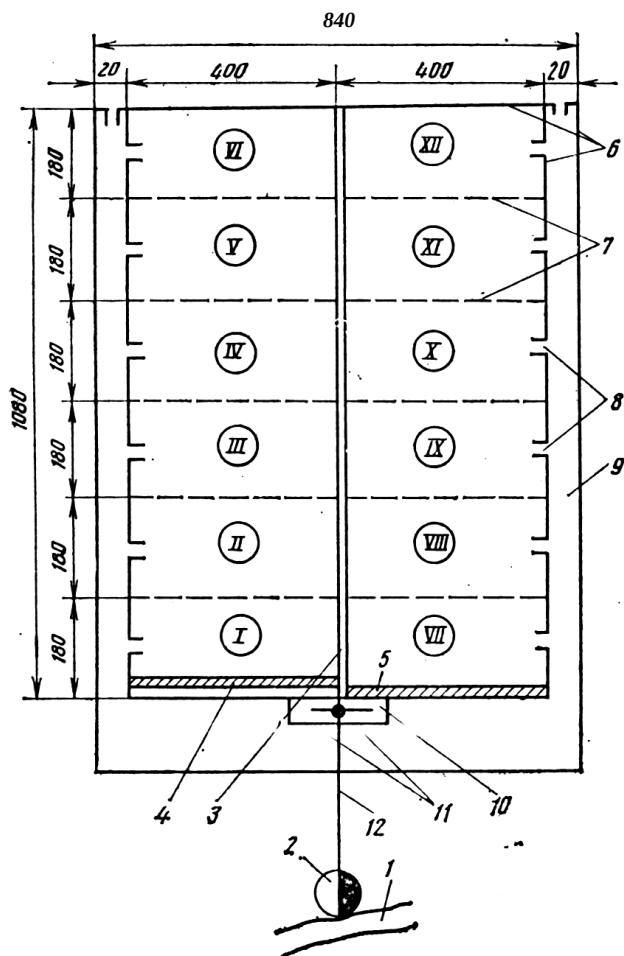


Рис. 10.2. Схема организации пастбища при поливе дождевальной машиной ДКШ-64 «Волжанка»: 1 – источник орошения; 2 – насосная станция; 3 – напорный трубопровод; 4 – первое крыло машины; 5 – второе крыло машины; 6 – постоянная изгородь; 7 – временная изгородь; 8 – ворота; 9 – скотопрогон; 10 – водопойная площадка; 11 – площадка для отдыха; 12 – главный трубопровод

Последовательность операций по уходу за пастбищем представлена на рис. 10.3.

4. ТРАДИЦИОННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ

Импульсное дождевание — одно из новых технологических направлений в орошении. Оно обеспечивает частые поливы при очень малых поливных нормах и позволяет осуществить принцип непрерывного снабжения плодово-ягодных культур водой на протяжении всего вегетационного периода в соответствии с ходом водопотребления.

Комплекты синхронного импульсного дождевания состоят из насосной станции, гидроподкормщика, трубопроводной сети, импульсных дождевателей, датчика, генератора командных сигналов и пульта управления. Работают импульсные аппараты одновременно на всей площади в режиме непрерывно чередующихся пауз накопления воды в гидропневмоаккумуляторах и периодов ее выплеска под действием сжатого воздуха. Продолжительность пауз накопления в 50–200 раз больше периодов выплеска воды, а средняя интенсивность дождя при этом составляет 0,01–0,02 мм/мин. За сутки подается 20–100 м³/га поливной воды.

Мелкодисперсное (аэрозольное) дождевание заключается в периодической обработке растений мелкораспыленной водой. Оно проводится в жаркие сухие дни с целью создания благоприятного для развития растений микро- и фитолимата. Норма разового действия на растения при этом способе орошения находится в пределах 100–500 л/га в зависимости от температуры и влажности воздуха.

В садах может применяться *подкроновый полив*. Для его проведения вдоль ряда деревьев под почвой или на ее поверхности укладывают подводящий трубопровод, на котором монтируют дождевательные насадки секторного или кругового действия. При недостатке или отсутствии специального дождевательного оборудования подкроновые поливы могут быть организованы от мобильных цистерн или поливочных машин.

При поверхностном орошении вода распределяется по поверхности поля либо напуском сплошным тонким слоем (полив по полосам и затопление), либо струей (полив по бороздам).

Для *поверхностных способов* орошения характерна возможность получать значительные глубины промачивания почвы, более или менее сильное гравитационное влагонасыщение ее верхних слоев путем аккумуляции в них значительных запасов воды. Однако поверхностный полив характеризуется большими колебаниями влажности почвы по орошаемой площади вследствие трудности производства

поливов малыми нормами. Поливные нормы при поверхностном орошении превышают 600–1100 м³/га. Поэтому при поверхностных поливах необходимо обеспечивать снижение потерь воды на фильтрацию, чтобы исключить переувлажнение и заболачивание почв. При этом очень важно учитывать качество грунтовых и оросительных вод и не допускать загрязнения (засоления или осолонцевания) орошаемых земель.

При *внутрипочвенном орошении* воду подают в активный слой почвы к корням растений по увлажнителям, уложенным на глубину 35–60 см. Данный способ орошения отличается снижением потерь поливной воды на непродуктивное испарение с поверхности почвы. При проведении внутрипочвенного полива необходимо учитывать не только водоудерживающую способность почвы, но и ее влагопроводимость.

Лабораторная работа 11. Изучение впитывания воды в почву при поверхностном орошении

Цель работы – исследовать динамику процесса поглощения воды почвой в зависимости от ее механического состава.

Задачи:

1. Ознакомиться с процессом впитывания воды в почву.
2. Изучить понятие скорости впитывания воды в почву, ее виды и закономерности.
3. Экспериментально определить скорость впитывания воды в почву и слой впитавшейся воды в зависимости от времени.

Материалы и оборудование: емкость с почвогрунтом, прибор для определения скорости впитывания, часы, логарифмический график для определения коэффициента затухания скорости впитывания.

При применении поверхностных способов полива наблюдается увлажнительный процесс. Этот процесс можно охарактеризовать двумя фазами: 1-я фаза – впитывание, происходящее при неустановившемся режиме; 2-я фаза – фильтрация, происходящая при установившемся режиме.

Впитывание – это последовательное заполнение свободных пор почвы под действием сил тяжести и капиллярных сил, возникающих на границе смачивания. Скорость впитывания измеряется в миллиметрах в минуту или сантиметрах в час и зависит от механического состава почвы, содержания гумуса, состава поглощенных оснований, структуры, сложения, влажности, уровня агротехники, температуры воды и других факторов.

Скорость впитывания сильно изменяется во времени, по мере заполнения пор водой она уменьшается. Почвы по скорости впитывания делятся на 3 группы:

1) высокой водопроницаемости, имеющие скорость впитывания $W > 0,15$ м за первый час впитывания;

2) средней водопроницаемости, имеющие скорость впитывания $0,15 > W > 0,05$ м за первый час впитывания;

3) слабой водопроницаемости, имеющие скорость впитывания $W \leq 0,05$ м за первый час впитывания.

Скорость впитывания определяется количеством воды, впитывающейся в данную почву за единицу времени на единице площади, или слоем впитывающейся воды (h , м) за единицу времени, т. е.

$$K_{\text{ср}} = h / t, \quad (11.1)$$

где $K_{\text{ср}}$ – средняя скорость впитывания за время t , м/ч.

Наибольшее распространение изменения скорости впитывания воды в почву получила эмпирическая зависимость А. Н. Костякова:

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}, \quad (11.2)$$

где K_t – скорость впитывания в момент времени t , м/ч;

K_1 – скорость впитывания в конце первой единицы времени, м/ч;

α – показатель степени, изменяющийся от 0,3 до 0,8 в зависимости от свойств почвы и ее начальной влажности (чем больше начальная влажность, тем меньше α).

Кривые, построенные в соответствии с формулой (11.2), отражают основную закономерность процесса впитывания [1]. Для почв легкого механического состава кривые относительно пологие, тяжелого – более крутые. Чем меньше исходная влажность, тем больше начальная скорость впитывания K_1 и значение параметра α .

В расчетах техники полива применяется средняя скорость $K_{\text{ср}}$ за период впитывания поливной нормы t . Для ее расчета получаем формулу

$$K_{\text{ср}} = K_0 / t_\alpha, \quad (11.3)$$

где K_0 – средняя за первый час скорость впитывания, м/ч.

При $t = 1$

$$K_0 = K_1 / (1 - \alpha). \quad (11.4)$$

Для определения параметра α логарифмируется выражение (11.2)

$$\lg K_t = \lg K_1 - \alpha \lg t. \quad (11.5)$$

При этом параметр α вычисляется как отношение логарифмов K_t и t по формуле

$$\alpha = \lg K_t / \lg t. \quad (11.6)$$

Для определения параметра α опытным путем используется специальная логарифмическая сетка, на которую наносят ряд значений K_t и t , полученных в результате опыта.

