

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович  
Должность: ректор ФГБОУ ВО Вавилowski университет  
Дата подписания: 31.03.2025 10:38:38  
Уникальный идентификатор документа:  
528682d78e671e566ab07f01fe1ba2172f735a12

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии**  
**и инженерии имени Н.И. Вавилова»**

Методические указания для выполнения  
курсового проекта по дисциплине  
«Оросительные мелиорации»

Орошение земель в зоне недостаточного увлажнения дождеванием с  
использованием широкозахватных дождевальных машин

Направление подготовки  
**35.03.11 Гидромелиорация**

Профиль подготовки  
**Орошение земель и обводнение территорий**

**Саратов 2024**

УДК 641.6:626.81  
ББК 40  
Н 33

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР»  
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»  
*С.М. Григоров*

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация и технология  
гидромелиоративных и строительных работ» ФГБОУ ВО «Российский  
государственный аграрный университет»  
*М.В. Карпов*

П78 Никишанов А.Н.  
Методические указания по курсовому проектированию: Орошение земель  
в зоне недостаточного увлажнения дождеванием с использованием  
широкозахватных дождевальных машин. Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский  
университет, 2024, 51 с.  
ISBN .....

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.11 «Гидромелиорация» при выполнении курсового проекта «Орошение земель в зоне недостаточного увлажнения дождеванием с использованием широкозахватных дождевальных машин» и выполнении выпускной квалификационной работы.

В методических указаниях рассмотрены материалы по решению вопросов проектирования орошаемых участков при поливе дождеванием. При выполнении курсового проекта студенты осваивают последовательность проектирования и методы расчета режима орошения сельскохозяйственных культур, отдельных конструктивных элементов закрытой оросительной сети, углубляют свои знания по организации территории орошаемого участка и вопросам эксплуатации и экологического мониторинга. Приобретают навыки работы с нормативной, справочной и технической литературой.

ISBN .....

©Никишанов А.Н.

© Саратовский государственный университет генетики,  
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилов4, 2022

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для изучения дисциплины «Оросительные мелиорации» по направлению подготовки 35.03.11 Гидромелиорация студенты выполняют курсовой проект «Орошение земель в зоне недостаточного увлажнения дождеванием с использованием широкозахватных дождевальными машин». Курсовое проектирование является самостоятельной творческой работой студента. До его выполнения студент обязан изучить теоретические основы, излагаемые в курсе лекций и учебной литературе. Кроме того необходимо предварительно выполнить упражнения на практических занятиях и лабораторные работы. Данные учебные пособия не являются заменой или повторением теоретического курса. Однако возможны некоторые пояснения к трудно понимаемым теоретическим вопросам. В своей основе учебные пособия ориентируют студента на правильную последовательность выполнения работы, дают рекомендации к применению расчетных формул и на конкретных примерах расчета облегчают понимание и приобретение практических навыков для самостоятельного решения задач по проектированию небольших орошаемых участков.

Исходные данные, необходимые для проектирования (план местности для проектирования орошаемого участка, культуры севооборота, водно – физические свойства почв, метеорологические данные, месторасположение участка, характеристика поливной техники и другие показатели) приводятся в приложениях.

Каждому студенту на курсовое проектирование ведущий преподаватель выдает отдельный вариант задания. Защиту курсового

проекта принимает комиссия в составе двух преподавателей с обязательным участием лектора курса.

## **Состав и содержание курсового проекта**

Курсовой проект состоит из пояснительной записки (30-40 страниц) и графической части.

### **Состав пояснительной записки**

В пояснительную записку входят: титульный лист; задание на проектирование; основные технико-экономические показатели проекта (паспорт проекта); оглавление; текстовая часть; список использованной литературы.

Текстовая часть курсового проекта обычно состоит из введения, общей части (природно-хозяйственные условия объекта проектирования), технического раздела и технико-экономического раздела.

### **Содержание пояснительной записки**

#### **Введение**

1. Природно – климатическая характеристика объекта
  - 1.1. Месторасположение и климат
  - 1.2. Рельеф
  - 1.3. Почвенный покров и гидрогеологические условия.
  - 1.4. Источник орошения
  - 1.5. Направление хозяйства
2. Организация орошаемой территории
3. Техника полива
  - 3.1. Выбор дождевальной техники
  - 3.2. Расчет элементов техники полива

4. Режим орошения сельскохозяйственных культур
  - 4.1. Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур
  - 4.2. Поливные и оросительные нормы
  - 4.3. Сроки проведения поливов сельскохозяйственных культур
  - 4.4. Неукомплектованный и укомплектованный графики поливных расходов
5. Закрытая оросительная сеть
  - 5.1. Определение расчетных расходов закрытой оросительной сети
  - 5.2. Гидравлический расчет трубопроводов
  - 5.3. Определение расчетного напора насосной станции
  - 5.4. Сооружения на оросительной сети
6. Эксплуатационные мероприятия
7. Природоохранные мероприятия

#### Графическая часть проекта

1. План орошаемого участка (формат А-1 в М1:5000 или М1: 10000)
2. Модуль поливного поля ( схема, формат А-4)
3. Кривая впитывания ( миллиметровка, формат А-4)
4. Интегральные кривые дефицита водного баланса сельскохозяйственных культур севооборотного участка ( миллиметровка, формат А-4)
5. Схема закрытой оросительной сети для гидравлического расчета (формат А-4)
6. Продольный профиль закрытого трубопровода по диктующей трассе (миллиметровка)
7. Арматура на сети ( отдельные элементы выносятся на первый лист)
8. Схема насосной станции (общий план станции с размещением насосно- силового оборудования, формат А-4)

## **Методика выполнения проекта**

**Введение** должно быть кратким, емким. В нем дается обоснование для необходимости строительства данного объекта в развитии страны и роста экономики самого хозяйства.

*Пример.*

Развитие сельскохозяйственного производства в России происходит в различных климатических зонах: от зон избыточного увлажнения до острозасушливых. К зоне недостаточного увлажнения принадлежат около 65% пашни. Сложные климатические условия, засухи повторяющиеся раз в 3-4 года на значительной части территории приводят к неустойчивости производства сельскохозяйственной продукции в стране.

Единственным спасением от засухи и голода является орошение земель.

Это гарантия получения стабильных урожаев с.-х. культур независимо от погодных условий.

### ***1. Природно – климатическая характеристика объекта***

#### **1.1. Месторасположение и климат.**

В этом разделе указывают расположения объекта проектирования. Описание включает наименование области (края), района, хозяйства, расстояние от ближайшей железнодорожной станции или речной пристани, районного центра, границы объекта проектирования и координаты относительно частей света.

Климат характеризуется засушливостью. Климатические условия места расположения проектируемого объекта характеризуются следующими показателями: осадки, температура воздуха, дефицит

влажности воздуха, продолжительность теплого периода, вероятность засух и суховеев.

Климатические условия выбраны из справочников. В данной работе принимаются согласно заданию по приложению 1.

*Пример.*

Орошаемый участок расположен на правом склоне долины реки Еруслан, в 18 км на северо-восток от центральной усадьбы АО «Степь» Краснокутского района Саратовской области.

Расстояние до ближайшей железнодорожной станции Красный Кут – 20 км.

Участок орошения расположен в области недостаточного увлажнения, характеризующийся засушливым климатом с жарким сухим летом и холодной малоснежной зимой.

#### Среднемноголетняя температура воздуха

Месяцы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-III	За год
Температура	5,6	15,2	20,0	22,9	20,7	13,3	5,7	-8,4	5,1

Среднее количество осадков составляет 302 мм за год, за вегетационный период – 207 мм.

#### Среднемноголетние суммы осадков, мм

Месяцы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-III	За год
Осадки	21	29	34	36	29	28	30	95	302

В отдельные годы в период вегетации культур (май-август) наблюдаются юго-восточные ветры – антициклоны, вызывающие летом суховеи, а зимой метели и бураны.

#### Среднемноголетний дефицит влажности воздуха, мбар

Месяцы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-III	За год
Дефицит	6,8	9,5	12,8	13,9	12,0	9,3	7,2	3,3	7,3

## 1.2.Рельеф.

Описывается на основе полученного плана в горизонталях.

*Пример.*

По рельефу участок орошения представляет собой полого-волнистую равнину с уклонами 0.003, полого-волнистые склоны с уклонами от 0.01 до 0.02. Абсолютные отметки поверхности земли составляют 45-48 м.

## 1.3.Почвенный покров и гидрогеологические условия.

Дается тип почвенного покрова. Водно-физические свойства почвы приведены в приложении (прилож.2.).

Гидрогеологические условия характеризуются глубиной залегания грунтовых вод и степенью их засоленностью: пресные, слабо засоленные, сильно засоленные.

*Пример.*

Почвенный покров участка орошения довольно однообразен. Наиболее плодородными почвами участков являются темно-каштаново почвы, занимающие основную площадь участка. Мощность гумусового горизонта 25-30 см.

Водно-физические свойства почвы участка орошения

Горизонт	Глубина см	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Плотность твердой фазы, г/см <sup>3</sup>	Максимальная гигроскопичность, % от массы почвы	Влажность завядания % от массы почвы	Наименьшая влагоемкость % от массы почвы	Полная влагоемкость % от массы почвы
A	0-25	1,14	2,64	11,1	16,7	32,7	52,1
B	25-43	1,32	2,64	11,4	17,1	30,3	41,5
BC	43-78	1,47	2,67	11,2	16,8	24,5	34,0
C	>78	1,59	2,68	11,4	17,1	20,9	29,0



Глубина залегания грунтовых вод от 6,5 до 8 метров. Грунтовая вода на участке слабо соленая с минерализацией 2,18 г/л, по типу – хлоридно-сульфатно-натриевая, жесткая, агрессивная по отношению к бетону.

#### 1.4.Источник орошения.

Источник орошения не проектируется, так как он имеется в наличии: река, озеро, водохранилище, каналы оросительной системы. Дается краткая характеристика источника орошения: водообеспеченность, расходы, уровни, водосборная площадь.

#### *Пример.*

Водоисточником проектируемого участка орошения является река Еруслан с расходом 50 м<sup>3</sup>/с (весеннее половодье) -10 м<sup>3</sup>/с (меженный период). Отметка максимального уровня воды – 50 м., минимального – 46 м.

#### 1.5. Направление хозяйства.

Здесь указывается специализация хозяйства, использование мелиорируемых земель (число полей севооборота, состав культур, урожайность). Земельный массив севооборота называют севооборотным участком, его разделяют на равные по площади поля, на каждом из которых сменяют культуры в соответствии с ротацией севооборота.

Каждое поле севооборота должно быть максимально однородным по своим почвенно-мелиоративным и гидрогеологическим условиям, иметь удобную форму и достаточные размеры для механизации сельскохозяйственных работ.

Севообороты должны создавать условия для правильной организации труда, хорошей агротехники и использования техники, эффективного использования земли и воды.

При размещении полей севооборота учитывают: засоленность почвы, глубину залегания и степень минерализации грунтовых вод, водопроницаемость, уклоны местности, расположение оросительных и водосборно-сбросных каналов, конфигурацию участков.

*Пример.*

В настоящее время АО «Золотая степь» специализируется по производству зерна, молока, и мяса.

Проектируемый участок будет использован под семипольный зерново-кормовой севооборот с чередованием культур :

1. Яровая пшеница с подсевом люцерны
2. Люцерна
3. Люцерна
4. Люцерна
5. Яровая пшеница
6. Озимая пшеница + пожнивные
7. Кукуруза на силос

Урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях составляет (ц/га): пшеница озимая – 35, пшеница яровая – 30, просо – 30, люцерна на зеленый корм – 350.

## **2.ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ**

Целью организации орошаемой территории является технологически и экономически обоснованное размещение полей севооборота, административно-хозяйственных объектов, оросительной сети и других инженерных сооружений.

Все полевые работы выполняют, как правило, в пределах поливного участка.

В проектах поле севооборота по размерам и расположению может совпадать с одним поливным участком или включать несколько поливных участков. Возможны случаи, когда на одном крупном поливном участке размещается 2...3 севооборота (овощные, кормовые и специальные орошаемые севообороты).

Для удобства квадратно-гнездовой машинной посадки пропашных культур и перекрестной вспашки и тракторной обработки междурядий ширину поливного участка принимают 600 м и более, а в особо трудных условиях — не менее 300...400 м.

Конфигурацию орошаемого участка и полей севооборота желательно проектировать квадратной или прямоугольной формы с учетом рабочего захвата дождевальных машин. Наилучшее соотношение сторон - 1:2...1:3. Границы поливных участков, вдоль которых проводят сев, культивацию и уборку, должны быть прямолинейными и параллельными. Отклонение размеров отдельных полей на поливных землях от среднего размера поля данного севооборотного участка допускается до 10% и как исключение на очень сложном рельефе - до 15...20%.

Постоянные и временные оросительные каналы на территории севооборота располагают в соответствии с границами полей севооборота, поливных участков, принятой техникой полива.

Севооборотные участки располагают по возможности на массивах, расположенных ниже каналов, подающих к ним воду, под командованием минимального числа распределителей и удобных для применения дождевальных, поливных и других машин.

Для упрощения организации поливов каждый поливной участок должен иметь свой водовыдел.

Однорядные лесные полосы располагают вдоль каналов постоянной оросительной, водосборно-сбросной сети, по границам полей, если они не

мешают работе и передвижению дождевальных машин. По границе севооборотного участка располагают трехрядную лесную полосу. Внутри орошаемого участка создают обычно двухрядные лесные полосы из высокорастущих пород деревьев, которые дают наибольший мелиоративный эффект ( осокорь, пирамидальный тополь, береза и др.). Расстояния между рядами принимается три или четыре метра, опушки обычно полутораметровые. Расстояние между лесными полосами составляет порядка – 1000...2000 м.

Дороги проектируют трех типов: внутривозвращательные с твердым покрытием, полевые грунтовые профилированные и эксплуатационные без покрытий и непрофилированные. Ширина полос отчуждения под дороги приводится в таблице хх. Ширина проезжей части дорог принимается равной 3 или 3,5 м. Кюветы профилированных дорог выполняют функции водосбросной сети. Обочины на полевых и внутривозвращательных дорогах принимаются равными 1 м. Эксплуатационные дороги не имеют обочин. Поперечный уклон на профилированных дорогах проектируется в пределах 1,5-3% ( $i = 0,015-0,030$ ).

Оросительные каналы проектируют по линии водораздела или высоким отметкам, а водосбросные каналы - по низким отметкам.

Земельный фонд орошаемого участка определяется по плану. Расчетами определяется площадь в границах участка, которая называется площадью брутто. Затем подсчитываются площади отчуждений под каналы, дороги, лесополосы и сооружения. Исключая из площади брутто площадь отчуждений, получается площадь нетто. Площадь нетто - обрабатываемая и засеваемая площадь. Она же является и поливаемой площадью - во всех случаях, кроме полива машинами работающими по кругу.

Площади брутто и нетто вычисляются по форме таблицы ххх, а площади по полям севооборота записывают в таблицу ххх. Долю полезно

использованной земли от всей обрабатываемой и засеваемой площади показывает коэффициент земельного использования (КЗИ).

Его величина определяется :

$$\text{КЗИ} = \frac{\omega_{HT}}{\omega_{BP}},$$

где  $\omega_{HT}$  - площадь нетто, га;  $\omega_{BP}$  - площадь брутто, га.

Таблица 2.1

Ведомость расчета земельного фонда

Наименование площади	Длина,м	Ширина,м	Площадь,га
1. Площадь брутто			
2. Постоянные каналы с дорогами		8-12	
3. Временные оросители с дорогами		5	
4. Дороги:			
внутрихозяйственные	12		
полевые	6		
эксплуатационные	3		
6. Лесополосы:			
однорядные	3		
двухрядные	6-9		
трехрядные	9-11		
7. Водосбросные каналы		3	
8.Итого отчуждений			
9. Площадь нетто			

*Пример.*

Орошаемый участок в АО «Золотая степь» поливается дождевальными машинами «Фрегат» ДМУ Б 434-90.

Таблица 2.2

Ведомость расчета земельного фонда

Наименование площади	Длина, м	Ширина, м	Площадь, га
1. Площадь брутто			642,22
2. Дороги:			
внутрихозяйственные	12000	12	14,4
полевые	13200	6	7,92
эксплуатационные	6300	3	18,9
3. Лесополосы:			
однорядные	7200	3	21,6
трехрядные	25000	10	25,0
4. Итого отчуждений			87,82
5. Площадь нетто			554,4

Таблица

№ поля	П л о щ а д ь, га	
	брутто	нетто
1	18,6	79,2
2	12,88	79,2
3	6,9	79,2

4	12,88	79,2
5	12,88	79,2
6	10,8	79,2
7	12,88	79,2
Итого	87,82	554,4

$$\text{КЗИ} = \frac{\omega_{HT}}{\omega_{БР}} = \frac{554,4}{642,22} = 0,86$$

### 3. ТЕХНИКА ПОЛИВА

#### 3.1. Выбор дождевальных устройств

Дождевание — способ орошения, при котором оросительная вода поступает на поверхность почвы и растений в виде искусственного дождя, создаваемого при помощи специальных (дождевальных) машин, установок, аппаратов.

Наибольшее использование в мелиоративной практике в настоящее время получили широкозахватные дождевальные машины «Фрегат», «Волжанка» (ДКШ-64), «Днепр», «Кубань», ДДА-100МА и их различные модификации. Данные машины с достаточной надежностью работают в автоматическом режиме и обеспечивают оптимальное удовлетворение биологических потребностей растений в воде и наиболее эффективное использование природных, материальных, энергетических и трудовых ресурсов. Орошаемые участки с применением такой техники обеспечивают рациональное использование орошаемых земель и оросительной воды, так как имеют высокие коэффициенты полезного действия и земельного использования, а также способствуют высокой производительности труда на поливе. Эти дождевальные машины являются устройствами медленного дождевания, осуществляющими распределение осадков на широком фронте и, обладая оптимальными параметрами интенсивности,

плотности дождя и крупности капель, обеспечивают качественный полив. В данной работе по проектированию орошаемого участка применяем дождевальные машины «Фрегат», «Днепр», «Волжанка» (ДКШ-64), «Кубань», ДДА-100МА.

В силу своих конструктивных особенностей дождевальные машины «Фрегат», «Днепр», «Волжанка» (ДКШ-64), «Кубань-ЛК» работают от высоконапорной закрытой сети, а «Кубань-Л», ДДА-100МА — с забором воды из открытых каналов. Отсюда конструктивные отличия внутрихозяйственной оросительной сети и разные особенности ее механизации и автоматизации.