Слой h_t впитавшейся воды за время t определяют по формуле

$$h_t = K_{ср} t. \quad (11.7)$$

Зная величины K_1 и α , задаваясь различными значениями t , можно определить $K_{ср}$ и h_t . Эти формулы достаточно точно отражают процесс впитывания воды в почву в первые 1,5–3 ч. С увеличением продолжительности полива, т. е. по мере приближения к явлению фильтрации, данные формулы дают несколько большую погрешность.

Фильтрация – процесс передвижения воды в порах почвогрунта, уже заполненных водой, который происходит под действием градиента напора.

По мере насыщения почвы водой скорость поглощения постепенно уменьшается и приближается к некоторой постоянной величине, соответствующей коэффициенту фильтрации данной почвы. С наступлением состояния фильтрации происходит равномерное движение воды сверху вниз под действием силы тяжести.

Порядок выполнения. При выполнении экспериментальной части работы используется прибор для определения скорости впитывания. Он представляет собой бачок вместимостью 6 л с водомерным стеклом и двумя трубками (одна служит для выпуска воды из бачка на учетную площадку, вторая – для впуска воздуха). В комплект прибора входят два кольца: первое площадью 400 см² образует учетную площадку, второе площадью 1000 см² предотвращает боковое растекание с учетной площадки.

Эксперимент выполняют следующим образом:

1. Заполняют бачок так, чтобы уровень воды находился на отметке «0» водомерного стекла.
2. Устанавливают кольца в емкость с почвогрунтом с заглублением на 5 см.

3. Площадки (кольца) заливают слоем воды в 3–5 см, тут же бачок устанавливают трубками вниз, вводя в воду подающую трубку и оставляя свободной трубку для впуска воздуха. Открывают вентиль, подавая тем самым воду из бачка на учетную площадку, и отмечают время по часам в начале впитывания воды в почву.

4. По истечении определенных промежутков времени (0,1; 0,2; 0,3 ч и т. д.) замеряют количество воды, поступившее из прибора в почву на учетную площадку, выражая это скоростью впитывания. Для этого используют следующую формулу:

$$K_t = \frac{0,001\Delta W}{F\Delta t}, \quad (11.8)$$

где ΔW – объем воды, поступавшей из бачка за промежуток времени Δt , л;

F – площадь учетного кольца, равная $0,04 \text{ м}^2$;

Δt – промежуток времени поступления данного объема воды, ч.

Результаты опыта заносят в табл. 11.1.

Таблица 11.1. Результаты по определению скорости впитывания воды в почву (пример)

t , ч	K_t , м/ч	t_α	$K_{\text{ср}}$, м/ч	h_t , м	Примечания
0,1	0,095	0,316	0,190	0,018	$K_t = 0,030 \text{ м/ч}$
0,2	0,067	0,448	0,134	0,026	
0,3	0,055	0,548	0,110	0,033	
0,4	0,047	0,633	0,094	0,038	
0,5	0,042	0,707	0,084	0,042	$\alpha = 0,50$
1,0	0,030	1,000	0,060	0,060	
1,5	0,026	1,210	0,051	0,072	
2,0	0,021	1,420	0,042	0,084	$K_0 = 0,060 \text{ м/ч}$

5. По результатам наблюдений за скоростью впитывания воды почвой оптимальной продолжительностью 1,5 ч и более (табл. 11.1) строят кривую $K_t = f(t)$. Скорость впитывания в конце первого часа дает значение K_1 .

6. На логарифмическую сетку наносят значения K_t и t , усредняют их прямой линией и находят параметр α .

7. По формуле (11.4) определяют K_0 .

8. По формуле (11.7) определяют средний слой впитавшейся воды и строят кривую $h_t = f(t)$.

По полученным результатам строят кривые, характеризующие впитывание воды в почву: $K_t = f(t)$; $h_t = f(t)$.

Лабораторная работа 12. Изучение внутрипочвенного орошения

Цель работы – освоить на практике конструкцию и элементы техники внутрипочвенного орошения.

Задачи:

1. Изучить виды внутрипочвенного орошения, основные технологические схемы и условия их применения.

2. Ознакомиться с процессом передачи влаги в почву трубчатым увлажнителем.

3. Экспериментально определить удельный расход воды, передаваемый в почву увлажнителем, и величину контура увлажнения в зависимости от времени полива.

4. Определить параметры теоретической кривой передачи влаги в почву увлажнителем и поливную норму.

Материалы и оборудование: грунтовой лоток с уложенным в нем трубчатым увлажнителем, оборудованный прозрачным экраном, расположенным перпендикулярно к увлажнителю, а также пьезометром и бачком (сосудом Мариотта) с уравнительным резервуаром, позволяющим подавать воду в увлажнитель с заданным напором и с изменением подаваемого объема; часы.

Передача влаги в почву увлажнителем подчиняется общим закономерностям впитывания воды в почву и может быть описана уравнением

$$q_0 = a + b / t_{\alpha}, \quad (12.1)$$

где q_0 – удельный расход воды, передаваемый в почву увлажнителем, л/мин (на погонную длину 1 м);

a, b, α – эмпирические коэффициенты;

t – время полива, мин.

Для легко- и среднесуглинистых почв с достаточной для практики точностью можно принять $\alpha = 1$. Тогда удельный объем воды, передаваемый увлажнителем в почву за время t , равен:

$$W = \int_{t_1}^t \left(a + \frac{b}{t} \right) dt = a(t - t_1) + b \ln \frac{t}{t_1}. \quad (12.2)$$

Учитывая неустановившийся режим работы увлажнителя, в начальный период время t_1 приближенно можно принять равным половине времени, необходимого для установления постоянного напора

в увлажнителе. Тогда поливная норма m ($\text{м}^3/\text{га}$) может быть определена по выражению

$$m = 10 \frac{a(t - t_1) + b \ln \frac{t}{t_1}}{B}, \quad (12.3)$$

где 10 – коэффициент пересчета миллиметров в кубические метры на гектар;

B – расстояние между увлажнителями, м.

Порядок выполнения. Эксперимент проводят следующим образом:

1. Заполняют бачок (сосуд Мариотта) так, чтобы уровень воды находился на отметке «0» водомерного стекла.

2. Открывают вентиль, подавая тем самым воду из бачка через уравнильный резервуар в увлажнитель. Одновременно включают секундомер или отмечают время по часам и записывают в табл. 12.1 (графа 1).

Таблица 12.1. Результаты опыта по передаче влаги в почву увлажнителем

t_i , мин	Δt_i , мин	t_i^1 , мин	ΔW_i , л	Δq_0 , л/мин (на погонную длину 1 м)	b_i	q_0 , л/мин (на погонную длину 1 м)
1	2	3	4	5	6	7

3. С помощью пьезометра определяют время установления постоянного напора в увлажнителе, записывают его в графу 1 таблицы. Одновременно по водомерному стеклу бачка определяют объем воды ΔW_i , переданный в почву увлажнителем за это время (графа 4 таблицы).

4. По истечении определенных промежутков времени Δt_1 (2–4 мин) определяют объем воды ΔW_i , переданный увлажнителем в почву за эти промежутки времени. Одновременно на прозрачном экране фиксируют положение контура увлажнения. Опыт прекращают при резком замедлении бокового прироста контура увлажнения. В это время также наблюдается стабилизация расхода воды из увлажнителя (объемы воды ΔW_i за одинаковые промежутки времени Δt_i будут приблизительно одинаковы).

5. Рассчитывают удельные расходы воды по зависимости

$$\Delta q_0 = \frac{\Delta W_i}{\Delta t_i L}, \quad (12.4)$$

где L – длина увлажнителя, м.

Все промежуточные расчеты сводят в таблицу.

6. Рассчитывают время t_i , соответствующее значениям Δq_0 , по формуле

$$t_i^1 = t_i + \frac{\Delta t_i}{2}, \quad (12.5)$$

где Δt_i – разность последующего и предыдущего отсчетов t_i , мин.

7. По данным граф 3 и 5 таблицы строят экспериментальную кривую передачи влаги в почву увлажнителем.

Параметр a уравнения (12.1) определяют методом наименьших квадратов. В первом приближении его можно принять равным 80 % от минимального значения Δq_0 (в конце полива).

8. Рассчитывают значение параметра b уравнения (12.1). В связи с неизбежными погрешностями в опыте, вызванными принятыми допущениями и неточностью приборов, параметр b определяют как средневзвешенную величину b_i (графа 6) по времени Δt_i . Исходя из уравнения (12.1) ее определяют по зависимости

$$b_i = \frac{\Delta q_0 - a}{t_i^1}. \quad (12.6)$$

9. По уравнению (12.1) рассчитывают значения q_0 и строят теоретическую кривую передачи влаги в почву увлажнителем.

10. По зависимости (12.3) рассчитывают поливную норму. За расстояние между увлажнителями B принимают максимальную ширину контура увлажнения, полученную в опыте.

5. КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ

Капельное орошение – метод полива, при котором вода подается непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений регулируемыми малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц. Позволяет получить значительную экономию воды и других ресурсов (удобрений, трудовых затрат, энергии и трубопроводов). Такой полив на протяжении всей вегетации позволяет поддерживать влажность почвы, близкую к оптимальной (поливные нормы – 200–800 м³/га и менее).

Подача воды в систему капельного орошения регулируется автоматически или вручную. Обычно применяют системы с напором воды 0,07–0,28 МПа (0,7–2,8 атм).

Для небольших участков полив, как правило, регулируют вручную. В этом случае схему системы капельного орошения упрощают, сроки полива определяют по влажности почвы. Если же участок большой – для управления поливом необходима автоматика.

Капельное орошение более распространено в тепличном производстве, но также широко используется и в открытом грунте для выращивания овощей и плодово-ягодных культур [7].

Лабораторная работа 13. Изучение систем и техники капельного орошения

Цель работы – ознакомиться с конструкцией и принципом работы капельниц-водовыпусков.

Задачи:

1. Изучить сущность и основные элементы систем капельного орошения.
2. Изучить виды капельниц, их классификацию по конструкции и принципу работы.
3. Экспериментально изучить работу капельниц и построить графики расходно-напорных характеристик.

Материалы и оборудование: лоток капельного орошения; капельницы «Молдавия-1А», «Молдавия-4АМ», «Триклон»; нерегулируемые и регулируемые микротрубки; поливной трубопровод «Аква-Дроп»; секундомер; мерные цилиндры.

Сущность капельного способа орошения состоит в малоинтенсивной подаче оросительной воды по сети трубопроводов и далее через микроводовыпуски-капельницы непосредственно в корнеобитаемую зону растений.

Основной *принцип капельного орошения* – непрерывное снабжение растений водой и питательными веществами в соответствии с их водопотреблением (без потерь воды на фильтрацию и непродуктивное испарение) (рис. 13.1).

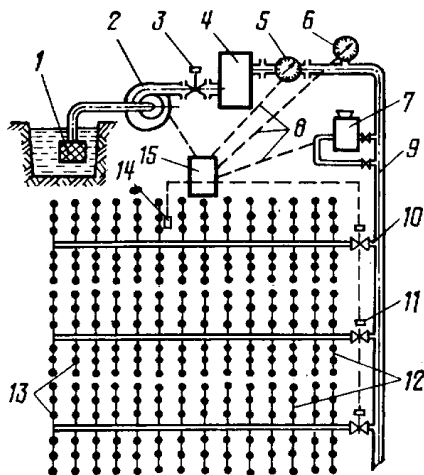


Рис. 13.1. Принципиальная схема системы капельного орошения в открытом грунте: 1 – водозаборный узел; 2 – насосная станция; 3 – головная задвижка; 4 – фильтр; 5 – водомерное устройство; 6 – манометр; 7 – магистральный трубопровод; 8 – устройство для подачи удобрений в поливную сеть; 9 – каналы связи; 10 – распределительный трубопровод; 11 – дистанционно управляемая задвижка; 12 – поливные трубопроводы; 13 – капельницы; 14 – датчик необходимости полива; 15 – пульт управления

Капельное орошение – очень эффективный, но дорогой способ полива. Он целесообразен в следующих условиях: при орошении высококорентабельных культур; при дефиците водных ресурсов; в условиях сложного рельефа; на песчаных и каменистых почвах.

При этом особые требования предъявляются к качеству оросительной воды, поскольку ввиду очень малых ее расходов и скоростей, а также размеров водовыпусков-капельниц сеть капельного орошения сильно подвержена засорению. Поэтому системы капельного орошения обычно включают фильтры очистки воды, трубопроводы выпол-

няются из материалов, не подвергающихся коррозии, а капельницы должны периодически промываться.

На современных системах капельного орошения для обеспечения требуемой интенсивности водоподачи необходимо поддерживать нужный расход капельниц независимо от колебаний напора в трубопроводах. В соответствии с этим отдельные виды капельниц имеют различные способы регулирования расхода.

Следует обратить внимание на то, что микроводовыпуски-капельницы являются регулирующим элементом системы капельного орошения. Они классифицируются по следующим показателям:

- способу гашения напора (с местным дросселированием, с путевыми гидравлическими сопротивлениями);
- режиму истечения (капельный режим, мелкоструйчатый);
- регулируемости расхода (нерегулируемые, с ручной регулировкой, саморегулирующиеся);
- возможности очистки (неочищаемые, с ручной очисткой, самоочищающиеся).

Из имеющихся образцов капельниц необходимо привести примеры указанной классификации, зарисовать схемы капельниц.

Первоначально были разработаны капельницы в форме микротрубки. Их принцип действия заключался в гашении скорости воды за счет длины и шероховатости трубки (рис. 13.2). Позднее для регулирования скорости истечения воды применялись винтовые капельницы.

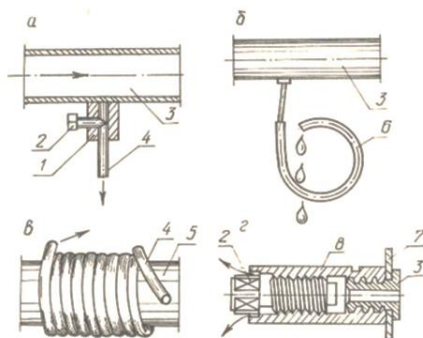


Рис. 13.2. Схемы капельниц микротрубка (а), «Диамонд» (б), «Триклон» (в); насадка с винтом: 1 – пробка; 2 – винт; 3 – втулка; 4 – микротрубка; 5 – поливной трубопровод; 6 – трубка-завиток; 7 – стенка поливного трубопровода; 8 – цилиндр

В настоящее время используются следующие основные типы капельниц: с лабиринтными и спиральными каналами гашения напора; с поплавковым регулятором расхода; с лабиринтным компенсатором, обеспечивающим постоянный расход при изменении давления в сети от 0,05 до 0,4 мПа [13].

Конструкцию и принцип работы саморегулирующейся капельницы рассмотрим на примере капельницы «Молдавия-1А» (рис. 13.3).

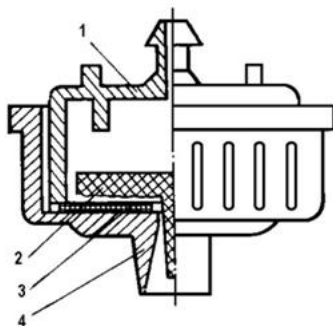


Рис. 13.3. Капельница «Молдавия-1А»;

1 – крышка с входным отверстием; 2 – дроссель со спиральным каналом и центральным штоком; 3 – диафрагма-прокладка; 4 – корпус с выходным патрубком

Микроводовыпуск подключается к трубопроводу входным патрубком через отверстие, выполненное специальным дыроколом. Под давлением воды дроссель прижимается к шайбе-прокладке, что исключает свободное истечение воды из выходного патрубка. Вода проходит по спиральному каналу дросселя, при этом происходит значительное гашение напора воды. В зависимости от давления воды в трубопроводе дроссель с большей или меньшей силой прижимается к шайбе-прокладке, изменяя при этом живое сечение спирального канала. Так происходит частичное саморегулирование, т. е. расход капельницы изменяется незначительно при изменении напора в трубопроводе.

При давлении в сети от 2 до 4 м вод. ст. дроссель не прижимается к диафрагме и через выходной патрубок происходит свободное истечение струи с расходом до 20 л/ч. При увеличении давления от 4 до 30 м вод. ст. дроссель прижимается к диафрагме и вода вытекает из выходного патрубка с расходом 3,5–4,0 л/ч. Оптимальная зона работы находится в пределах давлений 8–25 м вод. ст., при этом средний расход ее остается практически постоянным.

Наиболее универсальны капельницы с лабиринтным компенсатором давления (рис. 13.4), которые применяют для орошения культур на склоновых землях. При использовании мутной воды применяют, как правило, поплавковые капельницы.



Рис. 13.4. Микроводовыпуск, встроенный в капельную линию

Порядок выполнения. Изучение работы капельниц проводится экспериментально на установке-лотке. Для построения расходно-напорных характеристик капельниц («Молдавия-1А», «Триклон», микротрубки и др.) измеряется их расход при различном напоре в трубопроводе (рис. 13.2–13.4).

Рабочий напор H капельниц находится обычно в пределах 5–25 м, расход Q составляет 3–10 л/ч. Напор в трубопроводе задается изменением сбросного расхода и фиксируется манометром. Расход капельницы определяется делением объема воды в мерном цилиндре на время его наполнения. Результаты наблюдений сводятся в табл. 13.1.