Применение дождевания зависит от многих факторов и при своих особенностях каждая дождевальная техника имеет определенные условия применения.

Одним из основных условий выбора техники полива является впитывающая способность (водопроницаемость) почвы.

Впитывание представляет собой первую фазу насыщения почвогрунта, когда поливная вода последовательно заполняет свободные поры. После полного насыщения пор поглощение влаги почвой переходит в следующую фазу — фазу фильтрации.

Средняя скорость впитывания определяется количеством воды, впитываемой в данную почву в единицу времени, и выражается в см/мин, м/сут, см/ч. Закономерность определения впитывания воды в почву выражается формулой акад. А. Н. Костякова:

$$K_{cp_t} = \frac{K_I}{t^\alpha},$$

где  $K_{cp_t}$  — средняя скорость впитывания за время  $t$ , см/мин;  $K_I$  — средняя скорость впитывания за первую единицу времени, см/мин;  $t$  — время от начала впитывания, мин;  $\alpha$  — коэффициент, характеризующий затухание скорости впитывания во времени. Для большинства почв его



величина находится в пределах от 0,3 до 0,8 и зависит от водно-физических и химических свойств почвы и ее начального увлажнения. Значения  $\alpha$  и  $K_1$  для различных почв приведены в приложении.

Почвы по скорости впитывания разделяют на три группы:

- высокой водопроницаемости, имеющие среднюю скорость впитывания 0,15 м за первый час впитывания;
- средней водопроницаемости, имеющие среднюю скорость впитывания меньше 0,15 м и больше 0,05 м за первый час впитывания;
- слабой водопроницаемости, имеющие среднюю скорость впитывания меньше 0,05 м за первый час впитывания.

Дождевание не рекомендуется применять на почвах со слабой водопроницаемостью и на засоленных почвах.

*Пример.*

Почвы участка темно- каштановые  $\alpha = 0, \quad , K_1 = ,5--$

По данным нашего примера почвы участка имеют среднюю водопроницаемость и хорошо подходят для дождевания.

**Дождевальная машина «Фрегат»** — многоопорная, работающая в движении по кругу от гидранта закрытой оросительной сети или от скважины за счет использования напора в трубопроводе. Привод гидравлический. Выпускается в двух вариантах: ДМУ-А с гибкими вставками для работы на сложном рельефе, ДМУ-Б без гибких вставок для работы в условиях ровного рельефа. Рекомендуется применять с числом тележек не менее 15 при работе на одной позиции. Применение машин с меньшим числом тележек должно обосновываться технико-экономическим расчетом. Машину оборудуют среднеструйными дождевальными аппаратами. Скорость движения регулируют краном-задатчиком.

**Дождевальный колесный трубопровод ДКШ-64 «Волжанка»** работает от гидрантов закрытой оросительной сети или разборного трубопровода с подачей воды от стационарных или передвижных

насосных станций (рис. 24). Полив осуществляется позиционно. Расстояние между позициями—18 м. Трубопровод состоит из двух дождевальных крыльев со среднеструйными дождевальными аппаратами. Каждое крыло имеет приводную тележку с двигателем мотопилы «Дружба-4б» для перемещения установки с позиции на позицию. Скорость передвижения — 9 м/мин. Установку выпускают в шести вариантах по длине трубопровода и расходу воды.

**Дождевальная машина «Днепр»** работает позиционно с питанием водой от гидрантов закрытой оросительной сети. Водопроводящий трубопровод установлен на опорах-тележках. В каждой тележке к трубопроводу крепятся фермы-открылки, на которых размещены дождевальные аппараты «Роса-3». Машина оборудована электроприводом, состоящим из мотор-редукторов, установленными на тележках. Питание осуществляется от электрической станции, навешенной на тракторе ЮМЗ-6Л. Машину переводят в транспортное положение поворотом колес на 90° для работы на параллельном участке поля. Один трактор с электростанцией может обслуживать группу машин на орошаемом участке.

**Многоопорная дождевальная электрифицированная машина МДЭФ «Кубань-Л»** представляет собой два многоопорных крыла ферменной конструкции, установленных на колесные опоры и шарнирно соединенных между собой. Центральная опора оснащена насосно-силовым оборудованием, системами автоматики и управления работой машины. Забор воды осуществляется из бетонированного канала (рис. кккк). Машина работает в стоп-стартном режиме при фронтальном движении взад-вперед.

Многоопорная дождевальная машина «Кубань-ЛК», созданная на основе машины «Кубань-Л», работает по кругу от гидрантов закрытой

оросительной сети или от скважины. Машина электрифицированная и может перемещаться как с водой, так и без воды. Оснащена короткоструйными насадками и среднеструйными аппаратами, № 2 от машины «Фрегат».

**Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100МА** осуществляет забор воды из открытых оросителей с расстоянием между ними 120 м. Полив проводится при движении взад-вперед. Состоит из следующих основных частей: гусеничного трактора класса 3 т, двухконсольной фермы длиной 110 м с короткоструйными дождевальными насадками, водяного центробежного насоса с редуктором, всасывающей линии, узла крепления фермы на трактор, гидроподкормщика, газоструйного вакуум-аппарата для заполнения водой насоса и всасывающей линии, гидросистемы для управления фермой и всасывающей линией.

## 4. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

### 4.1. Расчет дефицита водного баланса и поливных норм

Режим орошения рассчитывается на основании уравнения водного баланса расчетного слоя почвы, предложенного академиком А.Н. Костяковым:

$$M+P+W_{zp}-E+\Delta W=0, \quad (4.1)$$

где  $M$  – количество воды, которое нужно дать на 1 га почвы с орошением, м<sup>3</sup>;

$P$  – поступление влаги в почву от осадков, м<sup>3</sup>/га;

$W_{zp}$  – поступление влаги на 1 га расчетного слоя почвы от грунтовых вод, м<sup>3</sup>/га;

$E$  – суммарное водопотребление сельскохозяйственной культуры, м<sup>3</sup>/га;

$\Delta W$  – изменение влагозапасов в расчетном слое почвы, м<sup>3</sup>/га.

Из уравнения (4.1) получают величину оросительной нормы

$$M=E-P-W_{zp}-\Delta W \quad (4.2)$$

Оросительная норма – это объем воды, который необходимо дать растению за вегетационный период для восполнения дефицита влаги в расчетном слое почвы и обеспечения запроецированного урожая в условиях расчетного года.

При проектировании орошаемого участка расположенного в Аткарском районе расчет ведем для года, характеризующегося 75 - % обеспеченностью по дефициту водного баланса расчетного слоя почвы. Дефицит водного баланса тождествен оросительной норме:

$$D=M=E-P-W_{zp}-\Delta W \quad (4.3)$$

Расчеты дефицита водного баланса целесообразнее проводить отдельно для каждой культуры и в табличной форме (таблиц 4.1-4.4). Расчеты проведем по декадам, на которые разбиты вегетационные периоды культур.

В последней графе таблиц определяется дефицит водного баланса нарастающим итогом. Последнее значение, приведенное значение в этой графе, будет являться оросительной нормой. Необходимо заметить, что начинать суммирование декадных значений дефицитов водного баланса необходимо с исходного значения, отражающего недостаток влаги в расчетном слое на начало вегетационного периода культуры. Исходный дефицит влаги определяется по формуле:

$$D_0 = 100 hr (\gamma_{ППВ} - \gamma_H) \quad (4.4)$$

Для яровой пшеницы:  $D_0 = 78 \text{ м}^3/\text{га}$ ;

Для кукурузы:  $D_0 = 156 \text{ м}^3/\text{га}$ ;

Для озимой пшеницы:  $D_0 = 0 \text{ м}^3/\text{га}$ ;

Для люцерны:  $D_0 = 0 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Орошаемый участок расположен в Энгельском районе Саратовской области с климатической характеристикой по 5 зоне 3 подзоне. Почвенный покров сложен темно-каштановыми среднесуглинистыми почвами.

Под поливной нормой понимается количество воды, в  $\text{м}^3$ , которое необходимо подать на 1 га орошаемой площади за 1 полив, чтобы повысить влажность в расчетном слое с нижнего порога влажности до наименьшей влагоемкости.

Величина поливной нормы рассчитывается:

$$m = 100 hr (\gamma_{нв} - \gamma_{нне}) \quad (4.5)$$

где  $h$  – расчетный слой почвы, м;

$r$  – плотность расчетного слоя почвы,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$\gamma_{нв}$  – наименьшая влагоемкость, %;

$\gamma_{нне}$  – влажность, соответствующая нижнему порогу влажности, %.