Таблица 13.1. Данные для построения расходно-напорных характеристик капельниц-водовыпусков

Напор H , м	«Молдавия-1А»			«Триклон»			Микротрубка		
	W , л	t , ч	Q , л/ч	W , л	t , ч	Q , л/ч	W , л	t , ч	Q , л/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

6. ВЫБОР СПОСОБА И РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ ДЛЯ КУЛЬТУР ОТКРЫТОГО ГРУНТА

Правильный выбор способа орошения, техники полива способствует: созданию оптимального водного, воздушного, солевого и питательного режимов почв, а следовательно, и получению высоких и устойчивых урожаев; повышению плодородия почв и обеспечению благоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель; экономному использованию оросительной воды; росту производительности труда.

Ни один из перечисленных способов орошения не может считаться универсальным и одинаково пригодным для всех условий. Наиболее эффективный способ выбирают на основе анализа конкретных природных условий земельного массива (естественная тепло- и влагообеспеченность растений, рельеф и уклон местности, водно-физические свойства почв, глубина залегания и минерализация грунтовых вод и др.), его сельскохозяйственного использования (вид и состав культур в севообороте, их требования к режиму орошения, технология возделывания и др.), хозяйственных условий (система ведения орошаемого земледелия, наличие рабочей силы и механовооруженность, опыт и традиции населения и др.).

Лабораторная работа 14. Сравнительная экономическая оценка систем орошения

Цель работы – провести сравнительную оценку систем дождевания и капельного орошения по показателям технологической, технической и экономической эффективности.

Задачи:

1. Изучить преимущества и недостатки основных способов поливов.
2. Рассчитать затраты на содержание систем капельного орошения разных сроков эксплуатации.
3. Сравнить системы дождевания и капельного орошения по показателям технологической, технической и экономической эффективности.

Материалы и исходные данные: выдаются преподавателем.

Преимущества и недостатки способов орошения. Каждому способу орошения присущи свои особенности, которые связаны с режимом поливов. Поэтому при выборе способа орошения необходимо

прежде всего проанализировать основные агротехнические и эксплуатационные характеристики способов и техники полива, приемлемых для орошаемого участка и возделываемых на нем культур. В качестве примера в табл. 14.1 и прил. 17 приводится оценка основных способов и техник полива овощных и плодовых культур [7].

Таблица 14.1. Преимущества и недостатки способов орошения

Преимущества	Недостатки
Поверхностное орошение	
1. Низкие капиталовложения	1. Большие потери воды
2. Низкие эксплуатационные затраты, включая затраты на энергию по созданию напора	2. Низкая точность регулирования водно-воздушного режима
3. Возможность полива при ветре	3. Уплотнение верхнего слоя почвы
4. Подходит для растений, чувствительных к заболеваниям листьев	4. Способ неприемлем на неблагоприятных уклонах
	5. Возможность распространения заболеваний растений
Дождевание	
1. Возможность применения на полях со сложным рельефом	1. Дополнительные затраты на энергию
2. Возможность экономного использования воды, высокая эффективность полива	2. Высокие начальные капиталовложения
3. Обеспечивает широкую механизацию сельхозработ, их выполнение в сжатые сроки	3. Влияние ветра на равномерность распределения воды в поле
4. Дает возможность точного измерения расхода воды на участке	4. Потери воды на границах участка
5. Сохранение плотности верхнего слоя почвы и предотвращение эрозии при соблюдении допустимой интенсивности дождя	5. Риск уплотнения верхнего слоя почвы, связанного с образованием корки на поверхности почвы, и повышенный сток
6. Увеличивает коэффициент земельного использования	6. Полив минерализованными водами отрицательно воздействует на листья
7. Высокая мобильность систем орошения	7. Усложняет проведение сельхозработ на орошаемом участке
8. Подходит ко всем вспомогательным поливам: промывка от солей, внесение удобрений	
9. Возможность достижения равномерного распределения воды в поле	
Капельный полив	
1. Более высокая урожайность	1. Высокие капиталовложения
2. Экономия поливной воды. Возможность полива малыми поливными нормами	2. Засорение капельниц
3. Потери влаги на испарение меньше, чем при дождевании или поверхностном орошении	3. Проблематично для орошения молодых деревьев в засушливых районах с песчаными почвами и сильными ветрами

Преимущества	Недостатки
4. Не требует тщательной планировки участка, так как отсутствует поверхностный сток даже в сложных топографических условиях	4. Неприемлемо для вспомогательных технических поливов
5. Возможность проведения сельхозработ во время орошения	
6. Ветер не влияет на распределение влаги	
7. Отсутствуют периферийные потери воды	
8. При достаточных осадках или засолении не представляет проблем	
9. Количество сорняков меньше, чем при других способах орошения	

Традиционная экономическая оценка систем орошения. Выбор способа орошения для вновь строящихся и реконструируемых оросительных систем осуществляется путем сравнения планируемых затрат на их строительство, эксплуатацию и по результатам сравнительной оценки планируемой эффективности производства растениеводческой продукции на орошаемых землях, для чего используются следующие экономические показатели:

- себестоимость продукции орошаемого земледелия;
- чистая прибыль от возделывания растениеводческой продукции;
- рентабельность растениеводства.

Сравнительная экономическая оценка систем капельного орошения. Рассмотрим традиционную методику сравнительной экономической оценки способов орошения и конструкций оросительных систем для культур открытого грунта на примере орошения моркови системами капельного полива и дождевания, которые нашли наибольшее применение в условиях Республики Беларусь.

Расчет затрат на дождевание предполагает приобретение современной широкозахватной дождевальной машины типа Reinke (рис. 14.1). Ее технические характеристики и преимущества:

- длина машины – до 800 м;
- стандартная длина – 400 м;
- площадь орошения – 55 га;
- подходит для большинства сельскохозяйственных культур;
- может работать на склонах до 15 %;
- относительно низкое давление на входе – 2,5–3 атм;
- подходит для внесения удобрений и средств защиты растений через систему орошения.



Рис. 14.1. Дождевальная машина типа Reinke (США)

Среди систем *капельного полива* на практике применяются три принципиально различающиеся конструкции:

1. Оросительная система с трубками однолетнего использования при неглубокой укладке их в почву на глубину не более 1–3 см. Толщина стенки трубки однолетнего использования составляет всего 6 миллов (0,15 мм). Система используется только в течение одного года, после чего утилизируется.

2. Оросительная система с трубками многолетнего использования при неглубокой их укладке с ежегодным монтажом-демонтажем. Обычная толщина стенки для трубки многолетнего использования колеблется в пределах 15–16 миллов. Срок эксплуатации трубки многолетнего использования при неглубокой укладке составляет 3–6 лет.

3. Оросительная система с трубками многолетнего использования при глубокой подпочвенной их укладке на глубину 30–35 см. Толщина стенки такой трубки от 16 до 35 миллов. Срок эксплуатации трубки многолетнего использования – 15–25 лет. На таких системах обычно применяется автоматизация полива, включая программирование режимов орошения и питания.

Перечисленные системы имеют разные стоимости и сроки эксплуатации. Для выбора одного из вариантов систем *капельного полива* необходима сравнительная технико-экономическая оценка.

Порядок выполнения. Выполнение работы состоит в прогнозировании производственно-экономического эффекта. Расчет включает пять этапов.

1. Приобретение дождевальной машины типа Reinke – потребуется около 85 тыс. долл. США. Ввиду отсутствия данных о размере ороша-

емой площади годовые эксплуатационные затраты на содержание дождевальных машин примем по данным, приведенным в источнике [7], они составляют 521,3 долл. США на 1 га.

2. Расчет удельных затрат на содержание систем капельного орошения произведем в табл. 14.2 с учетом следующих условий:

2.1. *Расчет амортизации.*

2.1.1. Система капельного орошения с однолетним использованием трубок не относится к основным средствам организации. Поэтому эти затраты будут включены в годовую себестоимость моркови, выращенной с применением орошения в течение одного года. Из расчета на 1 га ориентировочный размер затрат на приобретение трубок, капельниц и других комплектующих составит 1010 долл. США, а также 396 долл. США на их укладку (монтаж), которые также включаются в себестоимость производства продукции.

2.1.2. Оросительная система с трубками многолетнего использования при неглубокой укладке. С учетом улучшенных технических характеристик расходы на ее приобретение возрастут до 1510 долл., монтаж также составит 396 долл. США. Поскольку срок службы оборудования более 1 года, то его принимают к учету как основные средства K_{OC} , стоимость которых состоит из цены приобретения и расходов на первичный монтаж оборудования: $K_{OC} = 1510 + 396 = 1906$ долл. США. Она включается в стоимость продукции частями по норме амортизационных отчислений $A_{год}$.

Годовая норма амортизации для различных видов оборудования в среднем пропорциональна нормативному сроку службы оборудования T , но не более 8 лет, т. е.

$$A_{год} = K_{OC} / T. \quad (14.1)$$

Так, для системы с неглубокой укладкой трубок $A_{год} = 1906 / 6 = 317,66$ долл. США. Эта сумма ежегодно включается в эксплуатационные затраты.

Особенностью содержания оросительной системы с трубками многолетнего использования при неглубокой укладке является ежегодный монтаж-демонтаж ($З_{мон} + З_{дем}$). Эти затраты также включаются в себестоимость овощной продукции ежегодно: в 1-й год – только $З_{дем} = 396$ долл. США, затем $З_{мон} + З_{дем} = 2 \cdot 396 = 792$ долл. США.

2.1.3. Оросительная система с трубками многолетнего использования при глубокой укладке потребует 2020 долл. США на приобретение и 2322 долл. США на монтаж оборудования ($K_{OC} = 4342$ долл. США).

Амортизационные годовые начисления в течение 8 лет будут составлять $A_{\text{год}} = 4342 / 8 = 542,75$ долл. США, позднее будут равны нулю.

2.2. Банковский кредит.

Приобретение дорогостоящего оборудования может потребовать привлечение банковского кредита. В таком случае себестоимость продукции возрастет на величину вознаграждения банку за пользование кредитом (по процентной ставке, предусмотренной кредитным договором). В настоящее время белорусские банки выдают коммерческие кредиты под 12 % годовых. Как правило, срок пользования кредитом колеблется от 1 до 5 лет.

С учетом особенностей оцениваемых систем капельного полива логично предусмотреть следующие условия получения кредита:

– для трубок однолетнего использования – на 1 год по ставке 12 % годовых (Ст);

– для трубок многолетнего пользования – на 5 лет под 12 % годовых, начисляемых на остаточную стоимость кредита.

Пример расчета затрат на выплату процентов банку по кредиту, выданному на 5 лет:

1-й год: $B_1 = K_{OC_1} \cdot \text{Ст} / 100 = (1510 + 396) \cdot 12 / 100 = 228,72$ долл. США;

2-й год: $B_2 = K_{OC_2} \cdot \text{Ст} / 100 = (K_{OC_1} - 0,2 \cdot K_{OC_3}) \cdot \text{Ст} / 100 = 0,8 \times (1510 + 396) \cdot 0,12 = 182,98$ долл. США,

где K_{OC_1} – полная сумма банковского кредита на приобретение и монтаж системы орошения, долл. США;

K_{OC_2} – остаток основного долга по банковскому кредиту на 2-й год, долл. США;

$K_{OC_2} = 0,8 \cdot K_{OC_1}$;

$K_{OC_3} = 0,6 \cdot K_{OC_1}$ и т. д.

2.3. Прямые эксплуатационные затраты $Z_{\text{обс}}$.

Данная статья затрат включает расходы, связанные с непосредственным обслуживанием оросительной системы: заработная плата поливальщикам, расходы на электроэнергию, стоимость поливной воды, текущий ремонт системы.

Для упрощения расчета в данном пункте предлагаем использование сумм, рассчитанных по условиям полевых опытов, приведенных в источнике [7]. По сравниваемым системам капельного орошения это составит 276,2 долл. США, 298,9 долл. США и 74,3 долл. США соответственно.

Таблица 14.2. Расчет годовых затрат на содержание систем капельного орошения, долл. США/га

Срок использования	Стоимость системы орошения $K_{ос}$	Срок эксплуатации T , лет	Амортизация A	Выплата % банку за кредит B	Прямые затраты $Z_{обс}$	Итого затрат $Z_{экс}$
Трубки однолетнего использования						
1 год	1010 + 396	1			276,2	
Многолетние трубки с неглубокой укладкой						
Исходные	1510 + 396	6			298,9	
1-й год						
2-й год						
3-й год						
4-й год						
5-й год						
6-й год						
В среднем	—	—	—	—	—	
Многолетние трубки с укладкой глубоко в почву						
1-й год	2020 + 2322	20			74,3	
2-й год						
3-й год						
4-й год						
5-й год						
6-й год						
7-й год						
...	...	...	...	...	...	...
19-й год			—			
20-й год			—			
В среднем	—	—	—	—	—	

2.4. Общие годовые эксплуатационные затраты представляют собой сумму по всем статьям затрат, включая ежегодный монтаж-демонтаж трубок многолетнего использования при их неглубокой укладке:

$$Z_{экс} = A_{год} + B_i + Z_{обс} + Z_{мон} + Z_{дем}. \quad (14.2)$$

Полученные результаты $Z_{экс}$ следует использовать далее в расчете показателей экономической эффективности возделывания моркови.

3. Экономическая эффективность производства продукции, полученной с применением орошения.

Себестоимость продукции (в нашем случае моркови) складывается из следующих затрат:

$$C_{\text{сeб}} = Z_{\text{экс}} + Z_{\text{мат}} + Z_{\text{зп+адм}} + Z_{\text{ГСМ}} + Z_{\text{упд}}, \quad (14.3)$$

где $Z_{\text{экс}}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оросительной системы;

$Z_{\text{мат}}$ – стоимость посевного материала, удобрений и средств защиты растений;

$Z_{\text{зп+адм}}$ – оплата труда (кроме поливальщиков) и административные расходы;

$Z_{\text{ГСМ}}$ – затраты на горюче-смазочные материалы;

$Z_{\text{упд}}$ – затраты на уборку, перевозку, доработку урожая.

Прочие суммы по статьям затрат, формирующие себестоимость моркови при использовании дождевания и капельного орошения, приведены в табл. 14.3.

Таблица 14.3. Показатели экономической эффективности возделывания моркови при дождевании и при капельном орошении, долл. США/га (в среднем за срок эксплуатации)

Структура затрат	Дождевание*	Системы капельного орошения		
		трубки однолетние	трубки многолетние с неглубокой укладкой	многолетние трубки с укладкой глубоко в почву
1. Затраты на содержание и эксплуатацию оросительной системы $Z_{\text{экс}}$	521,3			
2. Стоимость посевного материала, удобрений, средств защиты растений $Z_{\text{мат}}^*$	613,5	613,5	613,5	613,5
3. Административные расходы и оплата труда $Z_{\text{зп+адм}}^*$	14,4	14,4	14,4	14,4
4. ГСМ (включая насосную станцию и поливную технику) $Z_{\text{ГСМ}}^*$	138,3	93,8	93,8	93,8
5. Уборка, перевозка, доработка, урожай $Z_{\text{упд}}^*$	9800	11900	11900	11900
Себестоимость продукции $C_{\text{сeб}}$				
Планируемая урожайность Y , т/га	56	68	68	68
Выручка от реализации B ($B = Y \cdot C_{\text{прод}}$)				
Прибыль, долл/га: $\Pi = B - C_{\text{сeб}}$				
Рентабельность производства P, % ($P = \Pi / C_{\text{сeб}} \cdot 100$)				

*По данным источника [7].

4. *Расчет производственной прибыли* Π осуществляется как разность между выручкой B , полученной при реализации продукции, и ее себестоимостью $C_{\text{себ}}$:

$$\Pi = B - C_{\text{себ}}. \quad (14.4)$$

5. *Выручка* рассчитывается с учетом прогнозируемой урожайности Y и цены реализации продукции $C_{\text{прод}}$:

$$B = Y \cdot C_{\text{прод}}. \quad (14.5)$$

При капельном орошении создаются условия для гарантированного формирования *урожайности* моркови на уровне 65–75 т/га и более. При дождевании планируемая урожайность – 50–60 т/га (прил. 18).

Цена на морковь в разные годы может колебаться, но в среднем варьируется от 250 до 300 долл. США за тонну.

По завершении расчетов следует сделать вывод об экономических преимуществах одного из оцениваемых способов орошения при возделывании моркови или другой культуры.

Использование только экономических показателей возделывания растениеводческой продукции при выборе способа орошения и конструкции оросительной системы недостаточно. Поэтому должны быть оценены технологические, технические и экономические показатели эффективности в совокупности.

Далее по тексту учебно-методического пособия приведен список использованной литературы, рекомендуемый также и для самостоятельного изучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрономия : учеб. пособие / Н. Н. Третьяков, Б. А. Ягодин, А. М. Туликов и [др.] ; под ред. Н. Н. Третьякова. – М. : Академия, 2004. – С. 27–38.
2. Голченко, М. Г. Оросительные мелиорации : учеб. пособие / М. Г. Голченко. – Минск : Выш. шк., 1989. – 125 с.
3. Дубенок, Н. Н. Современные гидромелиоративные системы : учеб. пособие / Н. Н. Дубенок, К. Б. Шумакова, С. О. Владимиров. – М. : РГАУ – МСХА, 2023. – 195 с.
4. Желязко, В. И. Сельскохозяйственные мелиорации : учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко. – Горки : БГСХА, 2021. – 364 с.
5. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Ин-т геол. наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
6. Лагун, Т. Д. Мелиорация и рекультивация земель. Лабораторный практикум : учеб. пособие / Т. Д. Лагун. – Минск : ИВЦ Минфина, 2012. – 208 с.
7. Лихацевич, А. П. Орошаемое плодовоовощеводство : учеб. пособие / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко. – Минск, 2017. – 286 с.
8. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации : учеб. / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов ; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
9. Маслов, Б. С. Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер ; под ред. Б. С. Маслова. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
10. Мелиоративная энциклопедия : в 3 т. / сост. Б. С. Маслов ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. – М. : Росинформагротех, 2004. – 3 т. – 1556 с.
11. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования : ТКП 45-3.04-8-2005* (02250). – Введ. 01.11.2005. – Минск, 2006. – 106 с.
12. О мелиорации земель : Закон Респ. Беларусь от 23 июля 2008 г. № 423-З : в ред. от 29 дек. 2023 г. № 331-З // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2008. – № 184. – 2/1520.
13. Оросительные системы. Нормы проектирования : ТКП/ПР 1/45-3.04-8-2009 (02250). – Введ. 01.07.2010. – Минск, 2009. – 118 с.
14. Практикум по сельскохозяйственным гидротехническим мелиорациям : учеб. пособие / Е. С. Марков, И. П. Айдаров, А. А. Богусhevский [и др.] ; под ред. Е. С. Маркова. – М. : Агропромиздат, 1986. – 368 с.
15. Сельскохозяйственные мелиорации. Практикум : учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич, И. А. Левшунов [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – 164 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Осадки за апрель – октябрь разной обеспеченности по метеостанциям Беларуси, мм