Поливные нормы рассчитываем для всех культур шестипольного зерно-кормового севооборота со следующим чередованием культур:

Таблица 4.1 – Ведомость расчета интегральной кривой дефицита водного баланса для озимой пшеницы

Дата	Кол-во суток	Средне суточная температура воздуха	Поправка на длину светового дня	Средне суточная температура с поправкой	Сумма среднесуточных температур с поправкой за период	Сумма среднесуточных температур с поправкой на итогом	Биоклимат. коэффициент, м <sup>3</sup> /га на 1 мбар	Среднесуточный дефицит влажности воздуха, мбар	Сумма среднесуточных дефицитов влажности и воздуха, мбар	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га		Поступление влаги с осадками, м <sup>3</sup> /га		Дефицит водного баланса, м <sup>3</sup> /га	
										50%	75%	50%	75%	за период	нарастающим
10.04 – 20.04	11	8,3	1,14	9,5	105	105	2,6	3,7	41	91	98	26	21	77	77
21.04 – 30.04	10	8,3	1,14	9,5	95	200	2,6	3,7	37	82	89	26	21	68	145
01.05 – 10.05	10	16,7	1,28	21,4	214	414	3,7	8,4	84	264	285	36	29	256	401
11.05 – 20.05	10	16,7	1,28	21,4	214	628	4,1	8,4	84	293	316	36	29	287	688
21.05 – 31.05	11	16,7	1,28	21,4	235	863	4,6	8,4	92	360	389	36	29	360	1048
01.06 – 10.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1157	4,4	11,5	115	430	464	40	32	432	1480
11.06 – 20.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1451	3,1	11,5	115	303	327	40	32	295	1775
21.06 – 30.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1745	2,1	11,5	115	205	221	40	32	189	1964
01.07 – 10.07	10	24,2	1,33	32,2	322	2067	1,5	14,8	148	189	204	39	31	173	2137

Таблица 4.2 – Ведомость расчета интегральной кривой дефицита водного баланса для люцерны

	Кол-во суток	Средне суточная темпер. воздуха, С	Поправка на длину светового дня	Средне суточная темпер. ат. с поправкой	Сумма среднесуточн. темпер. с поправкой за период	Сумма среднесуточн. темпер. с поправкой и нараст. итогом	Биоклимат. коэффициент, м <sup>3</sup> /га на 1 мбар	Среднесуточный дефицит влажности и воздуха	Сумма среднесуточных дефицитов влажн. воздуха	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га		Поступление влаги с осадками, м <sup>3</sup> /га		Дефицит водного баланса, м <sup>3</sup> /га	
										50%	75%	50%	75%	за период	нарастающим итогом
10.04-20.04	11	8,3	1,14	9,5	105	105	4,3	3,7	41	150	162	26	21	141	141
21.04-30.04	10	8,3	1,14	9,5	95	200	4,3	3,7	37	135	146	26	21	125	266
01.05-10.05	10	16,7	1,28	21,4	214	414	4,1	8,4	84	293	316	36	29	287	553
11.05-20.05	10	16,7	1,28	21,4	214	628	3,6	8,4	84	257	278	36	29	249	802
21.05-31.05	11	16,7	1,28	21,4	235	863	3,7	8,4	92	289	312	36	29	283	1085
01.06-10.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1057	3,7	11,5	115	362	391	40	32	359	1444
11.06-20.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1451	4,4	11,5	115	430	464	40	32	432	1876
21.06-30.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1745	3,9	11,5	115	381	411	40	32	379	2255
01.07-10.07	10	24,2	1,33	32,2	322	2067	4,0	14,8	148	503	543	39	31	512	2767
11.07-20.07	10	24,2	1,33	32,2	322	2389	3,3	14,8	148	415	448	39	31	417	3184
21.07-31.07	11	24,2	1,33	32,2	354	2743	1,7	14,8	163	236	255	39	31	224	3408
01.08-10.08	10	22,7	1,18	26,8	268	3011	1,3	15,1	151	167	180	33	26	154	3562
11.08-20.08	10	22,7	1,18	26,8	268	3279	1,3	15,1	151	167	180	33	26	154	3716
21.08-31.08	11	22,7	1,18	26,8	295	3574	1,3	15,1	166	183	198	33	26	172	3888
01.09-10.09	10	16,1	1,02	16,4	164	3738	1,3	8,1	81	90	97	32	26	71	3959
11.09-20.09	10	16,1	1,02	16,4	164	3902	1,3	8,1	81	90	97	32	26	71	4030
21.09-30.09	10	16,1	1,02	16,4	164	4066	1,3	8,1	81	90	97	32	26	71	4101
01.10-10.10	10	7,8	0,86	6,7	67	4133	1,3	3,5	35	39	42	37	30	12	4113
11.10-20.10	10	7,8	0,86	6,7	67	4200	1,3	3,5	35	39	42	37	30	12	4125

Таблица 4.3 – Ведомость расчета интегральной кривой дефицита водного баланса для яровой пшеницы

Дата	Кол-во суток	Средне суточная температура воздуха	Поправка на длину светового дня	Среднесуточная температура с поправкой	Сумма среднесуточных температур с поправкой за период	Сумма среднесуточных температур с поправкой нараст. итогом	Биоклимат. коэффициент, м <sup>3</sup> /га на 1 мбар	Среднесуточный дефицит влажности воздуха, мбар	Сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мбар	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га		Поступление влаги с осадками, м <sup>3</sup> /га		Дефицит водного баланса, м <sup>3</sup> /га		
										50%	75%	50%	75%	за период	нараст. итогом	
																Д <sub>0</sub> = 78
20.04 - 30.04	11	8,3	1,14	9,5	105	105	1,6	3,7	41	56	60	26	21	39	117	
01.05 – 10.05	10	16,7	1,28	21,4	214	319	2,8	8,4	84	200	216	36	29	187	304	
11.05 – 20.05	10	16,7	1,28	21,4	214	533	3,8	8,4	84	271	293	36	29	264	568	
21.05 – 31.05	11	16,7	1,28	21,4	235	768	4,5	8,4	92	352	380	36	29	351	919	
01.06 – 10.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1062	4,7	11,5	115	459	496	40	32	464	1383	
11.06 – 20.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1356	3,0	11,5	115	293	316	40	32	284	1667	
21.06 – 30.06	10	21,6	1,36	29,4	294	1650	2,2	11,5	115	215	232	40	32	200	1867	
01.07 – 10.07	10	24,2	1,33	32,2	322	1972	1,8	14,8	148	226	244	39	31	213	2080	
11.07 – 20.07	10	24,2	1,33	32,2	322	2294	1,5	14,8	148	189	204	39	31	173	2253	



Таблица 4.4 – Ведомость расчета интегральной кривой дефицита водного баланса для кукурузы

Дата	Количество суток	Среднесуточная температура воздуха	Поправка на длину светового дня	Среднесуточная температура с поправкой	Сумма средних точных температур с поправкой нараст. итогом	Биоклиматический коэффициент, м <sup>3</sup> /га на 1 мбар	Среднесуточный дефицит влажности воздуха за период, мбар	Сумма средних точных дефицитов в влажности воздуха за период, мбар	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га		Поступление влаги с осадками, м <sup>3</sup> /га		Дефицит водного баланса, м <sup>3</sup> /га	
									50%	75%	50%	75%	за период	нарастающим итогом D <sub>0</sub> =156
10.05-20.05	11	16,7	1,28	21,4	235	2,5	8,4	92	196	212	36	29	183	339
21.05-31.05	11	16,7	1,28	21,4	235	2,6	8,4	92	203	219	36	29	190	529
01.06-10.06	10	21,6	1,36	29,4	294	3,3	11,5	115	323	349	40	32	317	846
11.06-20.06	10	21,6	1,36	29,4	294	3,9	11,5	115	381	411	40	32	379	1225
21.06-30.06	10	21,6	1,36	29,4	294	4,6	11,5	115	450	486	40	32	454	1679
01.07-10.07	10	24,2	1,33	32,2	322	4,3	14,8	148	541	584	39	31	553	2232
11.07-20.07	10	24,2	1,33	32,2	322	3,8	14,8	148	478	516	39	31	485	2717
21.07-31.07	11	24,2	1,33	32,2	354	3,0	14,8	163	416	449	39	31	418	3135
01.08-10.08	10	22,7	1,18	26,8	268	3,0	15,1	151	385	416	30	24	392	3527

1. Яровая пшеница с подсевом люцерны.
2. Люцерна.
3. Люцерна.
4. Люцерна.
5. Озимая пшеница.
6. Кукуруза.

Расчет поливных норм сведем в таблицу.

Таблица 4.5 – Ведомость расчета поливных норм

Наименование расчетных величин	Сельскохозяйственная культура			
	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Кукуруза	Люцерна
Глубина расчетного слоя $h$ , м	0,6	0,7	0,6	0,8
Плотность $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	1,24	1,25	1,35	1,24
$100 \cdot h \cdot \rho$ , т/м <sup>2</sup>	74,4	87,5	81	74,4
Наименьшая влагоемкость, $\gamma_{нв}$	21,0	20,7	27,6	21,0
Влажность при нижнем пороге влажности $\gamma_{нпв}$	14,7	14,5	20,7	15,8
Дефицит влажности, % к массе	6,3	6,2	6,9	5,2
Поливная норма по расчету, м <sup>3</sup> /га	469	543	559	387
Принятая поливная норма, м <sup>3</sup> /га	500	600	550	400

#### 4.2. Определение числа и сроков полива

Сроки полива сельскохозяйственных культур рекомендуется определять графическим методом. По данным последних граф таблиц 4.1-4.4 строятся интегральные кривые дефицита водного баланса расчетного слоя для каждой культуры. На начало периода вегетации откладывается исходный дефицит влаги расчетного слоя. Затем откладываются значения дефицитов влаги на конце каждой декады.