Тип увлажнения района	Метеостанция	Обеспеченность, %				
		10	25	50	75	90
VI	Бобруйск	553	485	415	344	289
VII	Борисов	556	497	444	394	349
III	Брагин	479	424	366	306	269
VIII	Брест	498	443	385	331	288
III	Василевичи	569	504	434	364	311
I	Витебск	581	515	444	372	318
XI	Вилейка	540	482	418	359	312
II	Гомель	545	482	419	355	304
I	Горки	559	487	412	344	286
IX	Гродно	561	498	425	356	300
IV	Житковичи	585	480	424	372	325
II	Жлобин	547	487	428	368	316
VIII	Ивацевичи	580	494	408	317	255
I	Костюковичи	540	470	398	334	276
III	Лельчицы	587	479	415	357	310
VII	Лепель	585	515	440	364	306
IX	Лида	556	488	417	345	290
X	Марьина Горка	527	472	414	359	314
X	Минск	555	495	430	368	320
I	Могилев	540	481	418	359	312
X	Новогрудок	636	570	508	451	400
I	Орша	556	492	424	355	304
VIII	Пинск	503	450	398	350	306
XI	Полоцк	601	528	454	381	321
VII	Пружаны	605	481	403	334	271
VIII	Слуцк	548	485	421	357	306
II	Чечерск	539	480	418	358	313
XI	Шарковщина	545	482	415	348	297

Типовое внутрисезонное распределение осадков теплого периода

Тип увлаж- нения района	Распределение осадков по декадам, %																					За весь период (апрель – октябрь), %
	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
I	4	3	4	4	5	6	2	5	9	9	4	7	3	4	6	3	7	3	7	3	2	100
II	3	3	2	5	4	4	6	7	3	3	7	10	10	4	2	4	4	8	4	3	4	100
III	3	5	3	4	4	5	5	5	6	4	3	8	14	4	5	3	5	5	3	2	4	100
IV	2	7	9	1	2	5	11	3	12	2	5	6	8	7	2	4	2	5	4	2	1	100
V	1	8	5	3	7	13	6	4	3	2	2	8	13	2	2	3	4	5	3	3	3	100
VI	2	6	4	4	4	8	6	6	2	4	4	5	5	13	4	3	4	6	6	2	2	100
VII	5	3	2	1	4	5	3	4	12	12	4	6	12	3	5	4	5	1	4	2	3	100
VIII	3	4	2	7	3	3	6	5	9	5	10	9	8	2	7	2	6	3	3	2	1	100
IX	2	3	3	4	4	6	6	6	4	7	3	7	4	3	9	6	2	2	2	1	6	100
X	2	6	3	3	4	6	5	7	4	15	6	3	7	2	7	4	4	3	5	2	2	100
XI	5	4	1	2	3	5	6	9	2	14	6	3	4	4	6	9	3	4	4	3	2	100

**Сумма температур воздуха за апрель – сентябрь разной обеспеченности
по метеостанциям Беларуси, °С**

Метеостанция	Обеспеченность, %			
	10	25	50	75
Бобруйск	2806	2654	2528	2402
Борисов	2739	2591	2468	2345
Брагин	2898	2767	2635	2503
Брест	2912	2779	2647	2515
Василевичи	2875	2745	2614	2483
Витебск	2775	2602	2478	2354
Вилейка	2716	2546	2425	2304
Гомель	2913	2780	2648	2516
Горки	2656	2490	2371	2252
Гродно	2738	2613	2489	2365
Житковичи	2885	2754	2623	2492
Жлобин	2911	2755	2623	2491
Ивацевичи	2812	2684	2556	2428
Костюковичи	2781	2630	2505	2380
Лельчицы	2922	2789	2656	2523
Лепель	2713	2543	2422	2301
Лида	2698	2553	2431	2309
Марьина Горка	2729	2582	2459	2336
Минск	2695	2549	2428	2307
Могилев	2753	2604	2480	2356
Новогрудок	2661	2495	2376	2257
Орша	2692	2524	2404	2284
Пинск	2882	2751	2620	2489
Полоцк	2659	2493	2374	2255
Пружаны	2784	2658	2531	2404
Слуцк	2778	2651	2525	2399
Чечерск	2861	2707	2578	2449
Шарковщина	2641	2476	2358	2240

**Типовое внутрисезонное распределение суммы среднесуточных температур воздуха
за апрель – сентябрь, %**

Обеспеченность, %	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Северная зона																		
0–33	1	2	2	4	5	6	5	7	8	7	8	9	8	8	7	5	5	3
33–66	1	2	3	3	6	6	6	6	8	8	7	8	7	7	7	6	4	4
66–99	1	2	3	4	5	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	5	4	3
Центральная зона																		
0–33	1	2	3	5	5	6	5	7	8	7	8	8	8	7	6	6	4	4
33–66	1	2	4	4	5	6	6	8	8	7	8	9	8	6	5	5	5	3
66–99	1	2	3	4	5	6	6	6	7	8	7	9	7	8	7	6	5	3
Южная зона																		
0–33	1	2	3	5	5	6	5	7	8	7	8	8	8	7	7	5	5	3
33–66	2	3	4	4	5	6	5	6	7	7	8	9	8	7	6	5	4	4
66–99	1	3	4	4	5	6	5	6	8	7	8	9	8	7	6	5	4	4

**Сумма дефицитов влажности воздуха за апрель – сентябрь разной обеспеченности
по метеостанциям Беларуси, мб**

Метеостанция	Обеспеченность, %			
	10	25	50	75
Бобруйск	1215	1113	1021	929
Борисов	1161	1074	976	888
Брагин	1308	1188	1090	992
Брест	1282	1167	1051	946
Василевичи	1320	1220	1109	1009
Витебск	1008	924	840	764
Вилейка	1103	1011	919	836
Гомель	1205	1113	1021	939
Горки	1021	929	837	762
Гродно	1158	1062	965	878
Житковичи	1205	1122	1039	956
Жлобин	1215	1131	1047	963
Ивацевичи	1152	1064	976	908
Костюковичи	1176	1068	980	892
Лельчицы	1298	1199	1100	1012
Лепель	1049	961	874	795
Лида	1086	986	905	824
Марьина Горка	1130	1027	942	857
Минск	1154	1049	954	878
Могилев	1146	1059	963	876
Новогрудок	1034	956	869	799
Орша	1014	921	845	769
Пинск	1158	1069	981	903
Полоцк	980	899	817	743
Пружаны	1194	1085	995	905
Слуцк	1081	1007	932	857
Чечерск	1215	1113	1021	929
Шарковщина	978	888	815	742

**Типовое внутрисезонное распределение суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха
за апрель – сентябрь, %**

Обеспеченность, %	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Центральная зона																		
0–33	2	2	4	5	6	8	5	7	9	6	11	8	6	5	5	5	4	2
33–66	3	4	7	5	6	8	9	7	5	5	9	7	6	5	5	4	3	2
66–99	2	3	5	4	5	9	7	9	9	6	9	7	5	7	4	4	3	2
Северная зона																		
0–33	1	2	4	5	6	5	8	10	8	7	8	10	6	4	4	5	4	3
33–66	2	4	6	4	6	8	11	7	7	8	8	6	6	5	4	4	2	2
66–99	2	3	6	4	5	9	10	8	7	7	9	6	6	5	4	4	3	2
Южная зона																		
0–33	2	3	5	4	5	6	8	7	6	6	8	10	3	5	5	5	4	3
33–66	2	3	4	5	6	8	9	7	6	8	7	7	7	5	4	5	4	3
66–99	2	3	5	4	6	8	10	8	6	6	8	7	6	5	4	5	4	3

Гидролого-климатические зоны Беларуси



Гидролого-климатические зоны Беларуси:

- I – северная
- II – центральная
- III – южная

**Коэффициенты к формулам (4.4) и (4.5) при расчете водопотребления
орошаемых культур**

Культура	$K_{cp} = f(\sum T)$			$\sum d_{cp} = f(\sum T)$		
	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2
Пастбище	0,42	0,26	-0,10	35,0	15,4	-8,5
Клевер	0,22	0,51	-0,18	30,0	87,0	-40,3
Капуста ранняя	0,34	0,32	-0,35	33,0	57,5	-35,6
Капуста поздняя	0,30	0,58	-0,22	57,1	13,7	-12,3
Огурцы	0,32	1,34	-0,94	31,0	22,6	-16,0
Томаты	0,35	0,41	-0,54	45,0	18,3	-20,7
Картофель	0,29	0,53	-0,22	55,3	29,5	-18,4
Свекла	0,06	1,09	-0,52	22,8	71,0	-36,2
Морковь	0,11	1,05	-0,51	23,8	62,7	-31,0
Яблоневый сад	0,20	0,49	-0,18	28,0	19,1	-7,5

**Расчет режима орошения капусты поздней биоклиматическим методом
по метеостанции Могилев для среднесухого года (супесчаные почвы)**

Показатель	Месяцы и декады											
	Май	Июнь			Июль			Август			Сентябрь	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
P_i , мм (прил. 1, 2)	22	7	18	32	32	14	25	11	14	22	11	25
K_n	1,12	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,07	1,07	1,07	1,11	1,11
$\sum d_i$, мб (прил. 5, 7)	85	53	74	95	64	116	85	64	53	53	53	42
$\sum t_i$, °C (прил. 3, 4, 7)	156	130	182	208	182	208	208	208	182	156	156	104
$\sum T_i$, °C	78	221	377	572	767	962	1170	1378	1573	1742	1898	2028
K_{cp}	0,34	0,42	0,49	0,56	0,62	0,65	0,68	0,68	0,67	0,64	0,61	0,57
$\sum d_{cp}$, мб	58	60	61	61	60	59	56	53	48	44	39	34
K_i	0,31	0,44	0,46	0,50	0,61	0,55	0,61	0,64	0,65	0,61	0,56	0,54
E_i , мм	26	23	34	48	39	64	52	41	34	32	30	23
K_v	1	1	1	0,95	0,95	0,95	0,90	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85
$K_n P_i - K_v E_i$, мм	-1	-15	-15	-11	-2	-46	-20	-25	-16	-4	-13	8
W_n^r , мм	115	111	96	106	95	93	97	102	102	111	107	94
W_k^r , мм	114	96	81	95	93	47	77	77	86	107	94	102
C_i , мм	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
m , мм	—	—	25	—	—	50	25	25	25	—	—	—
Д (дата)	—	—	17.06	—	12.07	17.07	27.07	07.08	20.08	—	—	—

**Расчетный оросительный период сельскохозяйственных культур
по гидролого-климатическим зонам Беларуси**

Культура	Гидролого-климатическая зона		
	северная	центральная	южная
Пастбище	<u>10.05–01.09</u> 5–15	<u>01.05–01.09</u> 4–15	<u>01.05–10.09</u> 4–16
Клевер двуукосный	<u>10.05–01.09</u> 5–15	<u>01.05–01.09</u> 4–15	<u>01.05–01.09</u> 4–15
Капуста ранняя	<u>10.05–10.07</u> 5–10	<u>01.05–10.07</u> 4–10	<u>20.04–10.07</u> 3–10
Капуста поздняя	<u>01.06–01.09</u> 7–15	<u>01.06–10.09</u> 7–16	<u>01.06–10.09</u> 7–16
Огурцы	<u>01.06–20.08</u> 7–14	<u>20.05–10.08</u> 6–13	<u>20.05–01.08</u> 6–12
Томаты	<u>01.06–30.08</u> 7–15	<u>20.05–20.08</u> 6–14	<u>20.05–10.08</u> 6–13
Картофель	<u>01.06–01.09</u> 7–15	<u>20.05–01.09</u> 6–15	<u>10.05–20.08</u> 5–14
Свекла	<u>01.06–01.09</u> 7–15	<u>20.05–01.09</u> 6–15	<u>20.05–01.09</u> 6–15
Морковь	<u>01.06–01.09</u> 7–15	<u>10.05–01.09</u> 5–15	<u>10.05–01.09</u> 5–15
Яблоневый сад	<u>20.05–01.09</u> 6–15	<u>20.05–10.09</u> 6–15	<u>10.05–10.09</u> 5–16

Примечание. В знаменателе указаны номера расчетных декад, считая от первой декады апреля.

**Оросительные нормы (M) и минимальные межполивные интервалы ($T_{\min}$)
25%-ной обеспеченности по гидролого-климатическим зонам Беларуси**

Культура	Грануло- метрический состав почвы	Гидролого-климатическая зона					
		северная		центральная		южная	
		M , мм	$T_{\min}$, сут	M , мм	$T_{\min}$, сут	M , мм	$T_{\min}$, сут
Пастбище	Супесчаные	135	11	150	10	165	10
	Суглинистые	120	13	135	12	150	12
Клевер двуукосный	Супесчаные	125	11	140	10	155	9
	Суглинистые	120	13	130	12	140	11
Капуста ранняя	Супесчаные	110	9	125	9	135	9
	Суглинистые	90	11	100	11	110	11
Капуста поздняя	Супесчаные	130	9	145	9	160	8
	Суглинистые	110	10	130	10	145	10
Огурцы	Супесчаные	115	10	125	11	135	10
	Суглинистые	100	11	110	12	120	11
Томаты	Супесчаные	80	9	90	9	105	8
	Суглинистые	60	10	75	10	85	9
Картофель	Супесчаные	90	10	100	10	115	9
	Суглинистые	70	12	80	11	95	10
Свекла	Супесчаные	70	11	85	10	100	9
	Суглинистые	50	13	70	12	90	11
Морковь	Супесчаные	85	10	100	10	115	9
	Суглинистые	70	12	85	12	100	11
Яблоневый сад	Супесчаные	105	13	120	13	130	12
	Суглинистые	100	42	105	37	120	28

**Модульные коэффициенты оросительных норм и межполивных интервалов различной обеспеченности
по гидролого-климатическим зонам Беларуси (минеральные почвы)**

Культура	Модульные коэффициенты оросительных норм при обеспеченности осадками, %				Модульные коэффициенты минимальных межпо- ливных интервалов при обеспеченности осадками, %			
	50	25	10	5	50	25	10	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Северная зона								
Капуста ранняя	0,65	1,0	1,25	1,53	1,20	1,0	0,85	0,75
Капуста поздняя	0,65	1,0	1,25	1,43	1,41	1,0	0,89	0,73
Огурцы	0,70	1,0	1,23	1,49	1,19	1,0	0,81	0,62
Томаты	0,75	1,0	1,43	1,83	1,11	1,0	0,89	0,79
Картофель	0,79	1,0	1,38	1,69	1,27	1,0	0,82	0,74
Свекла	0,66	1,0	1,56	2,03	1,40	1,0	0,91	0,83
Морковь	0,73	1,0	1,29	1,88	1,19	1,0	0,81	0,72
Яблонеый сад	0,56	1,0	1,37	1,51	2,00	1,0	0,67	0,61
Центральная зона								
Капуста ранняя	0,74	1,0	1,22	1,48	1,20	1,0	0,85	0,70
Капуста поздняя	0,70	1,0	1,20	1,44	1,31	1,0	0,89	0,73
Огурцы	0,74	1,0	1,23	1,46	1,17	1,0	0,78	0,56
Томаты	0,74	1,0	1,36	1,72	1,11	1,0	0,90	0,79
Картофель	0,75	1,0	1,34	1,65	1,24	1,0	0,81	0,67
Свекла	0,67	1,0	1,42	1,81	1,35	1,0	0,83	0,75
Морковь	0,78	1,0	1,21	1,70	1,23	1,0	0,81	0,72
Яблонеый сад	0,66	1,0	1,29	1,49	2,23	1,0	0,67	0,60
Южная зона								
Капуста ранняя	0,80	1,0	1,20	1,46	1,20	1,0	0,80	0,70
Капуста поздняя	0,75	1,0	1,22	1,46	1,23	1,0	0,89	0,77

Окончание прил. 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Огурцы	0,80	1,0	1,23	1,47	1,19	1,0	0,81	0,67
Томаты	0,73	1,0	1,34	1,66	1,12	1,0	0,88	0,76
Картофель	0,74	1,0	1,26	1,58	1,26	1,0	0,89	0,68
Свекла	0,73	1,0	1,34	1,66	1,20	1,0	0,85	0,70
Морковь	0,79	1,0	1,23	1,63	1,20	1,0	0,90	0,80
Яблоневый сад	0,70	1,0	1,30	1,46	2,25	1,0	0,77	0,70