Дефицит влаги в расчетном слое покрывается поливными нормами. Для определения срока проведения полива необходимо на оси ординат отложить отрезок, численно равный величине поливной нормы и провести прямую, параллельную оси абсцисс. Точка пересечения этой прямой с

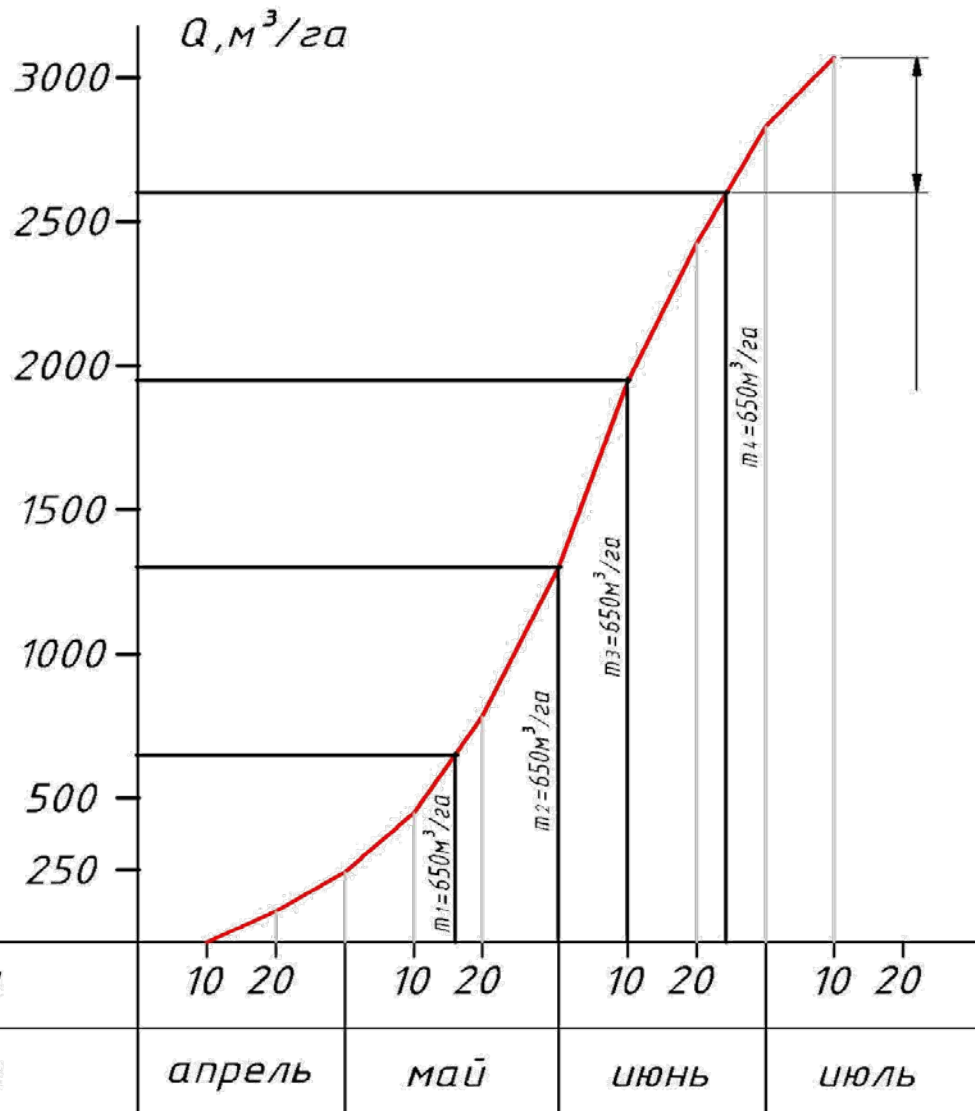
интегральной кривой дефицита водного баланса расчетного слоя является средним днем полива (рис. 4.1-4.4).

Календарные даты среднего дня полива для всех культур, входящих в севооборот внесем в таблицу.

Таблица 4.6 – Оросительные, поливные нормы и средние дни поливов сельскохозяйственных культур.

Культура	Номер полива	Средний день полива	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га.
Люцерна	1	13.05	600	3600
	2	04.06	600	
	3	18.06	600	
	4	04.07	600	
	5	15.07	600	
	6	12.08	600	
Яровая пшеница	1	19.05	500	2000
	2	02.06	500	
	3	12.06	500	
	4	04.07	500	
Озимая пшеница	1	17.05	600	1800
	2	04.06	600	
	3	20.06	600	
Кукуруза на силос	1	21.05	400	2800
	2	09.06	400	
	3	24.06	400	
	4	30.06	400	
	5	05.07	400	
	6	14.07	400	
	7	22.07	400	

## Интегральная кривая дефицита водного баланса для озимой пшеницы



### 4.3. Построение неуккомплектованного графика поливных расходов и его укомплектование

Укомплектование графика поливных расходов при поливе дождеванием имеет свои особенности. Они объединяются строгим постоянством расхода воды выдаваемого дождевальными устройствами.

Продолжительность полива площади, занятой культурой, зависит от расхода дождевальной машины, величины поливной нормы и размеров поля.

$$\text{Она рассчитывается по формуле: } T = \frac{F \times m \times K}{3,6 \times Q_m \times t \times \beta}$$

где  $F$  – площадь поля, обслуживаемого дождевальной машины, га

$Q_m$  – расход дождевальной машины, л/с,  $Q_m=90$  л/с.

$t$  – время работы дождевальной машины в сутки, ч,  $t=24$ ч.

Рассмотрим построение укомплектованного графика поливных расходов для семипольного севооборота участка, орошаемого дождевальной машиной «Фрегат».

Вначале определяем продолжительности полива отдельных культур по формуле.

$$\text{Люцерны: } T = \frac{79,5 \times 600 \times 1,2}{3,6 \times 90 \times 24 \times 0,79} = 9,31 = 9 \text{ сут}$$

$$\text{Яровая: } T = \frac{79,5 \times 500 \times 1,2}{3,6 \times 90 \times 24 \times 0,79} = 7,76 = 8 \text{ сут}$$

$$\text{Озимая: } T = \frac{79,5 \times 600 \times 1,2}{3,6 \times 90 \times 24 \times 0,79} = 9,31 = 9 \text{ сут}$$

$$\text{Кукуруза: } T = \frac{79,5 \times 400 \times 1,2}{3,6 \times 90 \times 24 \times 0,79} = 6,2 = 6 \text{ сут}$$

После этого заполняем ведомость неуккомплектованного графика поливных расходов (табл. 4.7).

Таблица 4.7 – Ведомость неукomплектованного графика поливных расходов

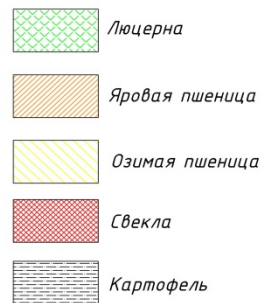
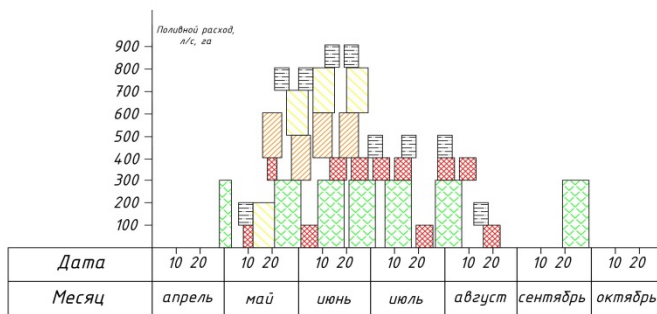
Культура	Площадь под культурой, га	Номер полива	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Сроки полива		Продолжительность полива, сут.	Поливной расход, л/с
				начало	конец		
1	2	3	4	5	6	7	8
Люцерна	159	1	600	09.05	17.05	9	180
		2	600	31.05	08.06	9	180
		3	600	14.06	22.06	9	180
		4	600	30.06	08.07	9	180
		5	600	11.07	19.07	9	180
		6	600	08.08	16.08	9	180
Яровая пшеница	159	1	500	15.05	22.05	8	180
		2	500	29.05	05.06	8	180
		3	500	08.06	15.06	8	180
		4	500	30.06	07.07	8	180
Озимая пшеница	79,5	1	600	13.05	21.05	7	90
		2	600	31.05	08.06	7	90
		3	600	16.06	24.06	7	90
Кукуруза на силос	79,5	1	400	18.05	23.05	6	90
		2	400	06.06	11.06	6	90
		3	400	20.06	25.06	6	90
		4	400	27.06	02.07	6	90
		5	400	04.07	09.07	6	90
		6	400	11.07	16.07	6	90
		7	400	19.07	24.07	6	90

Укомплектование графика достигается за счёт переноса сроков полива сельскохозяйственных культур: допускается передвигать сроки полива раньше или позже от установленных в неукomплектованном графике для кормовых культур до 7 суток, для остальных культур – до 5 суток. Построение и укомплектование графика поливных расходов показано на рис. 4.5. На основании укомплектованного графика поливных расходов заполняется ведомость укомплектованного графика поливных расходов (табл. 4.8).