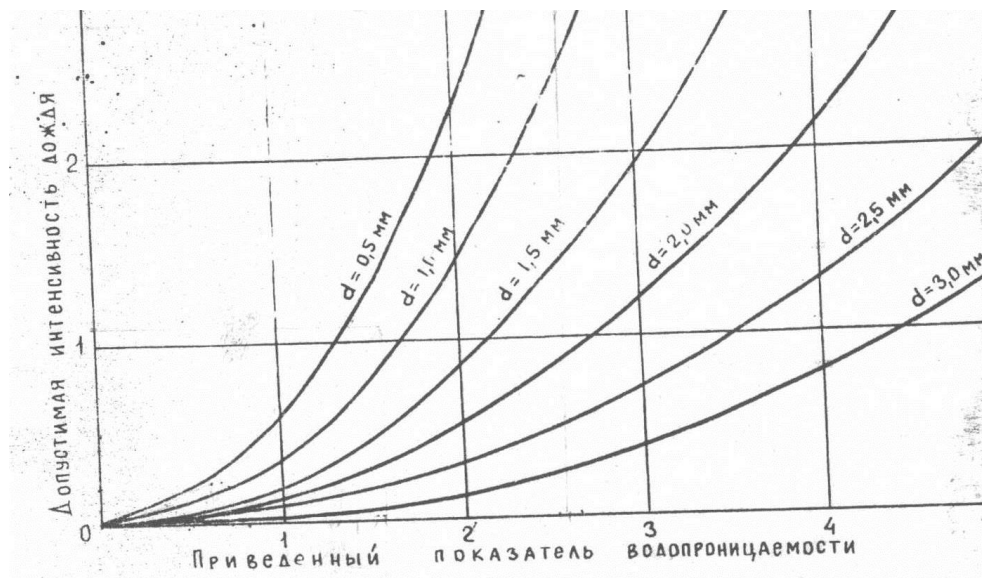
Характеристика основных дождевальных машин и установок

Марка	Расход воды, л/с	Напор воды, МПа	Интенсивность дождя, мм/мин	Допустимый уклон, %	Способ дождевания	Ширина захвата, радиус, м	Сезонная производительность, га	Расстояние между гидрантами, м
Короткоструйные								
ДДА-100МА	130	0,37	2,50	0,005	В движении	120	140	
Кубань	170	0,58	0,35	0,001	То же	786	160	
ДШ 25/300	26–30	0,50	0,17		Позиционно	300	25	60
Среднеструйные								
Фрегат	58–100	0,50–0,65	0,20–0,30	0,05	В движении	199–572	60–160	900
Днепр	92–120	0,45	0,30	0,02	Позиционно	362–460	140	54
Волжанка	48–64	0,39	0,25–0,30	0,02	То же	300–800	7050	18–24
Радуга (КИ-50)	47	0,45	0,27		»	565	50	36
Сигма	39,2	0,73	0,23		»	565	50	
КСИД-10	20–60	0,60–0,65	0,05		»	25–40	10	
ДКН-80	60–90	0,45	0,33		»	400–600		27
Дальнеструйные								
ДДН-70	65	0,50–0,55	0,41		Позиционно	70	70	110
ДДН-100	100	0,85	0,30–0,45		То же	85	100	145
ДД-15	5,5–17,5	0,50–0,70	0,11–0,12		»	40–55		
ДД-30	15–30	0,50–0,70	0,11–0,12		»	50–70		100
ДД-50	30–50	0,50–0,70	0,13–0,20		»	65–70		
ДД-80	50–80	0,50–0,70	0,20–0,24		»	70–80		

**Диаметр дождевых капель в зависимости от среднего диаметра пятна
на бумажном фильтре**

Диаметр пятна, мм	Диаметр капли, мм	Диаметр пятна, мм	Диаметр капли, мм
1	0,15	21	3,18
2	0,32	22	3,30
3	0,50	23	3,42
4	0,70	24	3,52
5	0,85	25	3,62
6	1,08	26	3,75
7	1,25	27	3,85
8	1,42	28	3,97
9	1,58	29	4,08
10	1,75	30	4,20
11	1,88	31	4,30
12	2,05	32	4,40
13	2,20	33	4,50
14	2,35	34	4,60
15	2,50	35	4,70
16	2,60	36	4,80
17	2,70	37	4,90
18	2,80	38	5,00
19	2,90	39	5,10
20	3,05	40	5,20

Определение допустимой интенсивности дождя



Графики зависимости допустимой интенсивности дождя от безнапорной водопроницаемости грунта

Ведомость графика поливов сельскохозяйственных культур (по почвенно-климатическим данным юга Беларуси)

Период полива культур по фазам развития	Площадь поля, га	Оросительная норма, м ³ /га	Поливная норма, м ³ /га	Неукомплектованный график				Укомплектованный график				
				Расчетные сроки полива			Поливной расход, л/с	Принятые сроки полива			Поливной расход, л/с	
				Начало	Конец	Поливной период, сут		Начало	Конец	Поливной период, сут	расчетный	принятый
1. Ячмень:	19	700										
1) кущение	19		350	23.05	27.05	5	20,0	20.05	23.05	4	19,2	20
2) колошение	19		350	20.06	24.06	5	15,0	20.06	21.06	2	38,5	38
2. Люцерна 1-го года:	19	1250										
1) отрастание	19		400	10.05	14.05	5	20,0	13.05	16.05	4	22,0	22
2) бутонизация	19		450	01.06	05.06	5	20,0	30.05	01.06	3	33,0	33
3) после 1-го укоса	19		400	26.06	30.06	5	15,0	25.06	26.06	2	44,0	44
3. Люцерна 2-го года:	19	1700										
1) отрастание	19		550	10.05	14.05	5	25,0	09.05	12.05	4	30,2	30
2) бутонизация	19		600	01.06	05.06	5	25,0	02.06	04.06	3	44,0	44
3) после 1-го укоса	19		550	26.06	30.06	5	25,0	22.06	24.06	3	40,3	41

**Агротехническая и эксплуатационная оценка основных способов и техник полива
плодовых культур**

Цель применения приемов	Надкровное дождевание	Подкровное дождевание	Синхронно-импульсное дождевание	Внутривочное орошение	Капельное орошение	Дождевание широкозахватной техники	Мелкодисперсное дождевание
Агротехнические приемы							
Поливы освежительные и для улучшения окраски плодов	+	–	+	–	–	+	+
Поливы противозаморозковые	+	–	+	–	–	+	+
Снижение опасности развития грибковых заболеваний от орошения	–	+	–	+	+	–	–
Эксплуатационные показатели							
Возможность орошения без выполнения подготовительных работ	+	+	+	+	+	–	–
Возможность содержания почвы в междурядьях под залужением	+	+	+	+	–	+	+
Возможность выполнения других работ в саду одновременно с поливом	–	–	–	+	+	–	–
Сохранение и улучшение гидрофизических свойств почвы	–	+	+	+	+	–	+
Снижение опасности водной эрозии почвы	–	+	+	+	+	–	+
Снижение потерь воды при поливе	–	+	–	+	+	–	–
Соответствие срока службы оросительной сети периоду активной продуктивности насаждений	+	+	+	+	–	+	+

**Урожайность культур при применении капельного орошения и дождевания
(по данным опытов [7])**

Культура	Урожайность, т/га	
	Капельное орошение	Дождевание
Картофель	43,1	32,5
Томат	75,1	51,1
Огурец	33,5	24,6
Цветная капуста	28,9	17,2
Виноград	19,9	17,0
Морковь	70,0	55,0

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. МЕТЕОФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ ОБЪЕКТА ПЛАНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ	4
Лабораторная работа 1. Изучение приборов по измерению влажности воздуха, атмосферных осадков	5
Лабораторная работа 2. Характеристика природно-хозяйственных условий объекта орошения	10
2. РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ КУЛЬТУР ОТКРЫТОГО ГРУНТА	13
Лабораторная работа 3. Определение поливных и оросительных норм	15
Лабораторная работа 4. Расчет водного баланса почв и обоснование необходимости орошения	17
Лабораторная работа 5. Расчет элементов проектного режима орошения для заданной обеспеченности	21
3. ОРОШЕНИЕ ДОЖДЕВАНИЕМ.....	23
Лабораторная работа 6. Изучение средств создания и распределения дождя по орошаемой площади.....	23
Лабораторная работа 7. Определение допустимой интенсивности искусственного дождя	33
Лабораторная работа 8. Построение графика полива овощных культур в севообороте	36
Лабораторная работа 9. Изучение основных элементов и схем оросительной сети	41
Лабораторная работа 10. Орошение культурных пастбищ	43
4. ТРАДИЦИОННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ	49
Лабораторная работа 11. Изучение впитывания воды в почву при поверхностном орошении	50
Лабораторная работа 12. Изучение внутрипочвенного орошения.....	54
5. КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ	57
Лабораторная работа 13. Изучение систем и техники капельного орошения	57
6. ВЫБОР СПОСОБА И РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ ДЛЯ КУЛЬТУР ОТКРЫТОГО ГРУНТА	62
Лабораторная работа 14. Сравнительная экономическая оценка систем орошения	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	71
ПРИЛОЖЕНИЯ	72