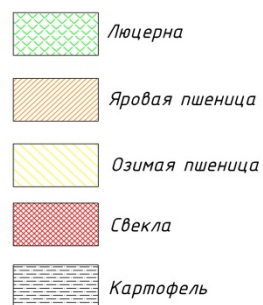
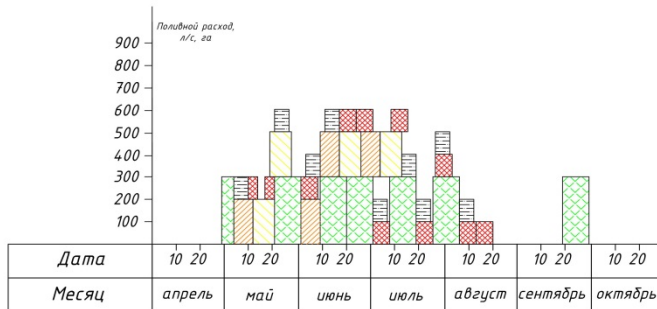
Таблица 4.8 – Ведомость укомплектованного графика поливных расходов.

Сельскохозяйственная культура	Площадь под культурой, га	Номер полива	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Сроки полива		Продолжительность полива, сут.	Поливной расход, л/с
				начало	конец		
1	2	3	4	5	6	7	8
Люцерна	159	1	600	04.05	12.05	9	180
		2	600	30.05	07.06	9	
		3	600	17.06	25.06	9	
		4	600	04.07	12.07	9	
		5	600	13.07	21.07	9	
		6	600	08.08	16.08	9	
Яровая пшеница	159	1	500	13.05	20.05	8	180
		2	500	22.05	29.05	8	
		3	500	08.06	15.06	8	
		4	500	26.06	03.07	8	
Озимая пшеница	79,5	1	600	13.05	20.05	7	90
		2	600	30.05	07.06	7	
		3	600	08.06	16.06	7	
Кукуруза на силос	79,5	1	400	22.05	27.05	6	90
		2	400	08.06	13.06	6	
		3	400	18.06	23.06	6	
		4	400	26.06	01.07	6	
		5	400	04.07	09.07	6	
		6	400	12.07	17.07	6	
		7	400	22.07	27.07	6	

Неуклассифицированный график поливных расходов



Укомплектованный график поливных расходов





## 5. ЗАКРЫТАЯ ОРОСИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ

### 5.1 Определение расчетных расходов оросительной сети

В проекте нами необходимо рассмотреть два варианта трассирования оросительной сети на плане.

Расчетные расходы оросительной сети зависят от расстановки дождевальных машин на полях одновременного полива.

Для установки расчетных расходов по элементам сети необходимо следующее:

- выявить состав поливаемых культур в самый напряженный период;
- определить расстановку дождевальных машин на полях одновременного полива в напряженный период по всем годам ротации;

Оросительная сеть разбивается на участки (полевые, распределительные и магистральные трубопроводы) с учетом расстановки дождевальных машин на полях полива. Нумерация ведется по направлению течения воды.

- установить расчетные расходы по элементам сети для каждого года ротации.

Таблица 5.1 – Номера поливаемых полей по годам ротации севооборотного участка

Номер поля	Год ротации					
	1	2	3	4	5	6
1	Люцерна	Люцерна	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Кукуруза	Яровая пшеница + люцерна
2	Люцерна	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Кукуруза	Яровая пшеница + люцерна	Люцерна
3	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Кукуруза	Яровая пшеница + люцерна	Люцерна	Люцерна

4	Озимая пшеница	Кукуруза	Яровая пшеница + люцерна	Люцерна	Люцерна	Яровая пшеница
5	Кукуруза	Яровая пшеница + люцерна	Люцерна	Люцерна	Яровая пшеница	Озимая пшеница
6	Яровая пшеница + люцерна	Люцерна	Люцерна	Яровая пшеница	Озимая пшеница	Кукуруза

Расчетный расход в голове полевого трубопровода равен:

$$Q_{n.m} = \Sigma Q_{\text{дy}} / \eta_{p.m} \quad (5.1)$$

Для распределительных трубопроводов расчетные расходы определяются по участкам, границы которых определены местами подключения распределительных трубопроводов и дождевальных машин, осуществляющих водозабор непосредственно из распределительного трубопровода

$$Q_{p.m} = (\Sigma Q_{p.m} + \Sigma Q_{n.m} + \Sigma Q_{\text{дy}}) / \eta_{p.m} \quad (5.2)$$

где  $Q_{p.m}$  – расход брутто из распределительного трубопровода, л/с.

$$\eta_{p.m} = 0,99$$

Для магистрального трубопровода расчетный расход равен сумме расходов брутто из распределительных трубопроводов старшего порядка, в точке выдела на севооборотный участок плюс потери воды по длине трубопровода.

$$Q_{m.m} = \Sigma Q_{p.m} / \eta_{m.m} \quad (5.3)$$

$$\eta_{m.m} = 0,99$$

Установление расчетных расходов ведется против течения воды, от младшего трубопровода к старшему для всех лет ротации культур севооборотного участка севооборотного участка. Результаты расчетов сводят в таблицы 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2 – Расчетные расходы оросительной сети по годам ротации, л/с  
(первый вариант трассирования сети на плане)

Участки оросительной сети	Год ротации						$Q_{max}$	$Q_{расч}$
	1	2	3	4	5	6		
0-1	360	360	360	360	360	360	360	382
1-2	180	270	270	180	90	90	270	281
2-4	180	270	270	180	90	90	270	281
4-5	180	180	180	90	-	90	180	183
5-6	90	90	90	-	-	90	90	91
1-3	180	90	90	180	270	270	270	281
3-7	180	90	90	180	270	270	270	281
7-8	180	90	-	90	180	180	180	183
8-9	90	90	-	-	90	90	90	91

Таблица 5.3 – Расчетные расходы оросительной сети по годам ротации, л/с  
(второй вариант трассирования сети на плане)

Участки оросительной сети	Год ротации						$Q_{max}$	$Q_{расч}$
	1	2	3	4	5	6		
0-1	360	360	360	360	360	360	360	382
1-2	360	360	360	360	360	360	360	382
2-3	-	90	90	90	90	-	90	91
2-4	-	-	90	90	90	90	90	91
2-5	360	270	180	180	180	270	360	375
5-6	360	270	180	180	180	270	360	375
6-7	360	270	180	180	180	270	360	375
7-8	90	-	-	90	90	90	90	91
7-9	90	90	90	90	-	-	90	91
7-10	180	180	90	-	90	180	180	187
10-11	90	90	90	-	-	90	90	91
10-12	90	90	-	-	90	90	90	91

## 5.2. Гидравлический расчёт закрытой оросительной сети

Гидравлический расчёт элементов оросительной сети сводится к определению диаметра труб по расчётным участкам с учётом расчётных

расходов воды, потерь напора на преодоление трения по длине трубопровода и местных потерь напора.

В данном проекте при гидравлическом расчете закрытой оросительной сети нами применялись номограммы для определения потерь напора  $1000i$  (м) и скорости воды  $v$  (м/с).

Результаты гидравлического расчета закрытой оросительной сети сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Гидравлический расчет закрытой оросительной сети  
(первый вариант трассирования сети на плане)

Участок	Расчетный расход, л/с	Длина участка, м	Расчетный диаметр, мм	Принятый диаметр, мм	Фактическая скорость, м/с	Потери напора		Марка трубы
						по длине	общие	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-1	382	80	570	630	1,2	0,24	0,024	ПЭ 100 SDR 17
1-2	281	463	489	500	1,1	1,18	0,118	ПЭ 100 SDR 17
2-4	281	463	489	500	1,1	1,18	0,118	ПЭ 100 SDR 17
4-5	183	950	394	400	1,3	4,9	0,49	ПЭ 100 SDR 17
5-6	91	926	278	300	1,3	6,93	0,693	ПЭ 100 SDR 17
1-3	281	463	489	500	1,1	1,18	0,118	ПЭ 100 SDR 17
3-7	281	463	489	500	1,1	1,18	0,118	ПЭ 100 SDR 17
7-8	183	980	394	400	1,3	5,15	0,515	ПЭ 100 SDR 17
8-9	91	926	278	315	1,3	6,93	0,693	ПЭ 100 SDR 17
ИТОГО		5714						

Таблица 5.5 – Гидравлический расчет закрытой оросительной сети  
(второй вариант трассирования сети на плане)

Участок	Расчетный расход, л/с	Длина участка, м	Расчетный диаметр, мм	Принятый диаметр, мм	Фактическая скорость, м/с	Потери напора		Марка трубы
						по длине	общие	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-1	382	80	570	630	1,2	0,24	0,024	ПЭ 100 SDR 17
1-2	382	463	570	630	1,2	1,64	0,164	ПЭ 100 SDR 17
2-3	91	463	278	315	1,2	3,47	0,347	ПЭ 100 SDR 17
2-4	91	463	278	315	1,2	3,47	0,347	ПЭ 100 SDR 17
2-5	375	300	565	630	1,2	0,91	0,091	ПЭ 100 SDR 17
5-6	375	550	565	630	1,2	1,67	0,167	ПЭ 100 SDR 17
6-7	375	300	565	630	1,2	0,91	0,091	ПЭ 100 SDR 17
7-8	91	463	278	315	1,3	3,47	0,347	ПЭ 100 SDR 17
7-9	91	463	278	315	1,3	3,47	0,347	ПЭ 100 SDR 17
7-10	187	926	398	400	1,3	4,87	0,487	ПЭ 100 SDR 17
10-11	91	463	278	315	1,3	3,47	0,347	ПЭ 100 SDR 17
10-12	91	463	278	315	1,3	3,47	0,347	ПЭ 100 SDR 17
ИТОГО		5397						

Учитывая, что на орошаемом участке работает высоконапорная дождевальная техника, для устройства закрытой оросительной сети принимаем полиэтиленовые трубы марки ПНД.

### 5.3. Определение расчётного напора насосной станции

Расчётный напор насосной станции необходимо знать для обеспечения нормальной работы дождевальной техники и проведения высококачественного полива. Он определяется по выражению:

$$H_{нс} = H_z + H_{св} + h_{полн}, \quad (5.4)$$

где  $H_z$  - геодезическая высота подъема воды, м;

$H_{св}$  - свободный напор на гидранте, м;

$h_{полн}$  - общие потери напора по диктующей трассе, м.

Для определения напора насосной станции предварительно определяем диктующую точку и соответственно диктующую трассу, которая выявляет наиболее удалённую от насосной станции и возвышенную диктующую точку.

Рассмотрим два варианта диктующих трасс. Расчёт производим в табличной форме.

Таблица 5.6 – Гидравлический расчёт диктующей трассы  
(первый вариант трассирования сети на плане)

Участок	Расчетный расход, л/с	Длина участка, м	Расчетный диаметр, мм	Принятый диаметр, мм	Фактическая скорость, м/с	Потери напора	
						по длине	общие
1	2	3	4	5	6	7	8
0-1	382	80	570	630	1,2	0,24	0,024
1-2	281	463	489	500	1,1	1,18	0,118
2-4	281	463	489	500	1,1	1,18	0,118
4-5	183	950	394	400	1,3	4,9	0,49
5-6	91	926	278	300	1,3	6,93	0,693
1-3	281	463	489	500	1,1	1,18	0,118
3-7	281	463	489	500	1,1	1,18	0,118
7-8	183	980	394	400	1,3	5,15	0,515
8-9	91	926	278	315	1,3	6,93	0,693
ИТОГО		5714				28,87	2,89

Напор насосной станции по 1 варианту диктующей трассы при проектировании сети по I варианту в плане составляет:

$$H_1 = 4 + 7,5 + 0,75 + 63 = 75,25 \text{ м}$$

Напор насосной станции по 2 варианту диктующей трассы при проектировании сети по I варианту в плане составляет:

$$H_1 = 2 + 14,43 + 1,44 + 63 = 80,87 \text{ м}$$

Таблица 5.7 – Гидравлический расчёт диктующей трассы  
(второй вариант трассирования сети на плане)

Участок	Расчетный расход, л/с	Длина участка, м	Расчетный диаметр, мм	Принятый диаметр, мм	Фактическая скорость, м/с	Потери напора	
						по длине	общие
1	2	3	4	5	6	7	8
0-1	382	80	570	630	1,2	0,24	0,024
1-2	382	463	570	630	1,2	1,64	0,164
2-3	91	463	278	315	1,2	3,47	0,347
2-4	91	463	278	315	1,2	3,47	0,347
2-5	375	300	565	630	1,2	0,91	0,091
5-6	375	550	565	630	1,2	1,67	0,167
6-7	375	300	565	630	1,2	0,91	0,091
7-8	91	463	278	315	1,3	3,47	0,347
7-9	91	463	278	315	1,3	3,47	0,347
7-10	187	926	398	400	1,3	4,87	0,487
10-11	91	463	278	315	1,3	3,47	0,347
10-12	91	463	278	315	1,3	3,47	0,347
ИТОГО		5397				31,06	3,11

Напор насосной станции по 1 варианту диктующей трассы при проектировании сети по II варианту в плане составляет:

$$H_2 = 4 + 8,84 + 0,88 + 63 = 76,72 \text{ м}$$

Напор насосной станции по 2 варианту диктующей трассы при проектировании сети по II варианту в плане составляет:

$$H_2 = 2 + 13,71 + 1,37 + 63 = 80,08 \text{ м}$$

За расчетный вариант принимаем 2 вариант диктующей трассы по II варианту проектирования сети на плане.

#### 5.4. Сооружения на оросительной сети

Для обеспечения водораспределения, поддержания во времени требуемых расходов, давления и других параметров на закрытой

оросительной сети устанавливается технологическое оборудование (арматура), а также предусматривается строительство специальных сооружений.

### ***Гидротехническая трубопроводная арматура***

Для создания единого технологического оросительного комплекса, где все элементы функционально связаны между собой, а параметры каждого подобраны так, чтобы обеспечить оптимальные условия эксплуатации оросительной системы в целом, на трубопроводе размещают запорную, регулирующую, предохранительную и аэрационную арматуру.

Запорная арматура – задвижки, затворы, краны и клапаны. Задвижки и запоры служат для частичного или полного перекрытия трубопровода и для регулирования напора в трубопроводе. Устанавливают задвижки и затворы в голове участка (границы участка определены узлами вододеления) и на водовыпусках.

Регулирующая арматура (регуляторы давления, расхода) предназначена для направленного изменения параметров рабочей среды посредством частичного перекрытия проходного сечения. Необходимость применения регуляторов давления возникает при существовании избыточного давления в трубопроводах младшего порядка, расположенных вблизи насосной станции и подключенных к распределительному (магистральному) трубопроводу старшего порядка, имеющему высокое давление воды.

Предохранительная арматура (предохранительные и обратные клапаны, разрывные мембраны, воздушно – гидравлические колпаки) обеспечивает автоматическую защиту оросительных трубопроводов от аварийного изменения давления и других параметров сети.



Аэрационная арматура (вантузы, аэраторы) предназначена для автоматического выпуска избытков воздуха из трубопроводов во время их работы или впуска воздуха для предотвращения образования в них вакуума.

### ***Гидротехнические сооружения на сети***

На напорных оросительных трубопроводах применяют распределительные колодцы, колодцы опорожнения, сбросы, упоры, гидранты.

Распределительные колодцы (РК) предназначены для регулирования распределения воды между отдельными элементами оросительной сети (устраиваются в начале ответвлений полевого трубопровода), оборудуются запорной, регулирующей и предохранительной арматурой. Колодцы выполняются из сборных железобетонных колец, размеры их определяются арматурой, которая будет установлена в данном месте на трубопроводе.

Гидранты – водовыпуски предназначены для вывода воды из трубопроводов на уровень выше поверхности земли и подачи ее к дождевальным и поливным устройствам. Располагаются обычно на полевых трубопроводах; расстояния между ними определяются параметрами и условиями применения дождевальных и поливных устройств.

Сбросные колодцы (сбросной колодец концевой - СКК, сбросной колодец промежуточный - СКП, сбросной гидрант - СГ) предназначены для опорожнения закрытой оросительной сети на зимний период и в случае ремонта. Вода может сбрасываться по специальному ответвлению трубопровода в естественное понижение местности или кювет дороги, в водоприемный колодец.

Упоры на трубопроводах предназначены для восприятия усилий в вертикальной и горизонтальной плоскостях, которые не воспринимаются стыками труб.

## **6. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

Занятие эксплуатацией оросительных систем лежит на специальных водохозяйственных организациях - Управлениях оросительных систем (УОС). Управление оросительных систем и все водопользователи проводят контроль за состоянием систем, принимают меры по ремонту, улучшению её технического состояния, а также обеспечивают высокоэффективное, в агротехническом и мелиоративном смысле, использование поливных земель. При выполнении этих условий гарантируются высокие, устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, снижается себестоимость продукции, повышается чистый доход, сокращается срок окупаемости капитальных вложений в строительство оросительной системы.

### **6.1. Организация службы эксплуатации**

Задачами службы эксплуатации являются производственная и управленческая деятельность по планированию и регулированию мелиоративных режимов орошаемых земель, поддержание всей системы в работоспособном состоянии, их совершенствованию.

Внутрихозяйственная служба эксплуатации является структурным подразделением хозяйства. В работу службы эксплуатации входит:

- совершенствование внутрихозяйственной системы;

- забор воды в точках выдела и распределение её между орошаемыми участками, проведение поливов, сбор и отвод за пределы хозяйства сбросных вод;
- техническое обслуживание и ремонт внутривозвратной системы;
- проведение инженерно-мелиоративного мониторинга;
- регулирование расходов подаваемой воды;
- проведение производственных исследований по орошению земель.

Управленческая деятельность возложена на главного инженера по водному хозяйству и мелиорации, а в отделениях и бригадах - на инженера и техника-гидротехника.

## **6.2. Эксплуатационная гидрометрия.**

### *Пункты учета воды*

Для оптимального и технически грамотного использования водных ресурсов, а также организации водопользования и водораспределения ведётся учёт воды на гидромелиоративных системах.

Для учёта воды на гидромелиоративных станциях и насосных станциях устанавливают современные средства учёта и измерения воды. Различают два вида учёта: технологический и коммерческий.

Технологический водоучёт осуществляют в целях оперативного управления и контроля за использованием и распределением водных ресурсов между хозяйствами, водопользователями и бригадными участками, а также для обеспечения нормальной работы каналов, насосных станций и гидротехнических сооружений.

Коммерческий водоучёт проводят с целью определения количества воды, взятой из источника орошения и поданного потребителю в заданные сроки и с заданным расходом.

Для учёта воды создают сеть водомерных гидрометрических постов. На гидромелиоративных системах их размещают на источнике орошения около водозаборного сооружения в голове магистрального канала в точке выдела воды хозяйству-водопользователю. Классификация расположенных на проектируемом севооборотном участке водомерных постов представлена в табличной форме.

#### Классификация водомерных постов.

Посты	Место оборудования	Выполняемые функции
Хозяйственные	В точке выдела воды хозяйству	Нормирование и контроль водоподачи в хозяйство
Внутрихозяйственные	На распределительной и поливной сети	Водораспределение
Контрольные	На магистральных и распределительных каналах	Наблюдение и контроль за уровнем воды, определение к.п.д. сети

Водомерные посты объединяют в две большие группы: балансовые и оперативного учёта воды.

Функции балансовых постов выполняют главные головные, распределительные головные и хозяйственные посты. Остальные водомерные посты – посты оперативного учёта воды. Для нормального водоучёта на внутрихозяйственной оросительной сети необходимо иметь 10-15 постов 1000 га.

#### *Конструкции водомерных устройств*

Типы и конструкции водомерных устройств выбирают в зависимости от условий их применимости, типа водовода, размеров и формы поперечного сечения водовода, расхода и скорости воды, наличия в воде насосов и плавающего мусора.

При выборе водомерных устройств необходимо учитывать требования, предъявляемые к ним:

- 1) Оперативность учёта воды (данные по расходу воды должны поступать сразу после запроса);
- 2) Точность учёта (допустимая относительная погрешность изменения не должна превышать 5%);
- 3) Долговечность и надёжность водомерных постов;
- 4) Простота измерения (по минимальному числу измеряемых параметров);
- 5) Большой диапазон измерений расходов (5-10 раз);
- 6) Надёжность и точность при малых напорах и перепадах уровня;
- 7) Надёжность при больших колебаниях температуры, высокой влажности и запылённости воздуха;
- 8) Беспрепятственный пропуск насосов и плавающего мусора;
- 9) Простота конструкции, невысокая стоимость, массовость производства и применения.

В зависимости от измеряемого расхода воды и места его измерения на проектируемой сети в качестве водомерного устройства принимаем электромагнитный расходомер. Электромагнитные расходомеры (индукционные) – устанавливают на напорных трубопроводах с диаметром 400-1000 мм и с расходом воды от 0,11 до 3,5 м<sup>3</sup>/с.

#### *Расположение наблюдательных скважин и наблюдение за режимом грунтовых вод*

Наблюдательные скважины делят на опорные (режимные) и внутрихозяйственные. Они предназначены для наблюдения за уровнем и минерализацией грунтовых вод, степенью засоления почвы, химическим состоянием солей. Опорные скважины располагают в гидромелиоративных

створах. В зонах скважин размещают площадки для отбора проб почвы с целью определения их водно-физических свойств, содержание солей и т. п.

Гидромелиоративные створы располагают в направлении потока грунтовых вод. При этом они должны пересекать самые пониженные и повышенные участки. Расстояние между створами – от 3 до 5-6 км, между скважинами на орошаемом массиве – 1-1,5 км, а за его пределами – до 3 км. Вблизи каналов скважины устраивают чаще.

Створы закрепляют реперами. Нивелировка скважин выполняется не реже 1 раза в год.

Внутрихозяйственные скважины располагают на площади хозяйства равномерно на орошаемом массиве из расчета одна скважина на 100-150 га. Глубину наблюдательных скважин принимают на орошаемых землях на 0,5 м больше максимальной глубины залегания грунтовых вод. Скважины закрепляют обсадными трубами (асбестоцементными, пластмассовыми, стальными) диаметром 50-100 мм, в нижней части которых установлены фильтры. Превышение обсадной трубы над поверхностью земли – 0,5-0,7 м. Дно трубы закрывают герметически, а верх оборудуют съёмной крышкой. Уровень грунтовых вод измеряют уровнемерами. Пробы почвы на содержание и химический состав грунтовых вод отбирают два раза в год – весной и осенью. На основе этих данных составляют карту глубин залегания и минерализации грунтовых вод и карту мелиоративного состояния земель. Улучшением мелиоративного состояния земель занимается мелиоративная служба.

### **6.3. Хозяйственный план водопользования**

Внутрихозяйственный план водопользования – это основной документ, определяющий взаимоотношения водопользователя с управлением эксплуатации оросительной системы. Составляет его

инженер-гидротехник, увязывая его с агротехническими особенностями выращивания сельскохозяйственных культур, наличием машинного парка, трудовых ресурсов. Этот план рассматривают специалисты и подписывает руководство. План водопользования направляется на согласование в соответствующие административные органы района и управление оросительной системой. После утверждения его передают для исполнения в хозяйство за 30-40 суток до начала вегетационного периода.

Внутрихозяйственный план водопользования включает в себя: планы подачи воды в хозяйство, распределение воды по внутрихозяйственной сети, поливы и эксплуатационные мероприятия.

Планируют водопользование исходя из условий:

- воду по хозяйствам подают с учетом установленных лимитов;
- технологию организации и проведения полива полностью увязывают с технологией выращивания сельскохозяйственных культур, согласовывают во времени и количествах все виды работ на основании технологических карт;
- план проведения поливов согласуют с планом эксплуатационных мероприятий (ремонт каналов, сооружений, насосной станции) и увязывают с обеспеченностью хозяйства трудовыми и энергетическими ресурсами;
- план водопользования составляют на вегетационный и невегетационный периоды с учетом проведения в последнем промывных и влагозарядковых поливов;
- поливы проводят круглосуточно, оросительную воду подают по оптимальному графику, расходом кратному числу поливных токов (числу работающих дождевальных машин).

Выполнение перечисленных условий позволяет обеспечить рациональное распределение водных ресурсов, непрерывность проведения

технологических процессов при поливе и выращивании сельскохозяйственных культур, повышение производительности труда поливальщиков и эффективно использовать оросительную воду.

## **7. ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

Рассматриваемая территория участка орошения не входит в природно-заповедные, лесопарковые зоны и зоны отдыха населения. На ней нет архитектурных и археологических памятников.

Охрана от истощения, загрязнения подлежат: почва, вода, животный и растительный мир. Полив сельскохозяйственных культур осуществляется дождевальными машинами «Фрегат» с интенсивностью дождя не превышающей 0,3 мм/мин, что соответствует впитывающей способности почвы.

Поливные нормы приняты с учетом промачивания почвы на глубину корнеобитаемого слоя, что предотвращает вымывание полезных для растений солей в нижележащие горизонты.

Территория участка имеет небольшие уклоны поверхности от 0,005 до 0,02 не подвержена эрозионным процессам.

### **7.1. Охрана почв**

Среди природных компонентов влиянию орошения подвергается рельеф, почвенный и растительный покровы, поверхностные и грунтовые воды, микроклимат.

В целях сохранения плодородия при строительстве орошаемого участка, проектом предусматривается комплекс мероприятий:

- срезка растительного слоя при прокладке закрытой оросительной сети с последующим возвращением на место;



- однократное внесение перепревшего навоза, дозой 40 т/га;
- снегозадержание;
- контроль за влажностью почвы во избежание процесса выщелачивания кальция и гумуса и связанного с этим явлением осолонцевания почвы, проводящим к необратимому падению плодородия;
- для сохранения агрофизических свойств почв рекомендуется внесение зольных доз удобрения органо-минеральных удобрений до 50-60 т на 1 га по 2 мелиоративной группе, необходим контроль за влажностью почв, рекомендуется вспашка с почвозаглублением, внесение гипса, комплекс зональных противоэрозионных мероприятий (контурная или поперек склонов обработка, щелевание, бороздование, вспашка с почвоуглублением);
- для предотвращения процессов накопления в почве вредных веществ, поступающих с удобрениями, запрещено складирование удобрений и других химических веществ вне специальных площадок.

## **7.2. Охрана поверхностных вод**

Водные ресурсы подлежат охране от истощения, загрязнения и ухудшения режима. В качестве загрязнителей природных вод выступают биогенные вещества, содержащиеся в удобрениях, применяемых на орошаемых землях.

Наиболее активными загрязнителями являются нитраты, поэтому следует строго соблюдать нормы, дозы (азот от 60 – 120 кг/га; фосфор 40 – 90 кг/га, калий 60 кг/га), сроки внесения азотных удобрений на данном участке.

Основными мероприятиями по охране вод является региональная система орошения и водоподачи, исключая или сокращающая до минимума непроизводительные потери оросительной воды. Для предотвращения попадания молодежи рыб во всасывающий трубопровод предусматривается рыбозащитное устройство РОП-175.

Учитывая, что на орошаемом участке не будут применяться ядохимикаты, гербициды, пестициды, изменение качества воды в водоисточнике не произойдет. Вода по химическому составу в водоисточнике пригодна для орошения.

### **7.3. Охрана воздушной среды**

Основными методами борьбы с загрязнителями воздуха пылью и другими веществами над мелиорируемой площадью являются:

- содержание верхнего слоя почвы в условиях влажности во время резких перемещений воздуха;
- возделывание сельскохозяйственных культур, способствующих закреплению почвы.

Охрана воздушной среды включает мероприятия капитального характера и мероприятия на период эксплуатации орошаемого участка.

К мероприятиям капитального характера, предусмотренными в работе, относится посадка лесных полос.

Лесные полосы размещаются вдоль границ орошаемого участка, поперек господствующего летнего направления ветров, приурочена к дорогам.

Основными мероприятиями на период эксплуатации орошаемого участка являются:

- применение почвозащитных севооборотов введением трав и зерновых культур;

- поддержание влажности слоя почвы орошением;
- создание искусственной шероховатости почвы (оставление пожнивных остатков, кулисные посевы и др.);
- посев культур в ранние сроки.